

Sucre 27 de octubre de 2021

Señores:

Comité Organizador del Premio Antonio Gandarillas Antezana de PROINPA.

FUNDACION PROINPA

Presente.-

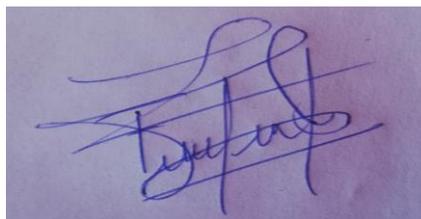
Ref. presentación de trabajo de investigación

De mi mayor consideración.

Mediante la presente nota le ostento mi trabajo de investigación que pueda ser tomada en cuenta en el concurso mencionado por la institución (PROINPA), que tiene por **título “EVALUACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE DISCOS PARA EL MANEJO DE TIZON (*Phytophthora infestans*) EN TRES VARIEDADES DE PAPA (LAMPACILLOS - PADILLA, del dpto. De CHUQUISACA)”**.

Sin otro motivo particular, no dudando de una respuesta favorable, me despido cordialmente con las consideraciones más distinguidas.

Atentamente:



FRANKLIN GOMEZ MATURANO

Tesista Ing. Agronómica

C.I. 10310252 ch.

UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



EVALUACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE DISCOS PARA EL MANEJO DE TIZÓN
(*Phytophthora infestans*) EN TRES VARIEDADES DE PAPA (EN LA COMUNIDAD DE
LAMPACILLOS DEL MUNICIPIO DE PADILLA EN EL DPTO. DE CHUQUISACA)

INFORME de Tesis de Grado Para
Optar el Título de Ingeniero Agrónomo

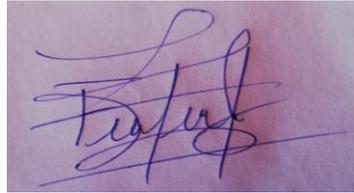
Autor: Franklin Gómez Maturano

Tutor: Ing. Arnulfo Borges Huanca

Sucre-Bolivia

2021

AUTORES



.....
Tesista. Franklin Gomez Maturano
Correo. franklingomezmaturano@gmail.com

Celular. 72891735

U.M.R.P.S.F.X.CH

AÑO. 2021



.....
Tutor Ing. Arnulfo Borges Huanca
U.M.R.P.S.F.X.CH

Correo. arnulfobh@gmail.com

Celular. 72876256

.....
Tutor Ing. Hermeregildo Equis

Proyecto Nacional de Papa INIAF

Correo. hermeequise@gmail.com

Celular. 73435407

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Lampacillos, municipio Padilla, del departamento de Chuquisaca, donde se planteó evaluar tres herramientas circulares, sistema de apoyo a la decisión (SAD) para el control de tizón tardío de la papa, donde se evaluó las siguientes variables: Progreso del daño de la enfermedad, Porcentaje de daño final, Área bajo la curva del progreso de *Phytophthora infestans* (ABCPPI), rendimiento y el análisis económico de acuerdo a la metodología del CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo), para todos los tratamientos.

Se utilizó tres variedades de papa, la variedad Jatun Puka con nivel alto de resistencia a tizón; la variedad Cardinal con nivel moderadamente resistente, y la variedad Desiré con nivel bajo de resistencia, cada una de estas variedades se sometió a tres criterios, el criterio del agricultor local, el criterio de la herramienta de apoyo para la toma de decisiones y el testigo.

En el trabajo de investigación se estableció en parcelas divididas (3x3) en bloques al azar, donde el factor A son las estrategias de manejo químico y el factor B son las variedades de papa en tres repeticiones. El análisis estadístico se realizó en el paquete estadístico InfoStat. En cada variable se presentaron diferencias altamente significativas al 1% entre las estrategias, la separación de medias se realizó mediante el tés de Tukey al 0,05.

El control del tizón tardío con la aplicación de los discos fue más eficiente que la del agricultor, que se evidencio con bajos porcentajes de daño final y el progreso de la enfermedad en todas las variedades y permitió mayores rendimientos que los obtenidos con la estrategia del agricultor en todas las variedades. En general la aplicación de los (SAD), permitió un mejor control de la enfermedad. El análisis económico mostro que los tratamientos con la estrategia de discos dominaron a los de la estrategia del agricultor y en consecuencia con la estrategia de discos el rendimiento fue mucho más que la estrategia utilizada por el agricultor. Se concluye que la utilización de la herramienta de discos propició un control más eficiente del tizón tardío frente a la estrategia del agricultor y el testigo

1. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum L*) es uno de los alimentos más importantes tanto en Europa como en América y es uno de los cuatro cultivos básicos a nivel mundial, no solo por la superficie que se destina para su cultivo, se ha intensificado en los últimos 20 años. En Bolivia la papa es el tercer cultivo más importante en extensión territorial, después de soya y caña de azúcar. Contribuye la base alimenticia de gran parte de la población. Aportando elementos nutritivos y minerales como: Agua 77,4gr, Energía Kcal 86Kcal, Grasas 0,10gr, Hidratos de carbono 20gr, Fibra 2gr, Potasio 328mg, Sodio 241mg, Fosforo 40mg, Magnesio 20mg, Calcio 8mg, Vitamina C 7,4, Vitamina A 0 IU, Vitamina B 6 0,26mg, Niacina 1,3mg y Ácido fólico 9mg. A nivel de consumo la papa se sitúa en primer lugar con un promedio per cápita de 92 kg al año por persona (INIAF & MDRyT 2015).

El Tizón tardío de la papa, Mal negro o k"aspara como es llamado comúnmente en las zonas productoras, es causado por el hongo *Phytophthora infestans*, enfermedad de alto poder de infestación, que se encuentra diseminada a nivel mundial, por lo que es considerada la de mayor importancia para el cultivo de la papa. En Bolivia es una enfermedad considerada clave porque su presencia afecta la producción de los departamentos donde se cultiva en cabecera de valles y llanos (La Paz, Cochabamba, Chuquisaca, Potosí, Tarija y Santa Cruz). Estos, al ser zonas que contienen niveles de humedad mayores a los del altiplano y que se encuentran entre los 2000 a 3400 m.s.n.m. presentan condiciones favorables para el desarrollo del hongo, afectando grandemente la producción (PROINPA 2009).

Esta enfermedad, afecta a toda la planta de la papa (hojas, tallos, y tubérculos) y se encuentra presente durante todo el año, lo que significa que dicha enfermedad pueda presentarse en todas las etapas de desarrollo del cultivo (emergencia, crecimiento, floración, tuberización). Causa pérdidas considerables, incluso totales (en 10 a 15 días) cuando el ataque es severo debido a las condiciones medio ambientales óptimas (temperatura y humedad) que se presentan en las zonas de producción (PROINPA 2009).

Ante esta situación los productores tienen muchas dificultades y aplican fungicidas para controlar el tizón tardío y evitar pérdidas en la producción. En este caso la toma de decisiones para la aplicación de fungicidas es compleja debido a varios factores e interacciones como las condiciones climáticas, dosis, tipo de fungicida, resistencia del cultivar y la población del patógeno. Con el fin de implementar prácticas oportunas y eficaces para el control de éste

patógeno y de explorar alternativas productivas que reduzcan la cantidad de agroquímicos y respetar al medioambiente, se están validando actualmente en todo el mundo distintos Sistemas de Apoyo para la toma de Decisiones (SAD) para el control de tizón tardío (Lucca & Huarte, 2012).

Uno de estos sistemas es el “Juego de discos para el manejo del Tizón de la papa”, pruebas de validación y experiencias en la práctica demuestran que los Discos pueden ser una herramienta útil para controlar efectivamente al tizón con una utilización mínima de fungicidas. Los discos pueden incluir información meteorológica, el ciclo de la enfermedad, el estado fenológico del cultivo y las aplicaciones de fungicidas, para generar un cronograma óptimo de control químico que coincida con los períodos de alto riesgo para el desarrollo de la enfermedad (Schepers, 2001).

Es por ello que investigadores del Centro Internacional de la Papa han diseñado esta herramienta de discos (SAD) como un Sistema de Apoyo a la Decisión para la aplicación de fungicidas. Este prototipo integra la información meteorológica, niveles de susceptibilidad de las variedades al patógeno y temporalidad de las aplicaciones de fungicidas. (Juárez, Ávila & Hijmans, 2003)

En experimentos anteriores realizados por (Inca 2015, Pastaz 2015 y Yepes 2016) se determinaron que, con la aplicación del sistema de apoyo a la decisión (SAD) para el control del Tizón. Se constató un control más eficiente y favoreciendo a la optimización de recursos. (CIP, 2017).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la herramienta de discos (SAD), para el manejo de tizón (*Phytophthora infestans*) en tres variedades de papa, de acuerdo a su resistencia genética, en la comunidad Lampacillos del Municipio de Padilla en el Dpto. de Chuquisaca.

2.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar la mejor estrategia de control, para la toma de decisiones (SAD) en el manejo del Tizón (*Phytophthora infestans*) en tres variedades de papa de acuerdo a su resistencia genética.
- ✓ Evaluar la eficiencia de las diferentes estrategias mediante la determinación del Área Bajo Curva de Progreso de *P. infestans* (ABCPPI) durante el desarrollo del cultivo y en la cosecha.
- ✓ Realizar el análisis económico entre la aplicación de la estrategia de discos con la estrategia del agricultor en el manejo del tizón tardío por variedad.

