

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA - PAUCARTAMBO



T E S I S

Uso de herramientas circulares en la toma de decisiones para el manejo del tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans* (Mont.) en variedades resistentes.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autor: Bach. Mack Arthur YAURI VASQUEZ

Asesor: Mg. Sc. Hickey CÓRDOVA HERRERA

Cerro de Pasco - Perú – 2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA - PAUCARTAMBO



TESIS

Uso de herramientas circulares en la toma de decisiones para el manejo del tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans* (Mont.) en variedades resistentes.

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dra. Edith Luz.ZEVALLOS ARIAS
PRESIDENTE

Ing. Gina Elsi Asunción CASTRO BERMUDEZ
MIEMBRO

Mg. Moisés TONGO PIZARRO
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis padres Raúl A. YAURI ARIAS y
Marisol VASQUEZ ATAHUAMAN, por
su esfuerzo apoyo y esmero
incondicional en todos los momentos de
mi vida.

A mi colaborador Rolando ARIAS
VALERIO, por su incondicional apoyo
en las labores realizadas durante el
desarrollo de la investigación.

RECONOCIMIENTO

Deseamos expresar nuestros más profundos reconocimientos a:

- A los respetables jurados de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión; a la Dra. Edith Luz ZEVALLOS ARIAS, Ing. Gina Elsi A. CASTRO BERMUDEZ y al Mg. Moisés TONGO PIZARRO.

- 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 en sus ambientes durante nuestros estudios.

- Mis sinceros agradecimientos al Centro Internacional de la Papa, institución que me brindó la oportunidad de ejecutar el presente trabajo de investigación.

- Al Ing. M. Sc. Willmer PÉREZ BARRERA y al Ph.D. Greg FORBES, que fueron promotores y copatrocinadores del trabajo de investigación, a quienes estoy muy agradecido por la orientación y aporte especial en la conducción y conclusión de la presente investigación.

- Al personal del CIP, quienes colaboraron con gran entusiasmo durante el desarrollo y conclusión del trabajo de investigación.

- A todas las personas que me apoyaron de una u otra manera en el desarrollo del trabajo.

RESUMEN

El presente trabajo se efectuó con la finalidad de comparar las frecuencias, la severidad, rendimiento e impacto ambiental, usando la estrategia de las herramientas circulares (discos de apoyo), para el control del tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, bajo condiciones climáticas del distrito de Paucartambo – Pasco en las localidades de Cacara (2889 m.s.n.m., 41° 23´ 75.97” de latitud sur y 88° 09´ 028.52” de longitud occidental) y Aco (2702 m.s.n.m, 41° 68´ 91.00” de latitud sur y 88° 09´ 848.00” de longitud occidental). El experimento se desarrolló con dos variedades una que ya era difundida en el Perú Serranita (INIA 309 – Serranita) y la otra recién liberada por el (CIP), (INIA 325 – Poderosa) agrupadas en un grado de resistencia genética: (ambas son resistentes), el cual estuvo manejado por el tesista. Se usó el diseño experimental DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar). En el experimento se contó con tres tratamientos en cada una de las variedades estudiadas y estos fueron: tratamiento (T1), Evaluación de disco cada 11 días; (T2), Evaluación de discos cada 15 días; (T3), Evaluación de discos cada 19 días.

El inicio de aplicaciones y evaluaciones se realizó a partir de los 42 dds (días después de la siembra), las evaluaciones de severidad se realizaron cada 7 días, haciendo un total de 14 evaluaciones en el anexo de Aco y 13 evaluaciones en el anexo de Cacara. Se demostró que el tratamiento (T1), evaluación de discos cada 11 días causa mayor impacto ambiental, debido a que realiza mayores aplicaciones al cultivo. En cuanto a los rendimientos se demostró que no existe diferencia estadística entre las estrategias utilizadas (uso de los discos de apoyo).

Palabras clave: Herramientas circulares, tizón tardío de la papa.

ABSTRACT

This work was carried out with the purpose of comparing frequencies, severity, performance and environmental impact, using the strategy of circular tools (support discs), for the control of late blight *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, under climatic conditions of the district of Paucartambo - Pasco in the towns of Cacara (2889 masl, 41° 23' 75.97 "south latitude and 88° 09' 028.52" western longitude) and Aco (2702 masl, 41° 68' 91.00 "south latitude and 88° 09' 848.00 "of western length). The experiment was carried out with two varieties, one that was already disseminated in Peru Serranita (INIA 309 - Serranita) and the other newly released by the (CIP), (INIA 325 - Powerful) grouped into a degree of genetic resistance: (both are resistant), which was handled by the tesista. DBCA experimental design (Completely Randomized Block Design) was used. In the experiment there were three treatments in each of the varieties studied and these were: treatment (T1), Evaluation of disc every 11 days; (T2), Evaluation of disks every 15 days; (T3), Evaluation of disks every 19 days.

The start of applications and evaluations was carried out after 42 days (days after planting), severity evaluations were carried out every 7 days, making a total of 14 evaluations in the Annex of Aco and 13 evaluations in the Annex of Cacara It was shown that the treatment (T1), evaluation of disks every 11 days causes greater environmental impact, because it makes greater applications to the crop. Regarding yields, it was shown that there is no statistical difference between the strategies used (use of the support discs).

Keywords: Circular tools, late potato blight

INTRODUCCIÓN

Acuña y Gutiérrez (2004), mencionan que el tizón tardío causado por el hongo oomiceto *Phytophthora infestans*, es una de las enfermedades más devastadoras de la papa a nivel mundial presente en casi todas las áreas productoras de papa del mundo, siendo muy destructiva cuando el cultivo crece en ambientes fríos y húmedos. Bajo estas condiciones, el patógeno afecta el follaje y tallos, reduciendo la capacidad fotosintética del cultivo y consecuentemente la calidad y producción de tubérculos.

Acuña y Gutiérrez (2004), describen que el tizón tardío es un factor limitante en los cultivos de papa de muchos países y fue responsable de la hambruna ocurrida en Irlanda en los años 1840, con la muerte de millones de personas y la emigración masiva de otras tantas, principales a EE.UU. El patógeno se encuentra íntimamente asociado a su hospedero, la papa, y aparentemente se ha deseminado a través del mundo mediante tubérculos semilla de papa infectados. Después de aparecer en Norteamérica y Europa, durante los años 1840, la enfermedad se dispersó al resto del mundo durante las siguientes décadas, presentando una distribución mundial a comienzos del siglo XX.

Acuña y Gutiérrez (2004), indican que después de 150 años de la gran hambruna de Irlanda, el Tizón tardío se ha constituido nuevamente en un problema a nivel mundial; la enfermedad alcanzo un grado de epifitía en Norteamérica y Europa debido al desarrollo de resistencia de fungicidas y a la diseminación de nuevos genotipos del hongo en todo el mundo. Este cambio en condiciones del patógeno coincidió con la aparición del grupo de apareamiento A2 del hongo en estas regiones, lo cual posibilito la reproducción sexual con el

grupo de apareamiento A1, ya existente en estas áreas, y la formación de esporas sexuales (oosporas) que favorecen la sobrevivencia invernal del hongo. La mayor agresividad del agente causal de esta enfermedad ha provocado el uso indiscriminado de fungicidas en los cultivos de papa en muchas áreas del mundo, particularmente en aquellas donde el cultivo no puede desarrollarse sin protección química.

Se estima que las pérdidas por Tizón tardío pueden llegar a un 10% a 15% de la producción mundial de papa, con un costo anual de 3 billones de dólares por concepto de pérdidas comerciales y costos de aplicación de fungicida.

Acuña y Gutiérrez (2004), sostienen que, a nivel mundial, la experiencia de los agricultores en los últimos años señala que las epidemias de Tizón tardío tienden a presentarse más temprano en la temporada de cultivo y de forma más predecible. Los estudios realizados han determinado que estas nuevas poblaciones del hongo son más agresivas, sus esporas germinan más rápido y requieren un corto periodo crítico de humedad sobre las hojas.

Arias (2012), menciona que, en el distrito de Paucartambo, provincia de Pasco, el tizón tardío es el principal factor limitante para la producción del cultivo de papa debido al intenso monocultivo y a las condiciones climatológicas que favorecen su desarrollo. Actualmente se siembran alrededor de 4000 ha, preferentemente del cultivar "Canchan INIA " cuya producción está destinada principalmente al abastecimiento del mercado mayorista de la ciudad de Lima (Fuente: Plan de Desarrollo Concertado 2003 – 2007, Municipalidad Distrital de Paucartambo). El control de la enfermedad está basado en el uso de fungicidas de contacto, principalmente de ditiocarbamatos (mancozeb y propineb). El uso

de este tipo de fungicidas se debe generalmente al bajo costo, en comparación a los fungicidas traslaminares y sistémicos. En trabajos realizados en la localidad de Paucartambo – Pasco, haciendo uso del fungicida de contacto clorotalonil se determinó que las variedades Yungay y Canchan deben ser controladas a frecuencias entre 5 a 8 días, mientras que la variedad UNICA necesita frecuencia de aplicación por encima de los 9 días.