3. HIPÓTESIS

- ✓ **Ho:** La aplicación de estrategias y la herramienta de discos (SAD) para la evaluación no contribuyen al control de tizón tardío, en tres variedades de papa en el municipio de Padilla.
- ✓ **Ha:** La aplicación de estrategias y la herramienta de discos (SAD) para la evaluación contribuyen al control de tizón tardío, en tres variedades de papa en el municipio de Padilla.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. QUE ES EL TIZON

El nombre común de la enfermedad tizón de la papa, en Bolivia más conocido como (pasma negro, mal negro, t'octu, kasparillo), siendo una de las enfermedades más importantes de la papa en todas las zonas paperas por las pérdidas económicas que causa puede llegar al 100% si no es controlada. Las condiciones de clima propicio para el desarrollo del tizón que se caracterizan porque la temperatura oscila entre los 11y 25° C, de humedad relativa elevada, niebla, sol intenso o alta precipitación pluvial entre 800 y 1700 mm. Durante la campaña agrícola. (Navia, Plata, Equis, Gabriel & Gandarillas, 2009)

4.1.1. Origen

Phytophthora infestans es un organismo heterotálico con dos tipos de apareamiento, A1 y A2, que se cree proceden de Toluca, México. Hasta 1980, el tipo de apareamiento A2 estaba confinado a México, y se consideraba que solo el tipo A1, era el causante del tizón tardío en las demás regiones del mundo (Fry y Goodwin 1995).

Sin embargo, a partir de 1981 se presentaron reportes de la distribución del tipo de apareamiento A2 en varios países de Europa, Oriente medio, Asia y Sur América lo que ha conducido que la población A1 haya sido desplazada por una nueva variante A1/A2. Dicha población ha resultado de la reproducción sexual de ambos tipos y se caracteriza por ser altamente virulenta y variable, esta condición le ha permitido adaptarse a nuevos hospedantes y a diferentes condiciones medioambientales (Fry y Goodwin 1995).

4.1.2. Taxonomía

Phytophthora infestans presenta la siguiente clasificación taxonómica (Jaramillo, 2003).

REINO: *Cromista (grupo Stramenophyle)*

PHYLUM: *Oomycota*

CLASE: *Oomycete*

SUBCLASE: *Peronosporomycetidae*

ORDEN: *Pythiales*

FAMILIA: *Pythiaceae*

GENERO: *Phytophthora*

ESPECIE: *infestans*

4.1.3. Sintomatología del tizón:

4.1.3.1. Síntomas en hojas

Al inicio, la enfermedad se manifiesta con manchas húmedas irregulares de color verde claro, mayormente cerca del ápice y los márgenes de las hojas. Estas lesiones crecen rápidamente hasta formar manchas grandes de color marrón oscuro. Durante las primeras horas de la mañana, se puede observar en la cara inferior de las hojas infectadas, especialmente en los márgenes de las lesiones necróticas, una eflorescencia blanquecina formada por esporangios del patógeno. Las lesiones jóvenes son pequeñas (entre dos y 10 mm) y de forma irregular, y

pueden estar rodeadas por un pequeño halo (tejido verde claro alrededor de la lesión necrótica oscura). A medida que crecen, las lesiones se vuelven más circulares hasta que son delimitadas por los márgenes del foliolo. Por lo general, no están delimitadas por nervaduras, y las lesiones viejas están rodeadas por un halo clorótico (Keen, 2000, Pérez y Forbes, 2008).

4.1.3.2. Síntomas en tallos

Cuando el tizón tardío ataca al tallo puede causar su estrechamiento y las hojas que están por encima del punto de infección se marchitan. Las lesiones de color pardo claro o pardo oscuro en los tallos o los peciolo se alargan y circundan el tallo. Las lesiones se vuelven quebradizas y el tallo a menudo se quiebra en ese punto (Keen, 2000, Pérez y Forbes, 2008).

4.1.3.3. Síntomas en tubérculos

Los tubérculos infectados muestran áreas irregulares, de coloración marrón rojiza a negruzca ligeramente hundidas que se extienden profundamente en el tejido interno de los tubérculos. Los tubérculos infectados son inicialmente duros, secos y compactos, pero pueden ser invadidos por otros patógenos, principalmente bacterias que ocasionan pudrición blanda. A menudo va asociado a un olor penetrante y pútrido en los campos muy infectados; sin embargo, dicho olor se debe a la pudrición de tejido muerto y no es consecuencia directa del tizón tardío (Keen, 2000, Pérez y Forbes, 2008).

4.1.4 Inóculo

4.1.4.1. Ciclo biológico del tizón

El ciclo del tizón involucra tanto la reproducción asexual como la reproducción sexual. La fase de reproducción asexual requiere de un hospedero. La enfermedad en el cultivo de papa específicamente se presenta un ciclo de reproducción asexual. En condiciones asexuales son los esporangios que realizan la infección de la papa. En agua libre y con bajas temperaturas los esporangios germinan indirectamente produciendo zoosporas, estas zoosporas se forman dentro del esporangio y debido a los cambios bruscos de temperatura y humedad son liberados cuando se rompe la pared esporangial, de esta manera las condiciones de sol y luego de lluvia que se presentan, son las condiciones de ambiente favorable para el desarrollo del patógeno y con la presencia del viento estos logran diseminarse a distancias considerables. Una vez diseminadas las zoosporas se enquistan en superficies sólidas y adquieren una forma redondeada y forman una pared celular, con presencia de humedad forman un tuvo

germinativo y penetran a la hoja por los estomas, o también pueden 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 y a su vez generando nuevos esporangios que aparecen principalmente en el envés de las hojas. El tizón es una enfermedad policíclica es decir, tiene varios ciclos de reproducción asexual durante el ciclo de cultivo de papa y estos pueden ocurrir rápidamente en ausencia de reproducción sexual, por tanto, *Phytophthora infestans* puede completar un ciclo reproductivo entre 3 y 15 días, dependiendo de las condiciones climáticas de cada sector. Al presentarse una reproducción asexual es necesaria la presencia de un hospedero lo cual transforma a *Phytophthora infestans* en un parásito obligado que para sobrevivir necesita de hospederos alternos como malezas, especies silvestres y otros cultivos al ser la fuente de inóculo primario para el siguiente ciclo (Mendoza y Pinto 1983), Agrios (1996) y Alexopoulos (1979)

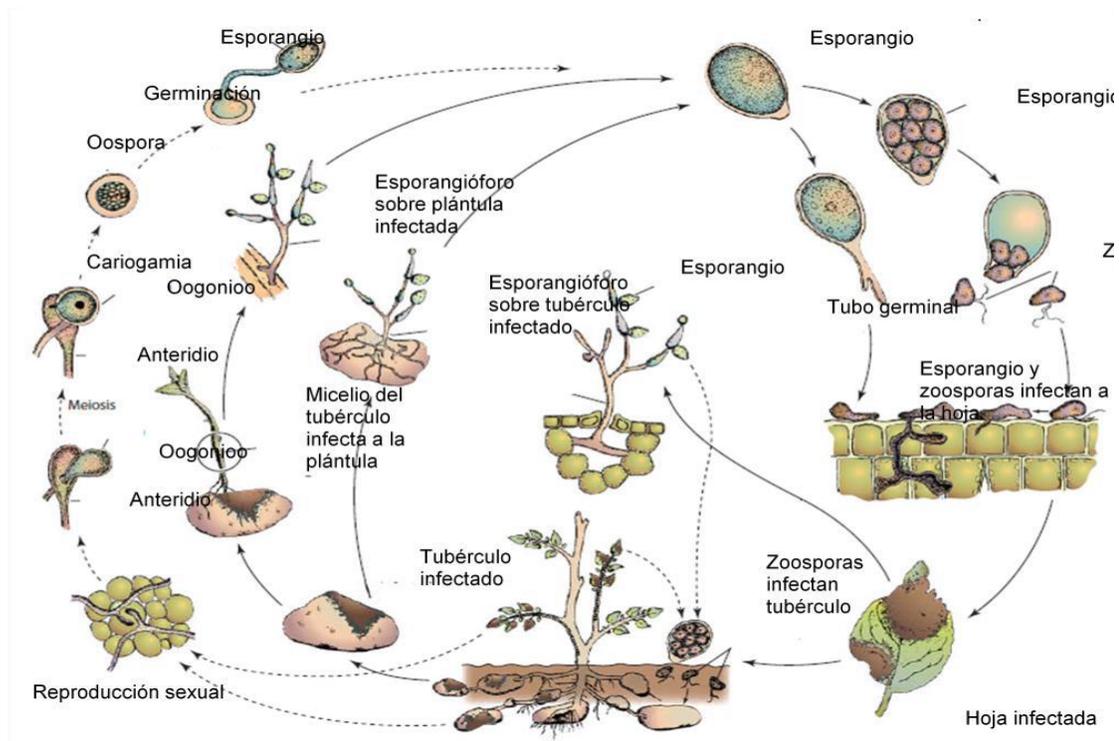


FIGURA N°. 1 Ciclo de vida de *Phytophthora infestans*. Agrios, 2005.

4.2. Manejo integrado de tizón tardío

Según (W. Pérez & G. Forbes 2008) El manejo integrado es el empleo de diferentes métodos de control de las enfermedades 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. Los principales componentes del manejo del tizón tardío comprenden controles genético, químico, cultural y biológico.

4.2.1. Prácticas culturales.

Durante la época de siembra, se deberá realizar la selección de la parcela, eliminación de plantas k ípas o voluntarias, selección de variedades en función a su resistencia, utilización de semilla sana, distanciamiento adecuado entre plantas y surcos, aporque alto, reducción del tránsito a través del campo, corte del follaje, evitar la cosecha bajo condiciones húmedas, almacenar solo tubérculos sanos. (PROINPA 2009).

4.2.2. Semilla libre de enfermedades.

El uso de semilla no infectada es una condición básica para la producción de papa, puesto que elimina del campo una fuente primaria de infección (PROINPA 2009).

4.2.3. Época de siembra.

Donde las temporadas de lluvia sean definidas, la severidad de la enfermedad puede reducirse mediante un cambio en el tiempo de la siembra. Esto puede, sin embargo, reducir el rendimiento, pues la papa necesita abundante agua durante la formación del tubérculo (PROINPA 2009).

4.2.4. Aporques altos.

Los tubérculos sin cubrir, o pobremente cubiertos con suelo, son fácilmente infectados por las esporas que el agua arrastra del follaje. Un aporque adecuado reduce la cantidad de esporas que llegan a los tubérculos y puede conducir a que el campo seque más rápido después de una lluvia (PROINPA 2009).