Arias (2017), propuso comparar las frecuencias, la severidad, rendimiento e impacto ambiental, usando la estrategia de las herramientas circulares (discos de apoyo) y usando la estrategia del agricultor, para el control del tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, bajo condiciones climáticas del distrito de Paucartambo – Pasco (2480 m.s.n.m., 10° 45' 45.8" de latitud sur y 75° 43' 57.02" de longitud occidental). El experimento se desarrolló con tres de las variedades más difundidas de papa en el Perú, agrupadas en dos grados de resistencia genética: Canchan, Yungay (susceptible) y UNICA (moderadamente resistente). Se usó el diseño experimental DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar). Llegando a las siguientes conclusiones: Las herramientas circulares son fáciles de utilizar, prácticos y eficientes para el control de la ranca, que puede ser manejada sin dificultad por los agricultores, con una adecuada capacitación. Asimismo, en todas las variedades en estudio con el uso de las herramientas circulares, se logró reducir considerablemente el Impacto Ambiental que se logra con el uso de plaguicidas en relación a lo que hace un agricultor. Finalmente, todos los tratamientos manejados bajo el criterio del agricultor fueron los que presentaron mayores valores de Impacto ambiental negativo.

Actualmente en los Andes peruanos no se cuenta con Sistemas de Apoyo para la Toma de Decisiones (DSS) para el control del tizón tardío de la papa, por lo que se desarrollaron herramientas circulares basados en los siguientes criterios: variedad de papa sembrada en el campo, condiciones ambientales propias de cada lugar, días después de la última aplicación de fungicida. Estos criterios descritos tienen valores numéricos asignados en forma predeterminada, los cuales se suman y de acuerdo al resultado se toma la decisión indicada: Aplicar un fungicida de contacto, aplicar un fungicida sistémico o no aplicar ningún fungicida. Las evaluaciones se hacen semanalmente de acuerdo al nivel de resistencia de variedad de papa utilizada. El uso de la herramienta circular permite reducir el número de aplicaciones de fungicidas, la contaminación del medio ambiente, preservar la salud del agricultor – consumidor y reducir los gastos de producción.

ÍNDICE

Pág.

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

LISTA DE TABLAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación	3
1.2.1. Delimitación geográfica.....	3
1.2.2. Delimitación temporal.....	3
1.3. Formulación del problema	3
1.3.1. Problema general.....	3
1.3.2. Problemas específicos	3
1.4. Formulación de objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Justificación de la investigación	4
1.6. Limitaciones de la investigación	5

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio.	6
2.2. Bases teóricas – científicas.	16
2.2.1. El cultivo de papa.....	16
2.2.2. Clasificación taxonómica.....	18
2.2.3. Morfología y botánica.....	18
2.2.4. Características de la variedad en estudio	22

2.2.5.	Agente Causal Del Tizón Tardío	24
2.2.5.1.	Características del tizón tardío.....	26
2.2.5.2.	Ciclo de vida asexual de P. infestans (Mont.) de Bary.....	28
2.2.5.3.	Ciclo de vida sexual de P. infestans (Mont.) de Bary.....	28
2.2.5.4.	Síntomas del tizón tardío.	29
2.2.6.	Manejo Integrado del tizón Tardío.	31
2.2.7.	Control químico del tizón tardío.	32
2.2.8.	Resistencia al Tizón Tardío.....	34
2.2.8.1.	Resistencia genética.....	34
2.2.8.2.	Resistencia vertical	34
2.2.8.3.	Resistencia horizontal	36
2.2.9.	Resistencia a fungicidas	38
2.2.10.	Conocimiento y Prácticas del Agricultor con Relación al Uso de Fungicidas en el Control Del Tizón Tardío en los Andes	39
2.2.11.	Herramientas Circulares o Sistemas de Soporte de Decisiones (DSS)	41
2.2.12.	Sistemas de Apoyo a Decisiones.....	42
2.2.12.1.	Sistemas de soporte a la toma de decisiones (DSS)	42
2.2.12.2.	Sistemas de apoyo para la aplicación de fungicidas en el control de tizón tardío	44
2.2.13.	Impacto Ambiental de Pesticidas	54
2.2.14.	Impacto Ambiental (IA).....	55
2.2.14.1.	Coeficiente de Impacto Ambiental (CIA)	55
2.3.	Definición de términos básicos.....	57
2.4.	Formulación de hipótesis.....	59
2.4.1.	Hipótesis general	59
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	59
2.5.	Identificación de variables	60
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	61

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	62
3.2.	Métodos de investigación	62
3.3.	Diseño de la investigación.....	63

3.3.1. Diseño experimental	63
3.3.2. Modelo matemático.....	63
3.4. Población y muestra	63
3.4.1. Características del campo experimental	64
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	65
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	66
3.6.1. Cálculo del Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC).	66
3.6.2. Cálculo del Área bajo la curva de progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC).....	67
3.7. Tratamiento estadístico	68
3.8. Orientación ética.....	69

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo	70
a) Ubicación del campo experimental.....	70
b) Fecha de siembra.....	70
c) Antecedentes del campo experimental.....	71
d) Características del campo experimental.....	71
e) Características de las unidades experimentales	71
f) Características de la zona en estudio.....	72
4.1.1. Fecha de inicio y culminación del proyecto.....	72
a) Material vegetal	72
b) Preparación del terreno	73
c) Control de malezas y aporque.....	73
d) Siembra y Fertilización	73
e) Aplicación de fungicidas	73
f) Control fitosanitario.....	74
g) Evaluación de emergencia de plantas.....	74
h) Cosecha y selección.....	74
4.1.2. Datos registrados.....	74
a) Severidad de daño foliar.....	74
b) Rendimiento de tubérculos.....	75
4.1.3. Descripción de las herramientas circulares (discos)	75

4.1.4.	Diseños de las herramientas circulares	75
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	79
4.2.1.	Variables Atmosféricas	79
4.2.2.	Inicio y Frecuencia de Aplicación	80
4.2.2.1.	Parcela experimental.	80
4.2.3.	Severidad.....	82
4.2.3.1.	Parcela experimental de la localidad de Aco	83
4.2.3.2.	Parcela experimental de la localidad de Cacara	84
4.2.4.	AUDPC relativo (rAUDPC).....	86
4.2.4.1.	Parcela experimental de la localidad de Aco	86
4.2.4.2.	Parcela experimental de la localidad de Cacara	91
4.2.5.	Rendimiento.....	96
4.2.6.	Impacto Ambiental (IE).....	106
4.2.7.	Relación Severidad – Impacto Ambiental – Rendimiento	110
4.3.	Discusión de Resultados	113
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

LISTA DE TABLAS

		Pág.
TABLA 1.	Ingredientes Activos y Coeficiente de Impacto Ambiental de Fungicidas Sistémicos, Translaminados y de Contacto utilizados en el Control de la Mancha.....	79
TABLA 2.	Definición Operacional de Variables e Indicadores.....	83
TABLA 3.	Tratamientos en estudio.....	91
TABLA 4.	Variables atmosféricas en la papa experimental durante la campaña agrícola 2018 – 2019 (Aco).....	103
TABLA 5.	Variables atmosféricas en la papa experimental durante la campaña agrícola 2018 – 2019 (Cacara)...	103
TABLA 6.	Numero de aplicaciones de fungicidas en la variedad (INIA 325 – Poderosa) y (INIA 309 – Serranita) de la localidad de Cacara.....	104
TABLA 7.	Numero de aplicaciones de fungicidas en la variedad (INIA 325 – Poderosa) y (INIA 309 – Serranita) de la localidad de Aco	105
TABLA 8.	Análisis de varianza en la variedad poderosa, con los tratamientos: 11, 15 y 19 días con el apoyo de los discos circulares. Variable dependiente rAUDPC de la localidad de Aco.....	111
TABLA 9.	Prueba Duncan para rAUDPC de la localidad de Aco	111
TABLA 10.	Análisis de varianza en la variedad serranita, con los tratamientos: 11, 15 y 19 días con el apoyo de los discos circulares. Variable dependiente rAUDPC de la localidad de Aco	113
TABLA 11.	Prueba Duncan para rAUDPC de la localidad de Aco	113
TABLA 12.	Análisis de varianza en la variedad poderosa, con los tratamientos: 11, 15 y 19 días con el apoyo de los discos circulares. Variables dependientes PCEsha de la localidad de Cacara.....	116
TABLA 13.	Prueba Duncan papa rAUDPC de la localidad de Cacara	116

TABLA 14.	Análisis de varianza en la variedad serranita, con los tratamientos: 11, 15 y 19 días con el apoyo de los discos circulares. Variable dependiente rAUDPC de la localidad de Cacara.....	118
TABLA 15.	Prueba Duncan para rAUDPC de la localidad de Cacara.....	118
TABLA 16.	Análisis de varianza en la variedad poderosa, con los tratamientos. 11, 15 y 19 días con el apoyo de los discos circulares. Variable dependiente PCEsha de localidad de Aco.....	121
TABLA 17.	Prueba Duncan para rAUDPC de la localidad de Aco	121
TABLA 18.	Análisis de varianza en la variedad serranita, con los tratamientos: 11, 15 y 19 días con el apoyo de los discos circulares. Variable dependiente PCEsha de la localidad de Aco	123
TABLA 19.	Prueba Duncan para PCEsha de la localidad de Aco.	123
TABLA 20.	Análisis de varianza en la variedad poderosa, con los tratamientos. 11, 15 y 19 días con el apoyo de los discos circulares. Variable dependientes PCEsha de la localidad de Cacara.....	125
TABLA 21.	Prueba Duncan para rAUDPC de la localidad de Cacara.....	125
TABLA 22.	Análisis de varianza en la variedad Serranita, con los tratamientos: 11, 15 y 19 días con el apoyo de los discos circulares. Variable dependiente PCEsha de la localidad de Cacara.....	127
TABLA 23.	Prueba Duncan para PCEsha de la localidad de Cacara.....	128
TABLA 24.	Impacto ambiental total alcanzado en cada tratamiento y por cada variedad en la parcela experimental de Aco	129
TABLA 25.	Impacto ambiental total alcanzado en cada tratamiento y por cada variedad en la parcela experimental de Cacara.....	131
TABLA 26.	Relación; Severidad, Impacto ambiental y Rendimiento. Parcela experimental.....	134

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
GRÁFICO 1 Curva del progreso del tizón tardío en la variedad Poderosa (Aco).....	106
GRÁFICO 2 Curva del progreso del tizón tardío en la variedad Serranita (Aco).....	107
GRÁFICO 3 Curva del progreso del tizón tardío en la variedad Poderosa (Cacara).....	108
GRÁFICO 4 Curva del progreso del tizón tardío en la variedad Serranita (Cacara).....	109
GRÁFICO 5 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC) en la variedad Poderosa de la localidad de Aco.....	110
GRÁFICO 6 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC) en la variedad Serranita de la localidad de Aco.....	112
GRÁFICO 7 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC) en la variedad Poderosa de la localidad de Cacara.....	115
GRÁFICO 8 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC) en la variedad Serranita de la localidad de Cacara.....	117
GRÁFICO 9 Peso comercial estimado por hectárea (PCEsha) en la variedad Poderosa (Aco).....	120

GRÁFICO 10	Peso comercial estimado por hectárea (PCEsha) en la variedad Serranita (Aco).....	122
GRÁFICO 11	Peso comercial estimado por hectárea (PCEsha) en la variedad Poderosa (Cacara).....	124
GRAFICO 12	Peso comercial estimado por hectárea (PCEsha) en la variedad Serranita (Cacara)	126
GRÁFICO 13	Impacto ambiental (IA), alcanzado en la variedad Poderosa (INIA 325 – Poderosa), en la parcela experimental de Aco.....	130
GRÁFICO 14	Impacto ambiental (IA), alcanzado en la variedad Serranita, en la parcela experimental de Aco.....	130
GRÁFICO 15	Impacto ambiental (IA), alcanzado en la variedad Poderosa (INIA 325 – Poderosa), en la parcela experimental de Cacara.....	132
GRÁFICO 16	Impacto ambiental (IA), alcanzado en la variedad Serranita, en la parcela experimental de Cacara.....	132

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Morfología de la planta de papa.....	42
FIGURA 2. Ciclo de vida de <i>Phytophthora infestans</i> (Mont) de Bary....	52
FIGURA 3. Esquema de manejo integrado del tizón tardío de la papa.	54
FIGURA 4. Distribución de las parcelas de las variedades Poderosa y Serranita.....	87
FIGURA 5. Distribución de la parcela Básica para cada unidad experimental.....	94
FIGURA 6. Herramienta circular para uso en variedades de papa resistentes de evaluación cada 11 días, cuyo valor en la escala de resistencia se encuentra: 0, 1 y 2.	99
FIGURA 7. Herramienta circular para uso en variedades de papa resistentes de evaluación cada 15 días, cuyo valor en la escala de resistencia se encuentra: 0, 1 y 2.	100
FIGURA 8. Herramienta circular para uso en variedades de papa resistentes de evaluación cada 19 días, cuyo valor en la escala de resistencia se encuentra entre: 0, 1 y 2.	101
FIGURA 9. Instrumentos de recolección de Datos.....	146
FIGURA 10. Segunda evaluación en la variedad INIA 325 – Poderosa y INIA 309 – Serranita en el Anexo de Cacara	147
FIGURA 11. Segunda evaluación en la variedad INIA 325 – Poderosa y INIA 309 – Serranita en el Anexo de Aco.....	147

FIGURA 12. Tercera evaluación en la variedad INIA 325 – Poderosa y INIA 309 – Serranita en el Anexo de Cacara.....	148
FIGURA 13. Tercera evaluación en la variedad INIA 325 – Poderosa y INIA 309 – Serranita en el Anexo de Aco	148
FIGURA 14. Cuarta evaluación en la variedad INIA 325 – Poderosa y INIA 309 – Serranita en el Anexo de Cacara	149
FIGURA 15. Cuarta evaluación en la variedad INIA 325 – Poderosa y INIA 309 – Serranita en el Anexo de Aco	149
FIGURA 16. Quinta evaluación en la variedad INIA 325 – Poderosa y INIA 309 – Serranita en el Anexo de Cacara	150
FIGURA 17. Quinta evaluación en la variedad INIA 325 – Poderosa y INIA 309 – Serranita en el Anexo de Aco	150
FIGURA 18. Sexta evaluación en la variedad INIA 325 – Poderosa y INIA 309 – Serranita en el Anexo de Cacara	151
FIGURA 19. Sexta evaluación en la variedad INIA 325 – Poderosa y INIA 309 – Serranita en el Anexo de Aco	151
FIGURA 20. Cosecha de la variedad INIA 325 – Poderosa en el Anexo de Cacara	152
FIGURA 21. Cosecha de la variedad INIA 309 – Serranita en el Anexo de Cacara	153
FIGURA 22. Cosecha de la variedad INIA 325 – Poderosa en el Anexo de Aco	154

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En el Perú el cultivo de papa ocupa el segundo lugar en importancia en el producto bruto interno agrícola (PBI) después del cultivo de arroz, con un rendimiento promedio nacional de 14.1 t/ha. Asimismo, se ha establecido como la base de la alimentación de la zona andina y es producido por 600 mil pequeñas unidades agrarias.

En Pasco se cuenta con una superficie sembrada de 9 388 hectáreas aproximadamente y cuyo rendimiento promedio es de 11.8 t/ha, encontrándose por debajo del rendimiento nacional, además se tiene una participación del 3 % en el PBI agrícola; destacándose la provincia de Pasco con el 78.5 % del área de siembra, seguidos de Daniel Carrión con un 21.1 % y Oxapampa con tan solo un 0.4 %.

El tizón tardío o ranca (*Phytophthora infestans*) es el principal problema que enfrentan los agricultores que cultivan papa en los Andes;

el distrito de Paucartambo no es ajeno al problema ya que la *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, también se encuentra presente en el cultivo de papa debido a las condiciones climatológicas que favorecen su desarrollo.

El control químico del tizón tardío en el distrito de Paucartambo está basado en el uso de fungicidas de contacto, principalmente por el bajo costo, en comparación a los fungicidas traslaminares y sistémicos; por lo que el mal uso y manejo de los fungicidas se evidencia en el distrito, lo cual genera una alta probabilidad para el desarrollo de resistencia a fungicidas en las poblaciones del patógeno, asimismo ello produce un incremento en la mano de obra y por ende sus costos de producción.