Cualquier tratamiento que acelere el secado del follaje y reduzca la humedad dentro del cultivo, contribuye a restringir el desarrollo de la enfermedad. Entre estos tratamientos se encuentran

una mayor distancia de siembra y los procedimientos apropiados de riego. El riego por aspersión tiende a incrementar la severidad de la enfermedad (PROINPA 2009).

4.2.5. Resistencia genética

El uso de variedades mejoradas con resistencia horizontal o poligénica, como (Robusta, Jaspe, India, Puka Waychá, Aurora, Puyjuni Imilla y Pálta Chola) es la alternativa de control más conveniente para los agricultores, la incidencia y la severidad de la enfermedad es menor, se reduce el número de aplicaciones de fungicidas hasta uno o dos por ciclo de cultivo, se reduce el costo de control, se preserva la salud del agricultor y el medio ambiente. Deben utilizarse variedades con mayor resistencia siempre y cuando tengan aceptación comercial (PROINPA 2009).

a). Resistencia vertical

Las variedades de papa con resistencia vertical son aquellas que solo resisten a ciertas razas del patógeno. Estas plantas no muestran manchas necróticas y las plantas presentan una apariencia totalmente sana. Sin embargo, esta resistencia es de corta duración, pues se producen mutaciones en el patógeno para vencer esta resistencia.

b). Resistencia horizontal

Las variedades de papa con resistencia horizontal son aquellas que resisten a todas las razas del patógeno y presentan pequeñas manchas necróticas en las hojas, cuyo desarrollo es restringido. Esta resistencia es más duradera y más útil que la anterior. Debido a que la enfermedad se desarrolla en forma restringida el manejo integrado del tizón es más efectivo.

4.3. 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. Un gran número de estos productos son usados en el control del tizón tardío (torres, Taípe, & Andrade, 2011)

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, oxadixil 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.

4.3.1. Recomendaciones para el uso de fungicidas

Pérez & Forbes (2008) recomiendan que en el caso de variedades susceptibles no se debe dejar que la epifitía alcance más del 0.5 % de severidad antes de intervenir; es decir, cuando se encuentra un par de manchas en pocas plantas en un radio de 10 metros o no más de dos lesiones por 10 m de hilera. Si hay lluvias o neblina iniciar con una aplicación cuando el cultivo haya alcanzado 80 % de emergencia y las plántulas tengan de 8 a 10 cm de altura.

Si se trata de variedades resistentes o moderadamente resistentes, iniciar la protección con sistémicos y usarlos hasta dos veces durante la estación alternando el ingrediente activo para evitar el desarrollo de formas resistentes del patógeno (Torres, et al., 2011).

Recordar que el número total de aplicaciones para un nivel dado de resistencia es directamente proporcional a la cantidad de tiempo que el cultivo permanece en el campo, es decir, variedades precoces van a necesitar menos aplicaciones que variedades tardías. (W. Pérez & G. Forbes, 2008).

4.3.2. 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 aspersion del producto no estarán protegidas contra el patógeno. (Mendoza, 2002)

4.3.3. 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. (W. Pérez & G. Forbes, 2008)

4.3.4. 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 aspersion del producto no estarán protegidas contra el patógeno. (Mendoza, 2002).

4.3.5. Susceptibilidad de una variedad

La variedad Desiree es susceptible a la enfermedad por lo tanto la enfermedad arrasa rápidamente, la variedad Cardinal es moderadamente resistente y resistirá varios días más, en cambio la variedad Jatun Puka es resistente, la enfermedad demorará en propagarse como en las otras variedades ya mencionadas. (PROINPA 2018).

Cuadro N.º 1 Escala de nivel de susceptibilidad a *P. infestans* de las variedades de papa a evaluarse.

Variedades de papa	Nivel de susceptibilidad a tizón tardío (Escala)
JATUN PUKA	0 – 1 – 2 – 3
CARDINAL	4 – 5 – 6
DESIREE	7 – 8 – 9

Fuente: Adaptación CIP. 2011

Nota: El valor de la escala asignado a cada variedad es mayor a medida que aumenta la susceptibilidad al tizón tardío.

0= Resistente

5= Moderadamente resistente

9= Susceptible

4.4. Herramienta de apoyo para la toma de decisiones para la aplicación de fungicidas en el control de tizón tardío

El Centro Internacional de Papa con sede en Perú (CIP). Junto a sus investigadores identificó una preocupación clave que todos los agricultores se enfrentan en el control de tizón tardío: decidir cuándo rociar y qué fungicida aplicar. Tres factores críticos fueron identificados que pueden afectar la necesidad de aplicar fungicida, y que son lo suficientemente simples para que un agricultor evalúe sin equipamiento sofisticado: (1) susceptibilidad del cultivo de papa; (2) una estimación aproximada de la lluvia; y (3) tiempo transcurrido desde la última aplicación de fungicida. Ante esta situación ha desarrollado el sistema de herramienta circular para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa o conocido también como Sistema de Apoyo a la Decisión (SAD).

La herramienta de discos para el control de *P. infestans* ayudan en el control eficiente del tizón tardío con un mínimo de aplicaciones o aplicaciones oportunas. Estos modelos se utilizan para incrementar la eficacia en el control del tizón. La toma de decisión para la aplicación de fungicidas para el control de tizón tardío en países en desarrollo ha estado influenciada por el conocimiento de la epidemiología del tizón, la cual es diferente. Las aplicaciones han seguido un patrón generalmente calendarizado, posteriormente se ha dado importancia al nivel de resistencia disponible en las variedades para un ajuste en el periodo de aplicaciones o dosis del fungicida, finalmente se están evaluando, validando y poniendo en práctica modelos de

predicción del tizón, para apoyar la toma de decisiones de la aplicación de fungicidas (Schepers, H. 2001).

4.4.1. Descripción de los discos

La herramienta de discos es un sistema de apoyo a las decisiones del agricultor que incluyen información disponible sobre la epidemiología del tizón, sobre la susceptibilidad de las variedades, información de fungicidas, del desarrollo de la planta, sobre la influencia de las condiciones climatológicas, sobre los pronósticos del clima y sobre la presión de infección (Anexo 1). Es una herramienta asequible y práctica para mejorar la gestión de la enfermedad causada por tizón tardío. El SAD ayuda a los agricultores a mejorar las decisiones sobre el tiempo de fumigación y la selección de fungicidas. Usando la herramienta, los agricultores pueden reducir los costos de fumigaciones, sin riesgo de enfermedad y pérdida en el cultivo. (Schepers,H. 2001).

4.4.2. ¿Cómo funciona este sistema de apoyo a la toma de decisiones para el control de tizón?

La Herramienta apoya a mejorar este tipo de control. Al mismo tiempo ayuda a identificar cuándo es esencial una aplicación de fungicidas e igualmente a saber si esta aplicación la realizamos con un fungicida sistémico o de contacto.

Fundamenta el apoyo en la interpretación de 3 variables de la enfermedad (variedad, precipitación y tiempo transcurrido en cada aplicación).

Herramienta circular para Variedades con escalas de susceptibilidad de 6, 7, 8, 9.



FIGURA N°. 2 Herramienta circular para la variedad Desiré.

4.4.3. Representación de la herramienta circular.

- La herramienta circular se identifica con tres componentes: el cultivar sembrado, el componente climático y el tiempo de la última aplicación.
- En el nivel externo (franja roja) se halla el rango de variedades que se encuentran en la escala de estimación de susceptibilidad que va a partir 6 a 9 (muy susceptible) e intervalo de días en que se debe realizar la evaluación del ABCPPI.



FIGURA N°. 3 Primer nivel de la herramienta de apoyo a la decisión (SAD).

- En el nivel dos (franja celeste) se encuentra el factor clima. El cual se relaciona con la cantidad de lluvia y presencia de neblina que apareció desde la última evaluación.



FIGURA N°. 4 Segundo nivel de la herramienta de apoyo a la decisión. (SAD)

- En el nivel tres (franja naranja) se verifica el número de días pasados desde la última aplicación que se efectuó en la parcela, que va a partir de menos de 6 hasta más de 10 días.



FIGURA N°. 5 Tercer nivel de la herramienta de apoyo a la decisión (SAD).

- En el nivel cuatro, (franja violeta) se encuentra la ayuda a la decisión para la aplicación, esta puede ser: aplicar un producto sistémico, aplicar un producto preventivo o de contacto y no aplicar.



FIGURA N°. 6 Cuarto nivel de la herramienta de apoyo a la decisión (SAD)

En las franjas medias (celeste y naranja) encontramos números pertenecientes a cada estado de evaluación, tales se hallan en sentido de las manecillas del reloj.

Cada una de las ruedas nos dará un resultado independiente, se suman y con ese valor se determina que aplicación se realiza (Pozo, 1015).

4.4.4. Escala para estimación del tizón en el follaje

Cuadro N.º 2 Escala de porcentaje de daño.

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

Fuente: Oyarzun et. Al. (Citado por Torres et al... 2011)

5. MARCO CONTEXTUAL

5.1. Localización

El presente trabajo de investigación tesis de grado, se realizó en la comunidad de Lampacillos perteneciente al municipio de Padilla primera sección municipal de la provincia. Tomina del departamento de Chuquisaca, se encuentra situada a 187 km. De la ciudad de Sucre. Al norte limita con la provincia de Belisario Boeto, al noreste con el departamento de Santa Cruz, al este con la provincia Luis Calvo, al suroeste con el municipio de Villa de Alcalá, al noroeste con el municipio de Tomina y al sur con la provincia Hernando Siles. (Anexo 2). Geográficamente se halla situada en Latitud Sur 19°18'32", longitud Oeste 64°18'11" (P.T.D.I. 2001).

5.2. Características climáticas

La zona donde se realizó el trabajo de investigación, tesis de grado se caracteriza por presentar una temperatura máxima 21.7 ° C, temperatura mínima 7.2° C, temperatura media anual 14.8° C y una precipitación media anual de 645.4 mm /año. (INE 2012).