Finalmente podemos mencionar que los agricultores desconocen aspectos sobre diagnosis, diferencias entre ingredientes activos y medidas de protección al aplicar los fungicidas, así como de la existencia de los sistemas de apoyo a la toma de decisiones (SAD) para el control del Tizón tardío en papa, la misma que relaciona tres elementos importantes en el desarrollo de la *Phytophthora*: la resistencia genética del cultivar, el factor climático y el intervalo de aplicación de fungicidas.

En relación a la problemática, referente al uso de fungicidas y al desconocimiento los Sistemas de Apoyo a las Decisiones como una estrategia de control del tizón tardío de la papa en nuestro distrito, la presente investigación busca determinar la eficiencia del uso de herramientas circulares en la toma de decisiones para el manejo del tizón tardío en variedades resistentes de papa, mediante el diseño de bloques completos al azar en condiciones agroecológicas de las localidades de

Cacara y Aco en el distrito de Paucartambo, el mismo que se desarrolló entre los meses de noviembre del 2018 a abril del 2019.

1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Delimitación geográfica

El presente experimento se desarrolló en las localidades de Aco y Cacara, ubicado en el distrito de Paucartambo, provincia y región de Pasco.

1.2.2. Delimitación temporal

El desarrollo de la presente investigación estuvo comprendido entre los meses de noviembre del 2018 a abril del 2019.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la eficiencia de las herramientas circulares en la toma de decisión para el control del tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont?) en variedades resistentes?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cómo es el rendimiento de la papa con el uso de herramientas circulares en el control del tizón tardío?

¿Cuál es el grado de severidad de los fungicidas con el uso de herramientas circulares en el control del tizón tardío?

1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia del uso de herramientas circulares en la toma de decisiones para el manejo del tizón tardío en variedades resistentes de papa.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Estimar la severidad causada por efecto de las dos estrategias para la aplicación de fungicidas.
- ✓ Evaluar el rendimiento alcanzado por efecto del uso de las dos estrategias para la aplicación de fungicidas.
- ✓ Valorar la aceptación de las herramientas circulares.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Desde el punto de vista social el presente trabajo se justifica debido a que el distrito de Paucartambo es una de las principales zonas productoras de papa en nuestra región de Pasco. Además de que existe un mal manejo de los fungicidas y que trae como consecuencia la intoxicación de los aplicadores quienes a largo plazo pueden adquirir enfermedades cancerígenas por la sobreexposición a ciertos plaguicidas usados.

La justificación desde el punto de vista tecnológico es que las herramientas circulares como sistemas de apoyo a las decisiones para el control del tizón tardío de la papa busca guiar al agricultor en la decisión de cuando aplicar y que tipo de fungicida (sistémico o de contacto), haciendo un control más eficiente y favoreciendo a la optimización de recursos.

Mientras que la justificación desde el punto de vista científico es la implementación y/o generación de mapas de riesgo del tizón tardío para el distrito de Paucartambo, la cuantificación del impacto económico y ambiental a través de informaciones meteorológicas y aspectos genéticos

de las variedades en estudio; puesto que el cultivo de papa en nuestro Perú tiene importancia económica, social y cultural.

Finalmente, con la divulgación de los resultados obtenidos, los productores podrán establecer estrategias de control químico basadas en principios de manejo, integradas al uso de variedades resistentes y a la utilización de un Sistema de Apoyo a la Decisión (SAD); para conseguir un control integrado, sostenible, práctico y más eficiente de la enfermedad las cuales puedan ser difundidos mediante los programas de extensión hacia los agricultores de nuestro distrito.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Una de las principales limitaciones que se tuvo durante la conducción de la presente investigación, fue la falta de personal para realizar las diferentes labores agrícolas del cultivo de papa, otra de las limitaciones fue el mal drenaje que tenían los campos experimentales.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.

Arias (2017), efectuó un trabajo de investigación con la finalidad de comparar las frecuencias, la severidad, rendimiento e impacto ambiental, usando la estrategia de las herramientas circulares (discos de apoyo) y usando la estrategia del agricultor, para el control del tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, bajo condiciones climáticas del distrito de Paucartambo – Pasco (2480 m.s.n.m., 10° 45´ 45.8” de latitud sur y 75° 43´ 57.02” de longitud occidental). El experimento se desarrolló con tres de las variedades más difundidas de papa en el Perú, agrupadas en dos grados de resistencia genética: Canchan, Yungay (susceptible) y UNICA (moderadamente resistente). Se usó el diseño experimental DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar). Llegando a las siguientes conclusiones: Las herramientas circulares son fáciles de utilizar, prácticos y eficientes para el control de la ranca, que puede ser

manejada sin dificultad por los agricultores, con una adecuada capacitación. Asimismo, en todas las variedades en estudio con el uso de las herramientas circulares, se logró reducir considerablemente el Impacto Ambiental que se logra con el uso de plaguicidas en relación a lo que hace un agricultor. Finalmente, todos los tratamientos manejados bajo el criterio del agricultor fueron los que presentaron mayores valores de Impacto ambiental negativo.

Yépez (2016), señala que comparan la efectividad de dos estrategias de control químico basadas en principios de manejo e integradas al uso de variedades resistentes y a la utilización de un Sistema de Apoyo a la Decisión (SAD) para el manejo del Tizón tardío (*Phytophthora infestans*). Se utilizó las Variedades INIAP- Libertad y Superchola. Los factores en estudio fueron: Severidad de Tizón tardío, rendimiento, tasa de impacto ambiental y análisis financiero. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los resultados mostraron que los tratamientos con menor severidad fueron del agricultor y el que utilizó la rotación más el SAD para las dos variedades; el tratamiento de mayor rendimiento fue el del agricultor con un promedio de 53 kg/p para var. INIAP-Libertad y 94 kg/p para la var. Superchola. Los tratamientos con rotación de fungicidas redujeron el impacto ambiental más del 90%.

Panduro y Arias (2017), indican que durante la campaña 2011/12 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.

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; 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). Teniendo como resultados que 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 utilizados 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. Del mismo modo el mayor rendimiento obtenido fue con la aplicación de Ridomil + Bravo con 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.

Acuña (2008), menciona que una estrategia de manejo químico para tizón tardío debe considerar los siguientes factores: condiciones locales históricas de presencia de tizón tardío en la zona, 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 *P. infestans*, la susceptibilidad del cultivar y el manejo agronómico. Asimismo, 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. Por otro lado, 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.

Acuña, *et al.*, (2018), señalan que los sistemas de alerta temprana son una excelente alternativa como sistema de soporte de decisiones (DSS) para el manejo integrado de plagas, permitiendo un uso más eficiente de fungicidas. Estos sistemas utilizan información diferente y grado de complejidad, de acuerdo con los tomadores de decisiones. Algunos de ellos no requieren tecnología como DSS de mano (HH-DSS) desarrollado por el Centro Internacional de la Papa (CIP) para ser utilizado por los pequeños interesados en los Andes, se basa en la observación de los agricultores del clima y el manejo de los cultivos, lo que demuestra rendimiento que Simcast. Además, hay sistemas ligeramente sofisticados, pero fáciles de usar por los agricultores, por ejemplo, el DSS del tizón tardío en Chile, disponible desde 2007, utiliza datos meteorológicos para hacer la advertencia, la información se entrega a los agricultores a través de una página web, SMS y correo electrónico.

Una encuesta muestra que el 42% de los agricultores aplicaron fungicidas en base a la información del DSS, utilizando un 50% menos de rociado en comparación con una aplicación de programación. En Argentina, un estudio de impacto sobre el uso de DSS muestra un ahorro monetario de 33% y 26% reducción de rociado de fungicidas, en la producción de papa usando DSS. Los sistemas de advertencia son herramientas útiles para desarrollar manejo integrado de plagas, pero lo más importante y fundamental es considerar qué y cómo la información se entrega a los usuarios finales, debe ser simple y fácil de entender.

Small, *et al.* (2015), realizaron la evaluación del sistema de soporte de decisiones BlightPro para la gestión del tizón tardío de la papa utilizando simulación por computadora y validación de campo; donde se evaluaron tres programas de fungicidas: i) aplicaciones basadas en calendario (semanales), ii) aplicaciones de acuerdo con el DSS, iii) ningún fungicida. Los experimentos de simulación utilizaron 14 años de datos climáticos de 59 ubicaciones en estados productores de papa. En situaciones con clima desfavorable para el tizón tardío, el DSS recomendó menos aplicaciones de fungicidas sin pérdida de la supresión de la enfermedad; y, en situaciones de clima muy favorable para el tizón tardío, el DSS recomendó más aplicaciones de fungicidas, pero con una mejor supresión de la enfermedad; la evaluación de campo se realizó en 2010, 2011, 2012 y 2013, todos los experimentos involucraron al menos dos cultivares con diferentes niveles de resistencia.