5.3. Altitudes

La altitud del municipio de padilla es variable desde los 700 m.s.n.m. en el distrito de EL VALLE hasta el 3069 m.s.n.m. de distrito de LAMPACILLOS la altura promedio para todo el municipio es 2102 m.s.n.m. La comunidad lampacillos está situada a una altura de 2466 m.s.n.m. (PDM. Padilla 2001)

5.4. Características del suelo

La estructura física del suelo se caracteriza por suelos franco arcilloso y franco arenoso, en su mayor parte por un relieve montañoso cuyos suelos son afectados por una serie de limitantes, tales como las pendientes elevadas, erosión hídrica, poca profundidad efectiva, que determinan un bajo potencial productivo. (PDM. Padilla 2001)

6. METODOS

6.1. Método empírico

6.1.1. Diseño experimental

En el trabajo de investigación se estableció en parcelas divididas (3x3) bajo un diseño de bloques al azar, donde el factor A son las estrategias de manejo químico y el factor B son las variedades de papa en tres repeticiones.

6.2. Variables de estudio

6.2.1. Variables independientes

- ✓ Variedades de papa
- ✓ Estrategias de control químico del tizon

6.2.2. Variables dependientes

- ✓ Progreso del daño de la enfermedad
- ✓ Porcentaje de daño final
- ✓ Area bajo la curva de progreso de *Phytophthora infestans* (ABCPPI)
- ✓ Rendimiento
- ✓ Analisis economico

6.3. Análisis estadístico

El análisis de datos se realizó con el programa estadístico InfoStat, expresando los valores en un análisis de varianza y prueba de medias (tés de Tukey).

Modelo lineal

El modelo lineal para un DPD con estructura de parcelas en Bloques al azar es:

$$Y_{ijk} = \mu + \gamma_k + \tau_i + \underbrace{(\gamma\tau)_{ki} + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}}_{\text{Representa a la subparcela}}$$

Representa a la parcela

Representa a la subparcela

Y_{ijk} = Obs. de la unidad experimental.

μ = Media general del ensayo.

γ_k = Efecto de los bloques.

τ_i = Efecto del tratamiento τ de la parcela.

$(\gamma\tau)_{ki}$ = Error de la parcela [E(a)].

β_j = Efecto del tratamiento β de la subparcela.

$(\tau\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción de los tratamientos de la parcela y subparcela.

E_{ijk} = Error aleatorio de la subparcela [E(b)].

ANOVA para un DPD con estructura de parcelas en bloques al azar.

Fuentes de Variación	S. C.	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F Calculado
Bloque	SC_B	$Gl_B = r - 1$		
Tratamiento A	SC_A	$gl_A = a - 1$	$CM_A = \frac{SC_A}{gl_A}$	$F = \frac{CM_A}{CME_{(a)}}$
Error (a) (Int. Bloque x Trat. A)	$SCE_{(a)}$	$glE_{(a)} = n_a = (r - 1)(a - 1)$	$CME_{(a)} = \frac{SCE_{(a)}}{glE_{(a)}}$	
Tratamiento B	SC_B	$gl_B = b - 1$	$CM_B = \frac{SC_B}{gl_B}$	$F = \frac{CM_B}{CME_{(b)}}$
Interacción (A x B)	$SC_{A \times B}$	$gl_{AB} = (a - 1)(b - 1)$	$CM_{AB} = \frac{SC_{AB}}{gl_{AB}}$	$F = \frac{CM_{AB}}{CME_{(b)}}$
Error (b)	$SCE_{(b)}$	$glE_{(b)} = n_b = a(r - 1)(b - 1)$	$CME_{(b)} = \frac{SCE_{(b)}}{glE_{(b)}}$	
Total	SCT	$Gl_t = abr - 1$		

Hipótesis y regla de decisión

Hipótesis:

$$H_0 = T1 = T2 = T3 = \dots Tn$$

$$H_a = T1 \neq T2 \neq T3 \neq \dots Tn$$

Regla de decisión:

$$\text{Si } F_c < F_{t(0.05 \text{ y } 0.01)} \Rightarrow NS \text{ (No Significativo) Re chaza } H_a$$

$$\text{Si } F_c \geq F_{t(0.05)} \text{ y } F_c < F_{t(0.01)} \Rightarrow * \text{ (Significativo) Re chaza } H_0$$

$$\text{Si } F_c > F_{t(0.05)} \text{ y } F_c \geq F_{t(0.01)} \Rightarrow ** \text{ (Altamente Significativo) Re chaza } H_0$$

Coefficiente variación

$$CV = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} * 100 \quad \text{En experimento de campo} \quad CV \leq 25 \%$$

3. Prueba de Tukey

- Se utiliza cuando la prueba de F es * o **
- Para comparaciones múltiples, máx.

$$\frac{t (t - 1)}{2}$$

Promedios (ordenar medias)

Calcular rangos con formulas y tablas

Error estandar de la media

$$\delta_x = \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

DHS) diferencia honesta significativa

$$DHS_{\alpha} = K_{\alpha(P, GL_e)} * \delta_x$$

Comparaciones

$$\text{Si la } D < DHS_{\alpha} \Rightarrow NS$$

$$\text{Si la } D > DHS_{\alpha} \Rightarrow *$$

7. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Es importante indicar que en la época en la que se desarrolló el trabajo de investigación se presentaron condiciones climáticas muy favorables para el desarrollo de la enfermedad, según PROINPA (2009). La enfermedad se desarrolla rápidamente a temperaturas nocturnas bajas con un óptimo de 21°C y humedad relativa superior al 90%, producto del rocío fuerte, neblinas densas o lluvias frecuentes. Bajo estas condiciones el tizón puede devastar un campo de papa en unos tres días. Esto contrasta con las condiciones climatológicas del sitio del experimento durante el desarrollo de la presente investigación, ya que la temperatura promedio fue de 19.4 °C, la humedad relativa fue de 84.2 % y la precipitación acumulada durante la investigación fue de 842 mm (anexo 4). Lo mencionado anteriormente fue propicio para realizar un análisis del ataque del tizón ya que la temperatura y la humedad relativa fueron favorables para el desarrollo de la enfermedad.

7.1. Evaluación de las variables

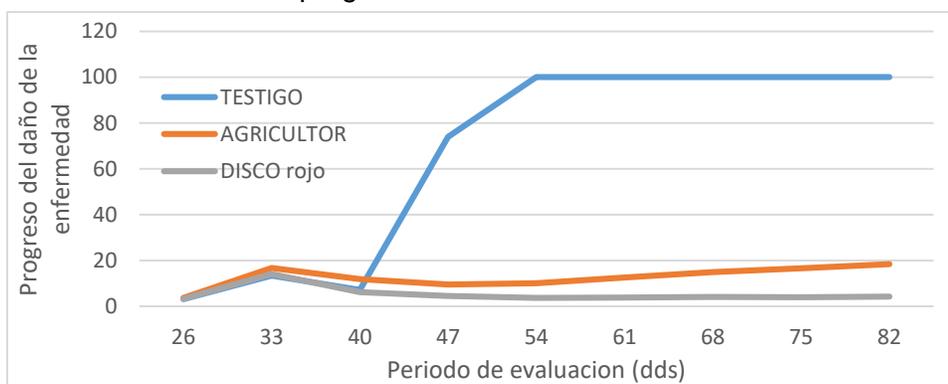
A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las variables agronómicas, estudiadas en las tres variedades

7.1.1. Progreso del daño de la enfermedad

Es importante mencionar que para la (**variedad Desiree**) se tomaron 9 lecturas durante la investigación, con la estrategia de disco rojo, agricultor y el testigo, con un rango de 7 días entre lecturas. (Anexo 7).

En el (gráfico 1), muestra las diferencias en el avance de la enfermedad para las estrategias, como también el incremento del daño a la parte foliar en las lecturas consecutivas en función al tiempo. Según el progreso del daño de la enfermedad muestra aumentos importantes en periodos de 7 días, principalmente en el testigo lo cual refleja la alta agresividad del patógeno cuando las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo del hongo. (Anexo 3). La estrategia del disco rojo, fue la que presento menor avance de la enfermedad, seguida de la estrategia del agricultor, y finalmente el testigo que en la quinta lectura ya presentaba mortandad de plantas. En síntesis, la estrategia (disco rojo) y la estrategia del (agricultor) fue la que mejor controlo el avance de la enfermedad y no hubo un avance significativo durante el transcurso de evaluación.

GRÁFICO N.º 1 Curva de progreso del daño de la enfermedad variedad Desiree



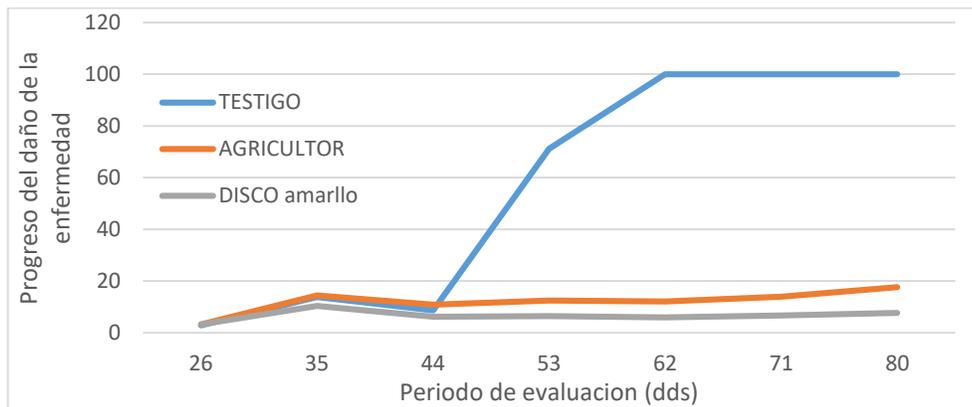
Cabe mencionar que para la (**variedad Cardinal**) se tomaron 7 lecturas durante la investigación, con un rango de 9 días entre lecturas. (Anexo 8).