Small, *et al.* (2015), mencionan que los tratamientos con fungicidas programados semanalmente y guiados por DSS tuvieron éxito en la

protección contra el tizón tardío en todos los experimentos de campo; los horarios guiados por el DSS fueron influenciados por el clima prevaleciente (observado y pronosticado) y la resistencia del huésped y resultaron en horarios que mantuvieron o mejoraron la supresión de la enfermedad y la eficiencia promedio del uso de fungicidas en relación con las aplicaciones basadas en el calendario. El DSS proporciona un sistema interactivo que ayuda a los usuarios a maximizar la eficiencia de su estrategia de protección de cultivos al permitir decisiones bien informadas.

Lucca, *et al.* (2010), sostienen que el INTA Balcarce (Argentina) dirige sus esfuerzos en la identificación de nuevos aislamientos de *P. infestans* en papa y tomate, asimismo y como parte de un manejo integrado del tizón tardío, ha desarrollado un sistema de apoyo a la toma de decisiones basado en unidades de Tizón (UT), generadas por el modelo SIMCAST (Fry *et al.*, 1983) para el sudeste bonaerense. Para ello se realizó una caracterización fenotípica de 10 aislamientos de *P. infestans* provenientes de las principales zonas productoras del país, colectados sobre distintas variedades de papa, basada en la determinación de factores de virulencia (Barquero *et al.*, 2005); se determinó la frecuencia de ocurrencia de cada factor de virulencia y del número de factores de virulencia por raza del patógeno; también se evaluaron tres umbrales de riesgo de enfermedad (30, 35 y 40 unidades de tizón respectivamente), a fin de establecer el más adecuado para el control del tizón en el sudeste bonaerense. El diseño del ensayo fue en bloques completos al azar con

4 repeticiones y 5 tratamientos (Control sistemático, SIMCAST 30, SIMCAST 35, SIMCAST 40 y un testigo sin umbral tratamiento químico).

Lucca, *et al.* (2010), sostienen que al respecto de la implementación de DSS, se evidenció que el sistema SIMCAST redujo el número de aplicaciones químicas respecto del Control calendario. Los umbrales de riesgo de 35 y 40 fueron los más eficientes en la reducción del número de aplicaciones de fungicidas, manteniendo un control eficiente del tizón, adaptándose cualquiera de ellos a un sistema de manejo que incluya a la variedad Pampeana INTA. Las parcelas manejadas de acuerdo con DSS, presentaron el mismo rendimiento comercial y semilla que el Control calendario. Este sistema de alarma se complementa con estrategias de manejo que seleccionen el fungicida en función de la presión de enfermedad y del crecimiento vegetal, a fin de controlar más eficientemente la enfermedad, reduciendo costos y efectos secundarios ambientales.

Giraldo, *et al.* (2010), mencionan que realizaron la zonificación de las regiones de producción de papa asociadas con los riesgos del tizón tardío causado por el *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, en los departamentos de Cajamarca, Huánuco y La Libertad en el Perú. Se utilizó el modelo agroclimático GEOSIMCAST para generar mapas de riesgo con el número de aplicaciones necesarias de fungicidas para controlar la enfermedad en un cultivar susceptible, planteando escenarios actuales basados en superficies climáticas a nivel diario generadas en el interpolador ANUSPLIN, con una resolución espacial de 1 km, para las

campañas agrícolas 2002 al 2006 y considerando un escenario climático según la variación del modelo CCCMA (SRESA2_2040-2069).

Se comprobó que las zonas en estudio presentaron condiciones meteorológicas adecuadas para el desarrollo de la enfermedad durante el ciclo vegetativo del cultivo, el mismo que se incrementa ante eventos climáticos extremos o la presencia de fenómenos como El Niño. Se estima que en la actualidad el gasto en fungicidas para controlar la enfermedad en la zona de estudio asciende a US\$ 40.7 millones. Se espera que por efecto del cambio climático, el gasto en fungicidas se incremente a US\$ 50.4 millones, donde la mayoría de agricultores son de subsistencia. No hay duda de que un ambiente más húmedo y caliente planteará nuevos retos para los productores de papa en el Perú, en cuanto al control de la enfermedad.

Skelsey, *et al.* (2009), mencionan que existen oportunidades para mejorar los sistemas de apoyo a la decisión mediante el uso de información de dispersión obtenida de la investigación epidemiológica. Sin embargo, la información demográfica y de dispersión a menudo es fragmentaria en la patología de las plantas, y esta incertidumbre crea un riesgo de acción inapropiada siempre que dicha información se use como base para la toma de decisiones.

Skelsey, *et al.* (2009), indican que un modelo de tizón tardío espacio temporal de papa se combinó con submodelos para el crecimiento del cultivo, la producción de materia seca de tubérculos y la eficacia de los fungicidas. Se calculó la respuesta de rendimiento de una variedad de escenarios de manejo a una sola entrada de inóculo primario

(la carga de esporas inicial). Las curvas de daño de una gama de combinaciones de susceptibilidad varietal y tratamientos fungicidas se utilizaron para clasificar los diversos escenarios de manejo como sensibles a la carga inicial de esporas o tolerantes a la carga inicial de esporas, identificando así dónde un alto grado se requeriría precisión en la información de dispersión para la toma de decisiones adecuada, y donde se podría tolerar un mayor grado de incertidumbre. Los cultivares susceptibles respondieron con pérdidas de rendimiento considerables incluso a niveles bajos de carga inicial de esporas, independientemente del régimen de manejo de fungicidas utilizado. Estos resultados indicaron que, para cultivares susceptibles (cultivares tardíos en particular), el grado de precisión que se requeriría en la información de dispersión para la toma de decisiones adecuada es poco probable que sea prácticamente alcanzable. Los resultados también indicaron que, al contrario de la "sabiduría popular", las cargas de esporas de unos pocos cientos de esporas por metro cuadrado no conducen a una pérdida apreciable de cultivos en cultivares resistentes y, por lo tanto, son aceptables.

Batista, *et al.* (2006), mencionan que el tizón temprano y tardío son las enfermedades foliares más importantes de los cultivos de tomate y papa en Brasil. Los sistemas de soporte de decisiones (DSS) son herramientas importantes para reducir la gran cantidad de fungicidas aplicados para suprimir la intensidad de la enfermedad. Los sistemas desarrollados para el tizón temprano o tardío se validaron en dos temporadas de cultivo en condiciones brasileñas. Para el tizón tardío de la papa, se compararon los sistemas BLITECAST, SIMCAST, NegFry y

Wallin en el verano (diciembre-marzo) y en el otoño (marzo-junio). A pesar de que no se desarrolla el tizón tardío en el verano, todos los sistemas recomiendan aerosoles de fungicidas. En otoño-invierno, el tizón tardío fue severo, pero se redujo con la aplicación de fungicidas de acuerdo con todos los DSS, pero la cantidad de aerosoles fue similar al calendario. Los valores de AUDPC en las parcelas de control (1193.5) fueron más altos que BLITECAST (19.5), SIMCAST (97.7), NegFry (193.1), Wallin (69.7) y calendario (63.5), pero no hubo diferencias entre los valores de AUDPC en las parcelas tratadas de acuerdo con DSS. Los sistemas NegFry y Wallin recomendaron cinco y el calendario seis pulverizaciones.

Todos los DSS fueron tan efectivos como el tratamiento del calendario para reducir el AUDPC. FAST y Wallin fueron los sistemas más efectivos para pronosticar el tizón temprano del tomate y el tizón tardío de la papa, respectivamente. Los sistemas de apoyo a la decisión son herramientas potencialmente útiles para el manejo integrado de ambas enfermedades en Brasil.

Grünwald, *et al.* (2002), mencionan que la reducción del impacto del tizón tardío mediante el uso de cultivares resistentes en combinación con un sistema de predicción de fungicidas podría reducir el número de aplicaciones costosas de fungicidas. Asimismo, la adaptación del SimCast para cultivares con mayores niveles de resistencia, y las validaciones de campo realizadas en 1999 y 2000 muestran que SimCast resultó en un buen control de la enfermedad en cultivares que van desde susceptibles a altamente resistentes; se redujo el número de aplicaciones

de fungicidas pronosticadas para cultivares con niveles de resistencia moderados a altos. La precipitación fue la variable ambiental responsable de la mayoría de los pronósticos realizados. Además, se demuestra que un sistema predictivo puede ser portátil desde el clima templado hasta un clima tropical de tierras altas. Un sistema de soporte de decisiones fácil de usar que consta de solo un pluviómetro y el uso exclusivo de las unidades de fungicidas de SimCast podría ser una herramienta valiosa y asequible en el manejo del tizón tardío de la papa en los trópicos de las tierras altas.

2.2. Bases teóricas – científicas.

2.2.1. El cultivo de papa

Engel (1964), indica que 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.

Hawkes (1990), menciona 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.

Chávez (1995), refiere que el origen y evolución de la especie cultivada ha sido estudiado desde la expedición científica

de Juzecpzuk y Bukasov en América Central y Sudamérica entre 1925 y 1932, mostrando al mundo la inmensa variabilidad genética existente entre Perú y Bolivia.

Clausen (2003), indica que 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.

Egúsquiza (1987), describe que 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.

Ríos et, al. (2007), indican que la primera evidencia 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.

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.

2.2.2. Clasificación taxonómica.

Huamán (1986), teniendo en consideración las características florales de la papa reporta la siguiente clasificación:

- Reino : Vegetal
- Tipo : Espermatofitas o fanerógamas
- Sub tipo : Angiosperma
- Clase : Dicotiledóneas
- Sub clase : Simpétalos
- Orden : Solanales
- Familia : Solanaceae
- Género : *Solanum*
- Sub género : Leptostemonum
- Sección : Tuberanum (petota)
- Sub sección : Hyperbasarthum
- Serie : Tuberosa
- Especie : *Solanum tuberosum* L.

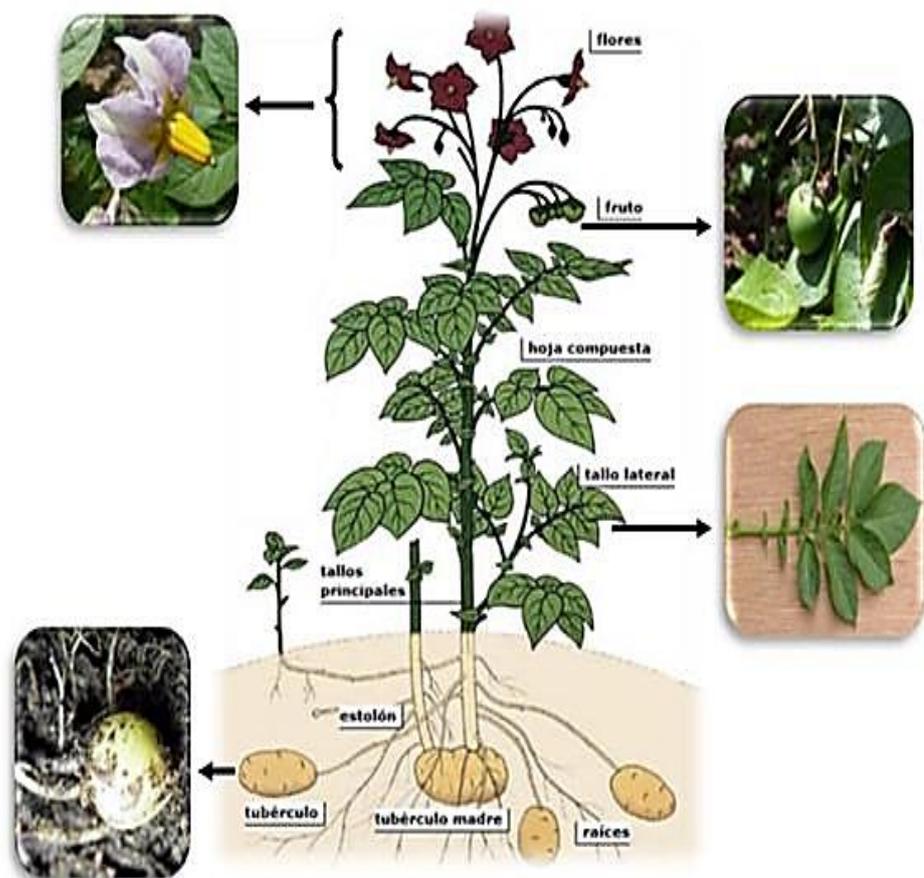
2.2.3. Morfología y botánica.

Ross (1986), Hawkes (1990) citados por Alor (2015), mencionan que 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. 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.

Alor (2015), menciona que 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



Fuente:(Huamán, 1986).

Orillo y Bonierbale (2009), indican que 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 meristemos, cuya finalidad está relacionada con la eliminación de algunos de los principales patógenos del cultivo. Por otra parte, la reproducción sexual permite que el material genético de dos individuos se recombine 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.

Malagamba (1997), refiere que la papa es una planta dicotiledónea herbácea anual, presenta un sistema aéreo y un sistema subterráneo. El primero está conformado por el tallo, hojas, flores y frutos, el segundo por raíces, estolones y tubérculos. El tallo es anguloso y grueso con una altura que varía entre 0,5 y 1 m, las hojas son imparipinadas, con nueve o más foliolos, cuyo tamaño es tanto mayor cuanto más alejado se encuentran del nudo de inserción. Arce (2002), menciona que las flores son pentámeras y los colores son diversos variando desde el blanco a morado, su número varía y depende de la variedad.

El fruto es una baya redondeada de color verde que se vuelve amarilla al madurar, su tamaño suele variar entre uno a tres centímetros de diámetro.

Ministerio de Agricultura (2006), indica que el tubérculo es un tallo subterráneo modificado, acortado, engrosado y carnoso, provisto de yemas latentes u ojos. Varían mucho en forma y tamaño, mayormente son redondos, acilindrados y alargados. También pueden ser ovalados, achatados, fusiformes, algo enroscados, es decir, adoptan diversas formas irregulares. El color de la piel del tubérculo es muy variable, va desde el blanco al amarillo, de violeta a rojo oscuro y morado, púrpura o negro. Muchos tienen áreas jaspeadas o vetas de colores, que depende de la variedad de la papa.

Huamán (1980), sostiene que la papa *Solanum tuberosum* L., es una planta anual, herbácea, de altura variable entre 50 a 80 centímetros. Los tallos aéreos son de color verde, marrón rojizo o morado con ramificaciones. Los estolones son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo y que pueden formar tubérculos o crecer verticalmente desarrollando follaje normal, lo anterior ocurre en el caso que los estolones no hayan sido cubiertos de tierra por completo.

Egúsquiza (2000), menciona que la planta de papa es de naturaleza herbácea y consta de las siguientes partes principales: El brote, el tallo, la raíz, las hojas, la flor, el fruto y la semilla, el estolón y el tubérculo.

2.2.4. Características de la variedad en estudio

- INIA 325 – Poderosa

W. Pérez (2018), refiere que el cultivar de la papa INIA 325 – PODEROSA es una variedad resistente al tizón tardío de la papa y se constituye en un claro ejemplo y producto de la alianza estratégica público – privado, en la cual instituciones con intereses comunes se unen para solucionar un problema. En la sierra norte del Perú, sólo en las regiones de La Libertad, Cajamarca y Ancash se siembran anualmente más de 60,000 ha de papa y su principal limitante es el tizón tardío, que incluso puede causar la pérdida total del cultivo. El año 2011, la Asociación Pataz, el Centro Internacional de la Papa (CIP), Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), la Municipalidad distrital de Chugay y productores de la zona, unieron sus esfuerzos y empezaron a realizar experimentos participativos para evaluar 13 clones pertenecientes a la población de mejoramiento B1C5 del CIP. Esta población se caracteriza por su alta resistencia al tizón tardío, altos rendimientos y buena calidad culinaria. En diciembre del 2014, este trabajo coordinado dio su fruto al liberarse la variedad “INIA 325-Poderosa” (CIP 399049.22) para beneplácito de los agricultores de la región norte del Perú. Actualmente, como parte de esta alianza público-privado se están realizando otros trabajos de selección participativa para obtener variedades de papa con resistencia al tizón tardío, al calor y a las heladas.

MINAGRI Y INIA (2014), mencionan que la papa INIA - 325 PODEROSA se desarrolla bien en la sierra norte del Perú desde 2500 hasta 4000 msnm. Con un periodo vegetativo de 120 a 150 días y un rendimiento de hasta 40 t/ha.

- **INIA 309 – Serranita**

Landeot et, al. (1990), indican que la papa INIA 309 – Serranita; nueva variedad de papa con aptitud de fritura y consumo fresco. Esta nueva variedad que poseen las características con bajo contenido de azúcares reductores, alto contenido de materia seca y color adecuado.