Según el (gráfico 2), muestra el progreso de la enfermedad según la estrategia aplicada, La estrategia del disco amarillo, fue la que presento menor avance de la enfermedad, seguida de la estrategia del agricultor, y finalmente el testigo a partir del día 44 posterior a la siembra

se observa mayor avance de la enfermedad lo cual refleja la alta agresividad del patógeno cuando las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo del hongo. (Anexo 3). que en la quinta lectura ya presentaba mortandad del total de plantas.

En síntesis, la estrategia de disco (amarillo) y la estrategia del agricultor local fue la que mejor controló el avance de la enfermedad y no hubo un avance significativo durante el transcurso de evaluación.

GRÁFICO N.º 2 Curva de progreso del daño de la enfermedad variedad Cardinal

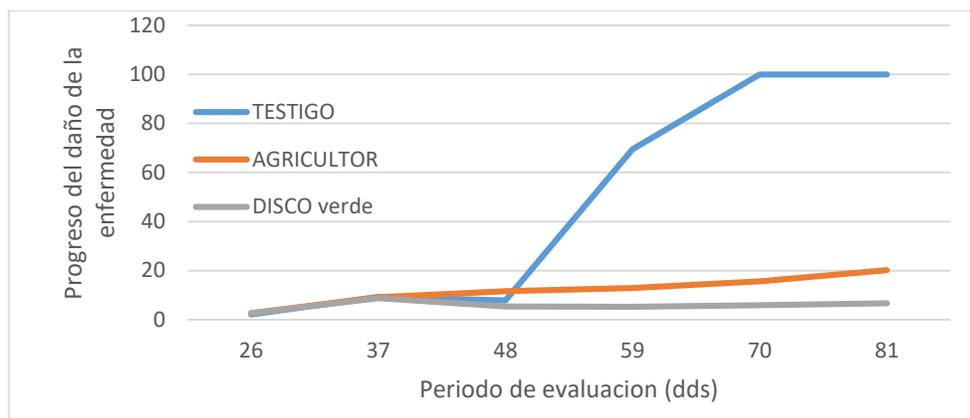


Para la variedad (**Jatun Puka**) se tomaron 6 lecturas durante la investigación, con un rango de 11 días entre lecturas. (Anexo 9).

En el (gráfico 3) muestra las diferencias en el avance de la enfermedad para las estrategias, como también el incremento del daño a la parte foliar en las lecturas consecutivas en función al tiempo. La enfermedad muestra aumentos importantes en periodos de 11 días, principalmente en el testigo lo cual refleja la alta agresividad del patógeno cuando las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo del hongo. La estrategia del disco verde, fue la que presentó menor avance de la enfermedad, seguida de la estrategia del agricultor, y finalmente el testigo que en la quinta lectura ya presentaba mortandad de las plantas.

En síntesis, la estrategia disco (verde) y la estrategia del agricultor fue la que mejor controló el avance de la enfermedad y no hubo un avance significativo durante el transcurso de evaluación.

GRÁFICO N.º 3 Curva de progreso del daño de la enfermedad Var, Jatun puka



7.1.2. Porcentaje de daño final

Es importante mencionar que para la variedad Desiree se tomaron 9 lecturas durante la investigación, con un rango de 7 días entre lecturas. Para la variedad Cardinal se tomaron 7 lecturas, con un rango de 9 días entre lecturas y para la variedad Jatun Puka se tomaron 6 lecturas, con un rango de 11 días entre lecturas. Para una mejor evaluación del porcentaje de daño final, según las estrategias de control en las variedades Desiree, Cardinal y Jatun Puka se realizó el análisis de varianza solo para la última lectura. (Anexo 7, 8,9).

Según el (cuadro 4) de análisis de varianza para porcentaje de daño final, se tiene diferencias altamente significativas para las estrategias y significativas para la interacción, hubo diferencia entre variedades es decir las producen diferentes y no significativos para bloques, con un coeficiente de variación 2,46%.

Cuadro N.º 3 Análisis de la Varianza para porcentaje de daño final

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.C.		F 05	F 01
Bloques	1,61	2	0,81	0,43	NS	6,94	18,00
E. de Control A	46755,03	2	23377,5	12501,34	**	6,94	18,00
Error A	7,5	4	1,87				
Var. Papa (B)	8,54	2	4,27	4,11	*	3,88	6,93
Interacción A*B	22,53	4	5,63	5,41	*	3,26	5,41
Error B	12,51	12	1,04				
TOTAL	46807,72	26					

CV = 2,46%

La comparación de medias muestra que los promedios de porcentaje de daño final para las estrategias son estadísticamente diferentes.

Según la prueba de medias de Tukey al 5% de significancia para el daño final del Tizón tardío (gráfico 4), se observa que la estrategia de discos, es la que menor daño presenta con un 6,2%, seguido de la estrategia del agricultor con un porcentaje de daño de 18,6%, ambas estrategias son estadísticamente diferentes y son las que tuvieron un mejor control al patógeno, finalmente está el testigo (2 Aplic) al cual se aplicaron fungicida en dos oportunidades, fue la estrategia que no completo el ciclo vegetativo, es decir: estadísticamente diferente a las anteriores que fue el más afectado por el patógeno en un 100%.

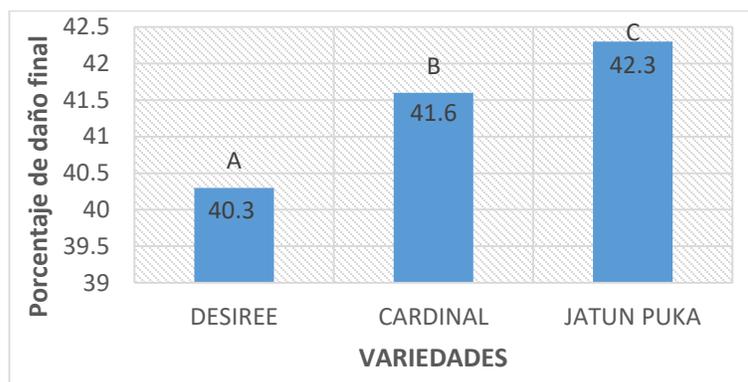
GRÁFICO N.º 4 Comparaciones de medias para las estrategias (Tukey 0,05)



La comparación de medias muestra que los promedios de daño final para las variedades son estadísticamente diferentes, entre sí.

Según la prueba de medias de Tukey al 5% de significancia para el porcentaje de daño final del tizón (gráfico 5), se observa que, la variedad Desiree, es la que menor daño presenta en su última evaluación con un 40,3 % de daño a la parte foliar, en promedio de las tres estrategias de control. Seguido de la variedad Cardinal con un porcentaje de daño final de 41,6% en la evaluación final, ambas estrategias son estadísticamente diferentes, pero son las que presentaron mayor eficacia en el control del patógeno. Finalmente, la variedad Jatun Puka que presento 42,3% de daño final a la parte foliar.

GRÁFICO N.º 5 Comparaciones de medias para las variedades (Tukey 0,05)



En resumen, la comparación de medias muestra que los promedios de porcentaje de daño final para la interacción estrategias*variedades son estadísticamente diferentes. Entre sí.

Según la prueba de medias de Tukey al 5% de significancia para el daño final del Tizón tardío (cuadro 5), se observa que la variedad Desiree de la estrategia de disco rojo, es la que menor daño presenta con un 4,3%, seguido de la variedad Jatun Puka de la estrategia de disco verde con un porcentaje de daño de 6,7%, la variedad cardinal de la estrategia de disco amarillo presenta un daño de 7,6% posteriormente la variedad Cardinal, Desiree y Jatun Puka con 17,1%, 18,4 y 20,2% respectivamente, las tres de la estrategia del agricultor, ambas estrategias son estadísticamente diferentes y son las que tuvieron un mejor control al patógeno, finalmente está el testigo, al cual se aplicaron fungicida en dos oportunidades, fue la estrategia más afectada que no completo el ciclo vegetativo, es decir: estadísticamente diferente a las anteriores que fue el más afectado por el patógeno en un 100%.

Cuadro N.º 4 Comparación de medias para la interacción estrategias*var. (Tukey 0,05)

Estrategias de control	Medias	Variedades de papa		
		Desiree	Cardinal	Jatun puka
Testigo (2 Aplic.)	X	100	100	100
		A	A	A
		Cardinal	Desiree	Jatun puka
Agricultor	X	17,1	18,4	20,2
		A	A	A
		Desiree	Jatun puka	Cardinal
Discos	X	4,3	6,7	7,6
		A	A	-
		-	B	B

7.1.3. Área bajo la curva de progreso de *Phytophthora infestans* (ABCPPI)

Según el (cuadro 6) de análisis de varianza para el ABCPPI, se tiene diferencias altamente significativas para las estrategias, variedades e interacción es decir todas las variedades se comportan de manera diferente en las estrategias para el control de tizón tardío, en cambio para los bloques no se tienen diferencias significativas, con un coeficiente de variación de 2,15%

Cuadro N.º 5 Análisis de la Varianza para ABCPPI

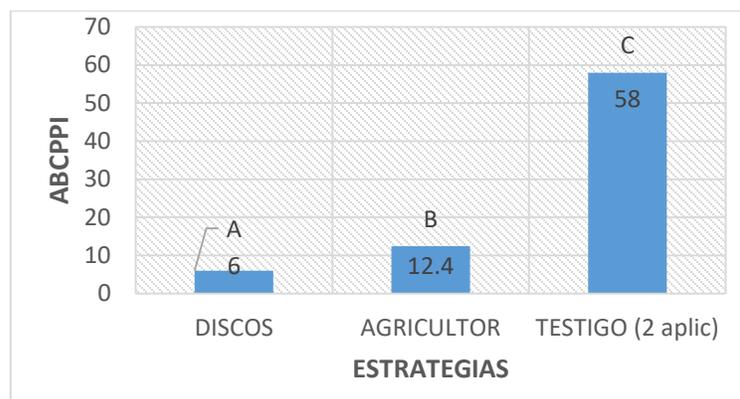
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.C.	F 05	F 01
Bloques	0,07	2	0,03	0,08 NS	6,94	18,00
E. de Control A	14469,07	2	7234,53	19552,78 **	6,94	18,00
Error A	1,46	4	0,37			
Var. Papa B	204,03	2	102,02	340,07 **	3,88	6,93
Interacción A*B	390,5	4	97,62	325,40 **	3,26	5,41
Error B	3,6	12	0,3			
TOTAL	15068,73	26				

CV = 2,15%

La comparación de medias (gráfico 6) muestra que las medias de ABCPPI para las estrategias son estadísticamente diferentes, entre sí.

Según la prueba de medias de Tukey al 5% de significancia para el ABCPPI del Tizón tardío, se observa que la estrategia de discos, es la que menor daño presenta con un 6,0% de daño a la parte foliar. Esto significa que la mejor estrategia para el control de tizón fueron los discos, seguido de la estrategia del agricultor con un porcentaje de daño de 12,4%, ambas estrategias son estadísticamente similares, son las que presentaron un manejo adecuado al patógeno, finalmente está el testigo (2 Aplic.), que se asemeja a los agricultores que realizan un control negativo en sus parcelas, con tan solo dos aplicaciones de fungicida, que fue el más afectado por el patógeno con un 58,0%, presento mortandad de plantas en todas las parcelas.

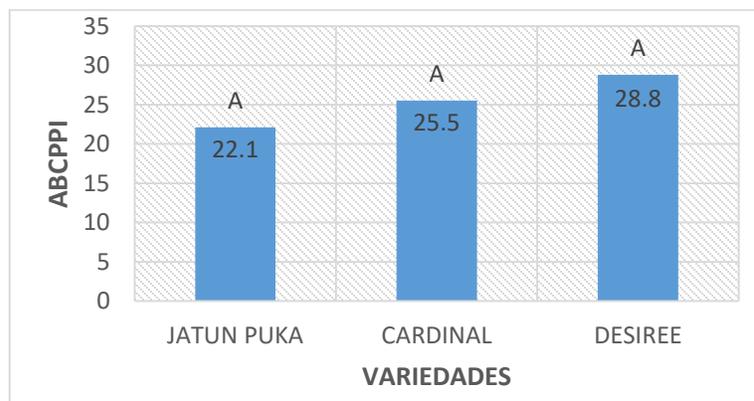
GRÁFICO N.º 6 Comparaciones de medias para las estrategias (Tukey 0,05)



La comparación de medias muestra que los promedios de abcpqi, para las variedades son estadísticamente diferentes, entre sí.

Según la prueba de medias de Tukey al 5% de significancia para el ABCPPI del Tizón tardío (gráfico 7), se observa que la variedad Jatun Puka, es la que menor abcpqi presenta con un 22,1%, esto significa que el control fue más eficiente que las demás variedades, también se debe a la resistencia genética de la variedad al patógeno y al número de aplicaciones de fungicida de cada estrategia, mientras la variedad Cardinal presenta un ABCPPI de 25,5% debido a la moderada resistencia genética al patógeno y el número de aplicaciones, finalmente está la variedad Desiree, debido a que presenta susceptibilidad genética al tizón fue el más afectado por el patógeno con un 28,8%.

GRÁFICO N.º 7 Comparaciones de medias para las variedades (Tukey 0,05)



La comparación de medias muestra que los promedios de ABCPPI para la interacción estrategias*variedades son estadísticamente diferentes, entre sí.

Según la prueba de medias de Tukey al 5% de significancia para la interacción ABCPPI del Tizón tardío (cuadro 7), se observa que la variedad Desiree, Jatun Puka y Cardinal de la estrategia de discos, es la que presenta menor área afectada por el tizón, con un 5,5%, 5,9% y 6,7% de ABCPPI. Seguido de la estrategia del agricultor con la variedad Jatun Puka, Cardinal y Desiree, con un porcentaje de ABCPPI de 12,1%, 12,4% y 12,8%, ambas estrategias son estadísticamente diferentes, lo que significa que la mejor estrategia para el control de tizón tardío fue la de los discos, a pesar de haber tenido una enfermedad agresiva de tizón tardío, con la aplicación de discos se logró un control eficiente de la enfermedad frente a la estrategia del agricultor local. Para realizar las aplicaciones se basó en la experiencia del agricultor es por ello que se aplicó la misma mezcla a todas las variedades en estudio, sin tomar en cuenta el clima y manifestó que en la mayoría de veces aplica productos que las casas comerciales recomiendan. Para el agricultor ello hace que en cada aplicación mezcle productos con diferentes ingredientes activos, generalmente mancoceb y Metalaxyl sin alternar productos con distintos mecanismos de acción, además la dosis que uso fue mayor a la recomendada, finalmente está la estrategia testigo (2aplic.), que fue el más afectado por el patógeno con un 48,4% para la variedad Jatun Puka, 57,7% para la variedad cardinal y 68,2% de área afectada para la variedad Desiree, que presento mortandad de plantas en todas las variedades, quedando las plantas marchitas en las parcelas.

Cuadro N.º 6 Comparación de medias para la interacción estrategias*variedades (Tukey 0,05)

Estrategias de control	Medias	Variedades de papa		
		Jatun Puka	Cardinal	Desiree
Testigo (2 Aplic.)	X	48,4	57,7	68,2
		A	-	-
		-	B	-
Agricultor	X	-	-	C
		Jatun Puka	Cardinal	Desiree
		12,1	12,4	12,8
Discos	X	A	A	A
		Desiree	Jatun Puka	Cardinal
		5,5	5,9	6,7
		A	A	A

7.1.4. Rendimiento total (tn/ha)

Según el (cuadro 8) de análisis de varianza para rendimiento, se tiene diferencias altamente significativas para las estrategias y variedades, y no así para los bloques e interacción en las que no hay diferencias significativas, con un coeficiente de variación 12,34%. Por lo tanto, las estrategias influyeron en su rendimiento final, es decir que la aplicación tanto de la estrategia de discos (rojo, amarillo y verde), la estrategia del agricultor y la estrategia testigo (2 Aplic.) tuvo diferencias en el control de tizón tardío. Este efecto fue consecuencia de que en la zona del experimento hubo condiciones climáticas favorables para que se desarrolle la enfermedad en forma severa.

Cuadro N.º 7 Análisis de Varianza para rendimiento total

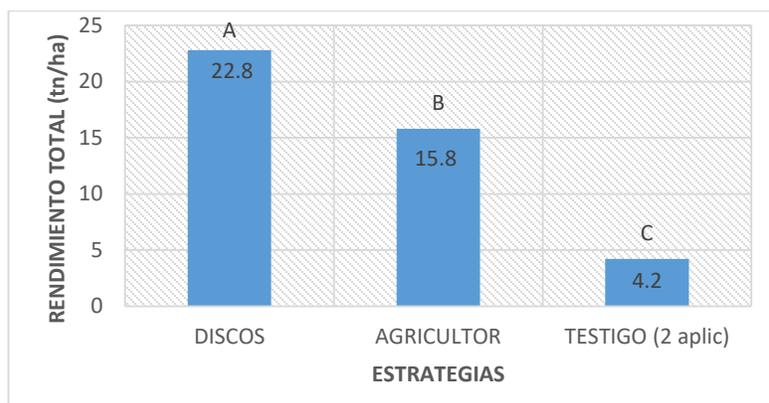
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.C.	F 05	F 01
Bloques	0,52	2	0,26	0,07 NS	6,94	18,00
E. de Control A	1980,93	2	990,46	279,00 **	6,94	18,00
Error A	14,19	4	3,55			
Var. Papa B	58,7	2	29,35	10,48 **	3,88	6,93
Interacción A*B	30,93	4	7,73	2,76 NS	3,26	5,41
Error B	33,58	12	2,8			
TOTAL	2118,85	26				

CV = 12,34%

Según el (gráfico 8) se muestra que las medias de rendimiento para las estrategias son estadísticamente diferentes, entre sí.

Según la comparación de medias Tukey al 5%, aplicadas a las estrategias en el control de tizón tardío son estadísticamente diferentes con diferencias altamente significativas, la estrategia de discos tuvo el mayor rendimiento con 22,8 tn/ha, siendo la estrategia con mayor rendimiento en relación a los otros, le sigue la estrategia del agricultor que obtuvo un rendimiento de 15,8 tn/ha y finalmente el testigo con 4,2 tn/ha, tubérculos pequeños y enfermos a raíz de la severidad del ataque del patógeno, con la estrategia de discos se obtuvo mayor rendimiento frente a las demás estrategias. Lo cual demuestra el efecto positivo de la aplicación de los discos para el control del tizón tardío.

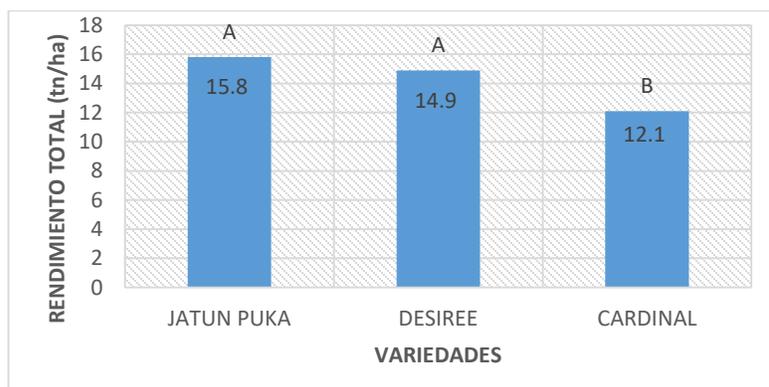
GRÁFICO N.º 8 Comparaciones de medias para las estrategias (Tukey 0,05)



En resumen, el (gráfico 9) muestra que los promedios de rendimiento para las variedades son estadísticamente diferentes, entre sí.

Según la comparación de medias Tukey al 5%, las tres variedades son estadísticamente diferentes con diferencias significativas, la variedad Jatun Puka tuvo el mayor promedio en rendimiento con 15,8 tn/ha en relación a las demás variedades, la variedad Desiree que obtuvo un rendimiento promedio de 14,9 tn/ha y finalmente la variedad Cardinal con 12,1 tn/ha.