El clon 391691.96, proviene del programa de mejoramiento para resistencia al tizón tardío del Centro Internacional de la Papa.

INIA (2005), menciona que la variedad de papa INIA 309 – SERRANITA, es el resultado de una minuciosa investigación, seguida de muchas evaluaciones a nivel de campo de productores y estaciones experimentales, promovida tanto por el sector público como por el sector privado. Como resultado de estos ensayos, se observó que la nueva variedad posee una adaptación desde 2400 a 3800 msnm. Y con un rendimiento de 30 a 40 t/ha.

INIA (2005), refiere que la variedad INIA 309- Serranita es resistente a la racha. En zonas muy lluviosas y condiciones de alta humedad y donde la presión del hongo es alta, esta variedad requiere solo de cuatro a cinco aplicaciones de

fungicidas de acción preventiva, mientras que las variedades INIA 303 – Canchan, Yungay y Tomasa Tito Condemayta requieren de ocho a dieciséis aplicaciones de fungicida. En condiciones menos severas esta variedad solo requiere una aplicación de fungicida de contacto como de acción preventiva.

2.2.5. Agente Causal Del Tizón Tardío

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.

Pérez y Forbes (2008), sostienen que en 1845 causó en Irlanda la destrucción total de los campos de papa, que eran la principal fuente alimenticia de ese país, produciendo la muerte de miles de personas y la migración de muchos sobrevivientes a otros lugares de Europa y Norte América. Desde esa fecha a la actualidad se han realizado numerosos estudios sobre la etiología, epidemiología y control de la enfermedad.

Pérez y Forbes (2007), mencionan que el desarrollo de la enfermedad es particularmente devastador 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 y Forbes (2008), indican que en la actualidad, una clasificación basada en el análisis molecular del ARN ribosómico y en datos ultra estructurales de la pared celular incluye al género *Phytophthora* dentro del reino Cromista (Stramenopila), y está relacionado filogenéticamente con las diatomeas y algas pardas. Este patógeno, miembro de la clase Oomycete, difiere de los hongos verdaderos principalmente en tres aspectos: 1) Su pared celular está compuesta de β -glucanos, 2) A diferencia de los hongos que tienen quitina, no sintetizan esteroides, pero los obtienen de su medio ambiente, y 3) su ciclo de vida incluye una fase zoospórica.

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

- REINO : Chromista (grupo Stramenophyle)
- PHYLUM : Oomycota
- CLASE : Oomycete
- SUBCLASE : Peronosporomycetidae
- ORDEN : Pythiales
- FAMILIA : Pythiaceae
- GÉNERO : Phytophthora
- ESPECIE : Phytophthorainfestans (Mont.) de Bary.

2.2.5.1. Características del tizón tardío.

Fry et al., (1983), refieren que desde que se reportó el tipo de apareamiento A2 en el Oeste de Europa en 1984, se esperaba un dramático desarrollo de nuevas poblaciones del patógeno, lo que condujo a los patólogos a realizar análisis locales de las poblaciones, dado que el tipo A1 era el único tipo de apareamiento reportado fuera de México, considerado como el centro de origen de *P. infestans*.

Smarth (2002), menciona que el tipo de apareamiento A2 tiene una gran tendencia a la autofertilización (96 %), mientras que A1 es escasa (6 %).

Bonierbale et al. (2010), indican que la diversidad genética generada por la reproducción sexual puede conducir a genotipos más agresivos.

Pérez (2000), menciona que la migración de poblaciones del patógeno, caracterizadas por ser más agresivas y resistentes a fungicidas sistémicos, está causando pérdidas económicas significativas en la producción de papa, sobre todo cuando se utilizan variedades susceptibles a la enfermedad. Estudios realizados en el CIP indican que aproximadamente 2 750 millones de dólares se pierden en países en desarrollo como consecuencia de esta enfermedad. Se

estima, además que se invierten alrededor de 740 millones de dólares en tratar de controlarla químicamente. De acuerdo a algunos análisis realizados, cada 20% de incremento en la severidad del tizón tardío reduce la producción entre 1 t/ha (en Perú) a 4 t/ha (en Ecuador). Este estimado es conservador con relación a otros datos reportados para el Perú y Bolivia, en los que se mencionan pérdidas de 6 t/ha y 6.5 t/ha, respectivamente.

Pérez y Forbes (2008), refieren que en la actualidad se han realizado numerosos estudios sobre la etiología, epidemiología y control de la enfermedad, los cuales se han incrementado aún más desde el hallazgo del tipo A2 en Europa en 1984, y el desarrollo de técnicas bioquímicas y moleculares que permitieron mejorar los estudios de la genética de poblaciones del patógeno. Estos estudios permitieron conocer los peligros para la producción de papa que ocurrían después de los procesos de variación genética del patógeno, principalmente debido a la aparición de variantes con mayor resistencia a los fungicidas sistémicos, mayor virulencia y mayor aptitud parasítica, así como a la presencia de oosporas como fruto de la reproducción sexual del patógeno en nuevas zonas agrícolas.

2.2.5.2. Ciclo de vida asexual de *P. infestans* (Mont.) de Bary.

Pérez y Forbes (2008), señalan que una vez dentro de la planta, el micelio se desarrolla intercelularmente formando haustorios dentro de las células. Ocasionalmente se forman haustorios en forma extracelular.

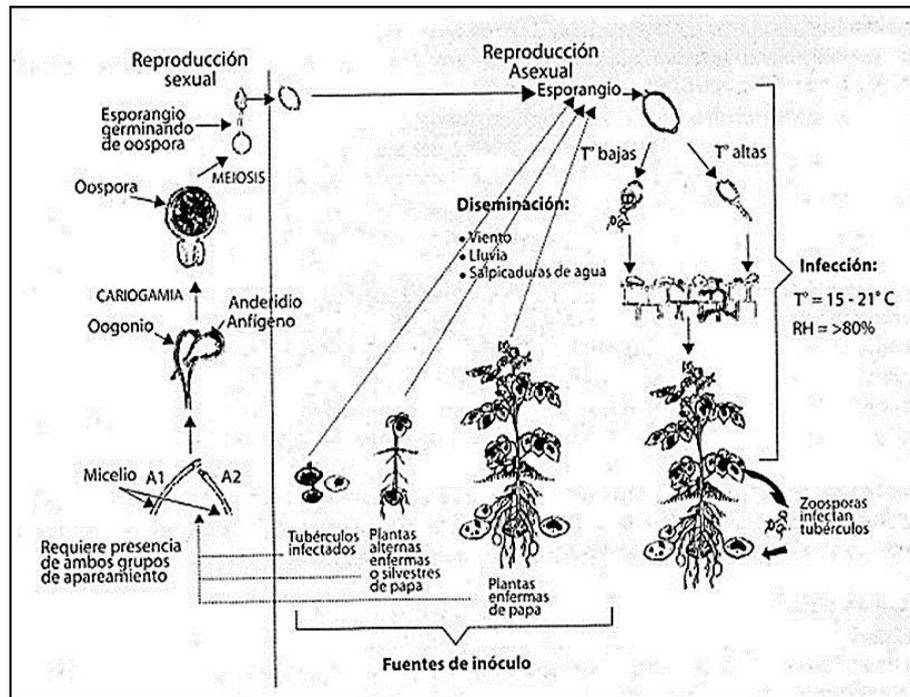
Cuando la temperatura es mayor a 15° C, los esporangios pueden germinar directamente, formando un tubo germinativo que penetra la epidermis de la hoja e infecta al hospedante.

2.2.5.3. Ciclo de vida sexual de *P. infestans* (Mont.) de Bary.

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.

Figura 2. Ciclo de vida de *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary.



Fuente: Forbes y Pérez, 2008.