GRÁFICO N.º 9 Comparaciones de medias para las variedades (Tukey 0,05)



Según el (cuadro 9) se muestra que los promedios de rendimiento total para la interacción estrategias*variedades son estadísticamente diferentes, entre sí.

Según la comparación de medias Tukey al 5%, aplicadas a la interacción en el control de tizón tardío son estadísticamente diferentes, la interacción de estrategias de discos (verde – Jatun Puka 25,6 tn/ha, rojo – Desiree 23,6 tn/ha y amarillo – Cardinal 19,5 tn/ha), siendo la estrategia con mayores rendimientos en relación a los otros, le sigue la estrategia del agricultor con la

variedad Jatun Puka 17,2 tn/ha, Desiree 17,1 tn/ha y Cardinal 13,0 tn/ha y finalmente la estrategia testigo (2 Aplic.) con 4,6 tn/ha la variedad Jatun Puka, 4,2 tn/ha la variedad Cardinal y 3,7 tn/ha la variedad Desiree, presentaron tubérculos pequeños y enfermos a raíz de la severidad del ataque del patógeno.

Cuadro N.º 8 Comparación de medias para la interacción estrategias*var. (Tukey 0,05)

Estrategias de control	Medias	Variedades de papa		
		Jatun Puka	Cardinal	Desiree
Testigo (2 Aplic.)	X	4,6	4,2	3,7
		A	A	A
		Jatun Puka	Desiree	Cardinal
Agricultor	X	17,2	17,1	13,0
		A	A	-
		-	B	B
		Jatun Puka	Desiree	Cardinal
Discos	X	25,6	23,6	19,5
		A	A	-
		-	B	B

7.1.5. Rendimiento tubérculo semilla (tn/ha)

Según el (cuadro 10) de análisis de varianza para rendimiento tubérculo semilla, se tiene diferencias altamente significativas para las estrategias, variedades y no hubo interacción, es decir todas las estrategias se comportan de manera similar en variedades diferentes, también para los bloques en las que no hay diferencias significativas, con un coeficiente de variación 17,07%. Esto quiere decir las estrategias aplicadas influyeron en su rendimiento semilla. (Anexo 11). Esto significa que el rendimiento se ve afectado por el patógeno, lo cual indica que existieron condiciones ambientales favorables para un ataque de la enfermedad.

Cuadro N.º 9 Análisis de Varianza para rendimiento tubérculo semilla

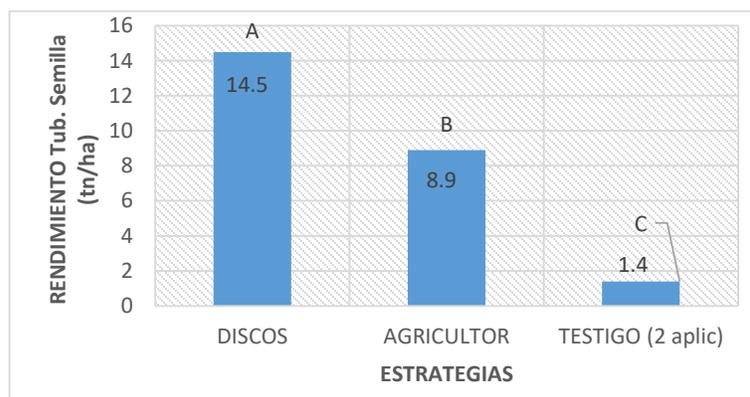
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.C.	F 05	F 01
Bloques	5,77	2	2,88	1,45 NS	6,94	18,00
E. de Control A	904,81	2	452,4	228,49 **	6,94	18,00
Error A	7,93	4	1,98			
Var. Papa B	36,83	2	18,42	10,07 **	3,88	6,93
Interacción A*B	23,68	4	5,92	3,24 NS	3,26	5,41
Error B	21,99	12	1,83			
TOTAL	1001,02	26				

CV = 17,07 %

En el (gráfico 10) se muestra las medias de rendimiento para las estrategias son estadísticamente diferentes, entre sí

Según la comparación de medias Tukey al 5%, aplicadas a las estrategias en el control de tizón tardío son estadísticamente diferentes con diferencias altamente significativas, la estrategia de discos tuvo un rendimiento de tubérculo semilla de 14,5 tn/ha, siendo la estrategia con mayor rendimiento frente a la estrategia del agricultor que tiene 8,9 tn/ha y el testigo con un 1,4 tn/ha.

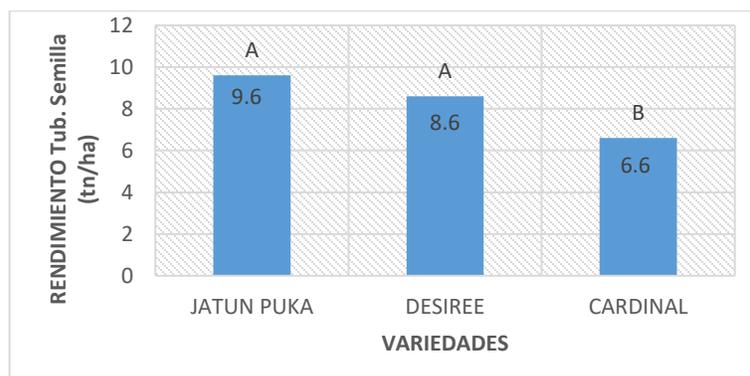
GRÁFICO N.º 10 Comparaciones de medias para las estrategias (Tukey 0,05)



En resumen, el (gráfico 11) muestra que los promedios de rendimiento para las variedades son estadísticamente diferentes, entre sí.

Según la comparación de medias Tukey al 5%, las tres variedades son estadísticamente diferentes significativas, la variedad Jatun Puka tuvo el mayor promedio en rendimiento de tubérculo semilla con 9,6 tn/ha, con respecto a la variedad Desiree que obtuvo un rendimiento de tubérculo semilla de 8,6 tn/ha y finalmente la variedad cardinal con 6,6 tn/ha.

GRÁFICO N.º 11 Comparaciones de medias para las variedades (Tukey 0,05)



En el (cuadro 11) se muestra que los promedios de rendimiento tubérculo semilla para las estrategias son estadísticamente diferentes, entre sí.

Según la comparación de medias Tukey al 5%, aplicadas a las estrategias en el control de tizón tardío, la estrategia del disco (verde) tuvo un rendimiento de tubérculo semilla de 16,8tn/ha, siendo la estrategia con mayor rendimiento frente a la estrategia del agricultor que tiene 10,33 tn/ha la variedad Desiree que la más alta de esa estrategia y el testigo con un rendimiento de 1,1tn/ha la variedad Desiree que es la más baja de todos, que presentan tubérculos no aptos para siembra posterior.

Cuadro N.º 10 Comparación de medias para la interacción estrategias*variedades (Tukey 0,05)

Estrategias de control	Medias	Variedades de papa		
		Jatun puka	Cardinal	Desiree
Testigo (2 Aplic.)	X	1,8	1,3	1,1
		A	A	A
		Desiree	Jatun puka	Cardinal
Agricultor	X	10,3	9,3	7,0
		A	A	-
		-	B	B
Discos	X	Jatun puka	Desiree	Cardinal
		16,8	15,1	11,6
		A	A	-
		-	B	B

7.1.6. Cantidad de tubérculos consumo (unidades/ha y tn/ha)

La cantidad de tubérculos consumo o comercial, con la aplicación de la estrategia de disco (rojo) fue 13142 unidades/ha, haciendo un total de 4,8 tn/ha, mientras tanto con la aplicación de la estrategia del agricultor fue de 7238 unidades/ha, un total de 2,8 tn/ha, (Anexo 11) para estrategia testigo la cantidad de tubérculo consumo fue nula,

La cantidad de tubérculos consumo o comercial, con la aplicación de la estrategia de disco (amarillo) fue 13523 unidades/ha, haciendo un total de 4,9 tn/ha, mientras tanto con la aplicación de la estrategia del agricultor fue de 6857 unidades/ha, un total de 2,2 tn/ha, (Anexo 11) para la estrategia testigo la cantidad de tubérculo consumo fue nula,

La cantidad de tubérculos consumo o comercial, con la aplicación de la estrategia de disco (verde) fue 17904 unidades/ha, haciendo un total de 5,9 tn/ha, mientras tanto con la aplicación de la estrategia del agricultor local fue de 9142 unidades/ha, un total de 3,5 tn/ha, (Anexo 11) para estrategia testigo la cantidad de tubérculo consumo fue nula, a causa de la enfermedad del tizón.

7.2. ANALISIS ECONÓMICO

En las tres variedades, el análisis de dominancia mostró que la estrategia de DISCOS dominó a los de la estrategia del agricultor, por ello se realizó el análisis marginal únicamente entre la estrategia TESTIGO y la estrategia de DISCOS. Esto indica que el uso de la tecnología de DISCOS fue más rentable que la estrategia utilizada por el agricultor, ratificando el beneficio económico que se obtiene al optar por esta nueva tecnología para el control del tizón tardío.

7.2.1. Análisis económico para la variedad Desiree.

El (Anexo 10), muestra que para la variedad Desiré, con la aplicación de la estrategia de DISCO (rojo) los costos totales que varían ascienden a 9821 Bs respectivamente, mientras, que con la aplicación de la estrategia del agricultor local fueron de 10851 Bs.

Como ya se indicó anteriormente la diferencia en los costos que varían entre las dos estrategias se debe principalmente al precio de fungicidas, ya que el agricultor no respeta la cantidad de dosis recomendada, y que con este DISCO se utilizaron productos de contacto y sistémicos respetando la dosificación en la etiqueta y de bajo precio en el mercado, mientras que el agricultor local en la mayor parte de aplicaciones utilizó productos sistémicos de precio alto.

En el (Cuadro 12), se observa que para la variedad Desiré con la aplicación del DISCO (rojo) se registraron benéficos brutos de 44900 Bs, y netos de 35079 Bs, respectivamente, mientras, que con la aplicación de la estrategia del agricultor local se obtuvo benéficos brutos de 34000 Bs, y netos de 23149 Bs.

El análisis marginal entre los tratamientos no dominados, muestra que al cambiar la aplicación del DISCO (rojo) de Desiré (Cuadro 12) dio una TRM de 1000,0%; esto significa que por cada boliviano invertido se lo recupera y se obtiene 10,0 Bs adicionales. Este resultado se debe a que con la aplicación de la estrategia de discos tuvo mayor rendimiento. Que la estrategia testigo que se vio afectado por el tizón.

Por la temporada en la que se realizó la cosecha para su comercialización la categoría comercial y tubérculo semilla, el quintal se vendió a 100 Bs. Esto se debe a que en esa temporada no hay mucha demanda para la comercialización, por ser una época lluviosa la mayoría de los agricultores siembran en extensiones y saturan los mercados de la ciudad de sucre.

Cuadro N.º 11 Tasa de Retorno Marginal para la variedad Desiree

Variedad	Estrategias	B.B. (Bs/ha)	Costos que Varían (Bs/ha)	Costos marginales Bs/ha	B.N. (Bs/ha)	B.N. marginales Bs/ha	Dominancia	TRM (%)
Desiree	Testigo	7400	6421		979		NO	1000
	Disco rojo	44900	9821	3400	35079	34100	NO	
	Agricultor	34000	10851		23149		SI	

10.2.2. Análisis económico para la variedad Cardinal

En el (Anexo 10) se observa que, para la variedad Cardinal, la aplicación de la estrategia del DISCO (amarillo) dio un costo total que varía de 9019 Bs respectivamente, mientras que, con la aplicación de la estrategia del agricultor local, el costo total que varían fue de 10360 Bs.

La diferencia en los costos que varían entre las dos estrategias se debe principalmente al costo de fungicidas, ya que con el DISCO (amarillo) se utilizaron solo productos sistémicos y de contacto a dosis recomendadas, los cuales son de menor precio en el mercado en comparación con lo que utilizó el agricultor, en su mayoría fueron productos sistémicos o

translaminares que son más caros y además aplicó en dosis altas, requiriendo mayor cantidad de productos.

En el (Cuadro 13) se observa que, con la aplicación del DISCO (amarillo) se registraron benéficos brutos de 38000 Bs y netos de 28981 Bs, respectivamente, mientras que con la aplicación de la estrategia del agricultor local se obtuvo benéficos brutos de 25800 Bs y netos de 15440 Bs, respectivamente. Esto se debe principalmente a que con el empleo de la estrategia de DISCOS los costos variables son menores frente a la práctica del agricultor lo que influye directamente en el ingreso neto.

El análisis marginal entre los tratamientos no dominados, muestra que al cambiar la aplicación del DISCO (amarillo) de la estrategia testigo, (Cuadro 13) dio una TRM de 1050,0 % esto significa que por cada boliviano invertido se lo recupera y se obtiene 10,5 Bs adicionales.

Cuadro N.º 12 Tasa de Retorno Marginal para la variedad Cardinal

Variedad	Estrategias	B.B. (Bs/ha)	Costos que Varían (Bs/ha)	Costos marginales Bs/ha	BN (Bs/ha)	BN marginales Bs/ha	Dominancia	TRM (%)
Cardinal	Testigo	8400	6434		1966		NO	1050
	Disco amarillo	38000	9019	2585	28981	27115	NO	
	Agricultor	25800	10360		15440		SI	

Este resultado se debe a que el rendimiento con la estrategia de discos fue mayor que el testigo, esto significa que la TRM obtenida estuvo influenciada por el rendimiento y por el precio de venta. Cabe indicar que la categoría comercial y las categorías papa semilla se comercializaron a un precio global de 100 Bs por cada quintal, en el mercado mayorista.

7.2.3. Análisis económico para la variedad Jatun Puka

En el (Anexo 10) se observa que la aplicación de la estrategia del DISCO (verde) asciende a un costo total variable de 8515 Bs respectivamente, mientras que, con la aplicación de la estrategia del agricultor local, el valor total de costos variables de 8728 Bs.

La diferencia en los costos que varían entre las dos estrategias se debe principalmente a que el agricultor utilizó en su mayor parte productos sistémicos y mayor precio, con dosificaciones

muy altas a lo recomendado, en comparación con el DISCO (verde) donde se utilizaron productos de contacto que son de bajo costo en el mercado.

En el (Cuadro 14), se observa que para la variedad Jatun Puka con la aplicación del DISCO (verde) se obtienen benéficos brutos de 48000 Bs y netos de 38485 Bs, respectivamente. En cambio, con la aplicación de la estrategia del agricultor local se obtuvo benéficos brutos de 34400 Bs y netos de 25672 Bs, para las dos estrategias. Esto se debe principalmente a los rendimientos obtenidos en cada uno de los tratamientos, ya que la variedad Jatun Puka presenta resistencia al tizón. Además, con la estrategia del DISCO (verde) los costos que varían son menores frente a la estrategia del agricultor, lo cual influye directamente en el beneficio neto.

El análisis marginal entre los tratamientos no dominados, muestra que al cambiar la aplicación del DISCO (verde) de la estrategia testigo (Cuadro 14) dio una TRM de 1820 % esto significa que por cada boliviano invertido se lo recupera y se obtiene 18,2 Bs adicionales. Tal resultado se debe principalmente a rendimientos muy óptimos con la estrategia de discos, por otro lado, la estrategia testigo se vio muy afectado por el tizón.

Cabe indicar que la época en la que se realizó la cosecha y comercialización de la producción, la papa se hallaba a precio bajo, llegando a comercializar el quintal de categoría comercial a 100 Bs, que presento buena aceptación del consumidor. Por otra parte, la categoría tubérculo semilla (primera, segunda, tercera y cuarta), se comercializo con un precio global de 100 Bs directamente al agricultor local, ya que no se realizó la certificación por parte de la institución, por tal motivo el precio fue global para las cuatro categorías.

Cuadro N.º 13 Tasa de Retorno Marginal para la variedad Jatun Puka

Variedad	Estrategias	BB (Bs/ha)	Costos que Varían (Bs/ha)	Costos marginales Bs/ha	BN (Bs/ha)	BN marginales Bs/ha	Dominancia	TRM (%)
Jatun Puka	Testigo	9200	6543		2657		NO	1820
	Disco verde	48000	8515	1972	38485	35828	NO	
	Agricultor	34400	8728		25672		SI	

8. DISCUSIONES.

- A partir de la investigación realizada, se acepta la hipótesis alternativa que con la aplicación de discos (SAD) se tiene un mejor control de tizón en las tres variedades de papa.
- En la presente investigación según los resultados obtenidos, la enfermedad incrementa en función al tiempo cuando las condiciones climáticas son favorables, por ende, el progreso de la enfermedad es más fulminante si no se aplica algún producto químico. Esto coincide con los resultados de PROINPA 2009.
- Los resultados obtenidos en la presente investigación guardan relación con lo que sostiene Inca (2015) Realizó una investigación titulada “Validación de la herramienta circular de toma de decisiones (SAD) para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans*), Provincia de Chimborazo. Ecuador” menciona: el control de tizón tardío con el uso de la herramienta (SAD) fue más competente que el del agricultor, lo que se confirmó con bajas tasas de severidad en cada una de las variedades y permitió rendimientos más altos que los obtenidos con la estrategia del agricultor en todas las variedades. Por lo tanto, la utilización de discos (SAD) permitió disminuir la afectación de la enfermedad en la parte foliar. El estudio económico demostró que los tratamientos con la herramienta (SAD) dominaron a los procedimientos del agricultor y en consecuencia la estrategia (SAD) fue más beneficiosa que la utilizada por el agricultor. Se finiquita que la utilización de los tres discos (SAD) favoreció un control más eficiente del tizón tardío frente a la pericia del agricultor local, en consecuencia, mejorías económicas y permite reducir la contaminación ambiental que genera el manejo de tizón tardío. Ello es acorde con lo que en esta investigación se halla.
- Según Pastaz (2015) Realizó una investigación titulada “Validación del sistema de herramienta circular de toma de decisiones para el control del Tizón tardío (*Phytophthora infestans*) Ecuador”, específica que la herramienta (SAD) resulta más amigable con el medio ambiente debido a su reducción importante en la aplicación de fungicidas de baja toxicidad, cada uno de los tratamientos manejados por el juicio del agricultor fueron aplicados con mezcla de productos químicos de toxicidad muy alta. Esto corrobora en el presente trabajo de investigación.

9. CONCLUSIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación técnica y económica, se tiene las siguientes conclusiones:

- En las tres variedades, la aplicación de fungicidas utilizando la herramienta de discos para la toma de decisiones propuestos para el control del tizón tardío fue más eficiente que la estrategia utilizada por el agricultor local, lo que se evidenció por un comportamiento constante de la enfermedad e hizo que los rendimientos y los beneficios no se alteren.
- Bajo las condiciones ambientales donde se desarrolló la investigación, la estrategia de los tres (discos) tuvieron mejor efecto en el control de la enfermedad en las tres variedades, habiendo presentado menor daño a la parte foliar y el mayor rendimiento de tubérculos frente a la estrategia del agricultor local. Mientras el testigo absoluto represento a aquellos agricultores que hacen un control negativo frente al tizón, ya que la enfermedad arrasa todo el cultivo, por ende, los beneficios son nulos.
- La utilización de estos sistemas de ayuda a la decisión para la aplicación de fungicidas para control de tizón tardío proporcionó mayores beneficios netos en comparación a la estrategia del agricultor, mientras que la práctica del agricultor presentó mayores costos variables, pero no logró superar los beneficios netos que se obtuvo con esta nueva tecnología.
- El Sistema de Apoyo a la Decisión (SAD), es una herramienta fácil de utilizar, práctico y eficiente para el control de tizón tardío, que puede ser manejada sin dificultades por los agricultores, con una adecuada capacitación.