2.2.5.4. Síntomas del tizón tardío.

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

a) Síntomas en las 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. Estos síntomas se presentan inicialmente en los bordes y

puntas de las hojas. 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).

b) Síntomas en los tallos y peciolo

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. Cuando la enfermedad alcanza todo el diámetro del tallo, éstas se quiebran fácilmente al paso de las personas, equipos agrícolas o de vientos fuertes. En condiciones de alta humedad también hay esporulación sobre estas lesiones, pero no muy profusa como se presenta en las hojas.

c) Síntomas en los tubérculos

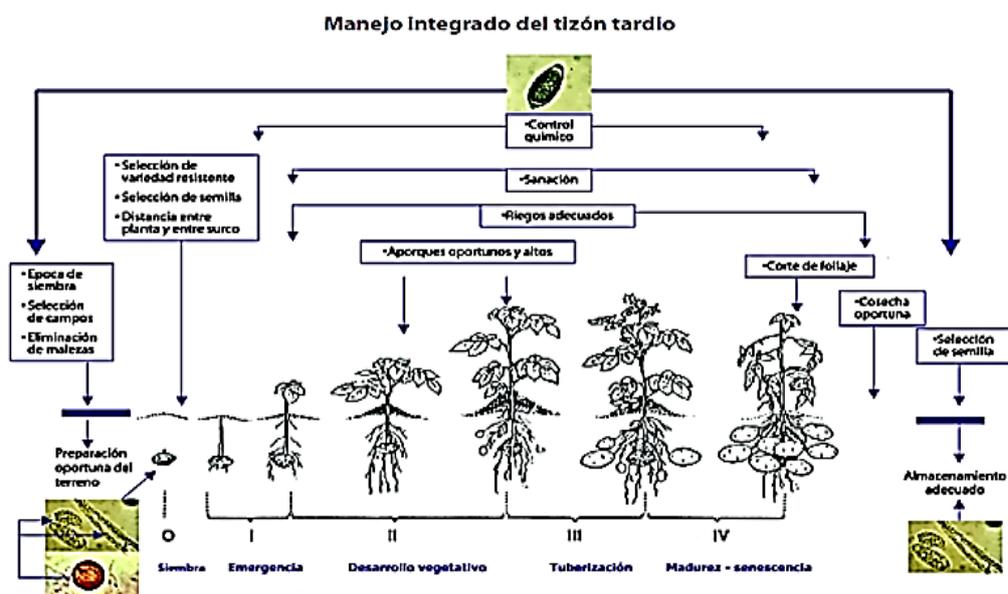
Los tubérculos afectados presentan áreas irregulares, ligeramente hundidas. La piel toma una coloración marrón rojiza. Al corte transversal se pueden observar unas prolongaciones delgadas que van desde la superficie externa hacia la médula a manera de clavijas. En estados avanzados se nota una pudrición de apariencia granular de color castaño oscuro a parduzco, 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.

2.2.6. Manejo Integrado del tizón Tardío.

Pérez y Forbes (2008), señalan que el manejo integrado es el empleo de diferentes métodos de control de las enfermedades (fig. 3). 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.

Figura 3. Esquema de manejo integrado del tizón tardío de la papa.



Fuente: Forbes y Pérez, 2008.

2.2.7. Control químico del tizón tardío.

Pérez y Forbes (2008), mencionan 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. Los productos usados para controlar el tizón tardío son clasificados como de contacto, sistémicos y translaminares.

a) De contacto

Según Pérez y Forbes (2008), mencionan que 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 (Tabla 1). Sólo protegen las zonas donde se deposita el fungicida, las hojas producidas después de la aspersion del producto no estarán protegidas contra el patógeno.

b) Sistémicos

Pérez y Forbes, (2008), indican que 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. Conciertos productos, su uso continuo ha generado la aparición de cepas resistentes a estos fungicidas. Según Pumisacho y Sherwood, (2002). Pueden eliminar el patógeno, pero el tejido infectado muere.

c) Translaminares

Pérez y Forbes (2008), señalan que 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.

2.2.8. Resistencia al Tizón Tardío

2.2.8.1. Resistencia genética

Perez y Forbes (2008), indican que es la resistencia que la misma planta ejerce frente al patógeno para reducir o evitar el desarrollo del tizón tardío. Una variedad será resistente si la enfermedad no desarrolla o es muy lenta, mientras que una variedad será susceptible (menos resistente) si la enfermedad desarrolla muy rápido matando a la planta en poco tiempo. Hay dos tipos de resistencia vertical y horizontal.

2.2.8.2. Resistencia vertical

Greenberg, (2004), refiere que se caracteriza por desencadenar una respuesta de hipersensibilidad (la planta tiene la habilidad de reconocer la invasión del patógeno y dar una respuesta eficiente de defensa, la rápida localización de muerte celular en el sitio de la infección. 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 mayores o genes R con un efecto mayor que interactúan

con los genes de avirulencia (Avr) del patógeno. Bonierbale et al., (2010), señala que la mayoría de los genes mayores conocidos a la fecha provienen principalmente de *S. demissum*. Esta resistencia es específica para razas (diferentes formas del patógeno capaces de infectar solo determinadas variedades de papa), su herencia es de tipo cualitativo y en el pasado no han tenido mucha duración. En este tipo de resistencia, la planta es totalmente resistente a una o unas cuantas razas del patógeno, pero es susceptible a todas las demás razas del mismo patógeno.

Flor (1971), menciona que por cada gen en la planta que determina la resistencia existe un gen complementario específico en el patógeno que determina la no-patogenicidad sobre aquél (hipótesis de la relación gen-a-gen). El concepto de gen por gen significa que hay un gen en el patógeno que es reconocido por un gen de la planta. Forbes, Pérez y Andrade Piedra, (2014), señalan que la planta porta genes de resistencia dominantes (R) y genes de susceptibilidad (r), mientras que el patógeno porta genes de avirulencia dominantes (Avr) y genes de virulencia (avr). Muchas variedades liberadas como resistentes al tizón tardío rápidamente llegaron a ser susceptibles cuando las poblaciones del patógeno

estaban involucradas, claros ejemplos de esta situación son el cultivar victoria en Uganda (conocido como Asante en Kenia) y el cultivar canchan en el Perú.

2.2.8.3. Resistencia horizontal

Vleeshouwers et al, (2000), mencionan que cuando la planta no desencadena una respuesta de hipersensibilidad, la enfermedad progresa y el grado de infección depende del nivel o calidad de resistencia cuantitativa presente en la planta. Bonierbale et al, (2010), señala que la resistencia conferida por genes menores ha sido descrita con nombres contrastantes como resistencia horizontal, resistencia general, resistencia no específica de raza, resistencia estable, resistencia parcial, resistencia de campo, resistencia reductora del grado de infección, resistencia poligénica o de genes múltiples; y resistencia gobernada por QTLs (loci que controlan este tipo de carácter se denominan loci de caracteres cuantitativos). Landeo y Gastelo (1998), indican que la resistencia cuantitativa está gobernada por varios o muchos genes, llamados genes menores, con pequeño efecto acumulativo y una continua distribución de fenotipos resistentes; no impiden la enfermedad, sino hacen que la eficiencia de infección sea más baja, la colonización del tejido más lenta y la tasa de esporulación menor; se presenta en

cualquier estadio de la planta. Al estar involucrados muchos genes, a diferencia de los genes R donde sólo uno puede conferir resistencia, la probabilidad de que el patógeno mute y venza a todos los genes involucrados es baja, por lo que se dice que esta resistencia es más duradera. Una de las desventajas de la resistencia cuantitativa es que es fuertemente influenciada por condiciones ambientales. Varios factores de la planta, así como ambientales, edáficos, nutricionales y climáticos afectan los componentes de la resistencia horizontal. Wulff et al, (2007), señalan que por ejemplo, la naturaleza de la superficie de la hoja, el hábito de crecimiento, la edad de la planta y la densidad del follaje, afectan la facilidad con la que el patógeno alcanza su objetivo y la humedad que retienen los tejidos (factor determinante para el éxito de la infección).

Manrique Carrillo et al, (2000), mencionan que los programas de mejoramiento han hecho énfasis en el uso de este tipo de resistencia, ya que es altamente improbable que *P. infestans* puede adaptarse rápidamente para enfrentarla y vencerla. Esto hace que nuevos cultivares resistentes perduren mucho más tiempo, antes de que el patógeno logre vencer la resistencia, comparado con aquellos cultivares con resistencia vertical. Sin embargo, debido a que esta

resistencia es de herencia poligénica, es mucho más difícil trabajar por el fitomejorador, más aun considerando un sistema poliploide como es el cultivo de la papa. A pesar de un mayor entendimiento en los últimos años sobre la genética cuantitativa, progresos muy limitados se han realizado en el mejoramiento vegetal debido a las dificultades de manipular múltiples loci simultáneamente.

2.2.9. Resistencia a fungicidas

Egusquiza y Apaza (2001), indican que en el Perú los agricultores de las zonas de producción de papa en los que la incidencia de *P. infestans* es muy alta reconocieron muy pronto que las aplicaciones con metalaxil no aseguraban buen control (Pérez et al, 1999). Se caracterizaron 287 aislamientos de *P. infestans* procedentes del centro y sur del Perú encontrando que los aislamientos estudiados pertenecen a tres linajes dentro de los que todos los aislamientos pertenecientes a dos linajes fueron resistentes al metalaxil.

Pérez y Forbes (2008), mencionan que 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.

Pérez y Forbes, (2008), sostienen que 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 *P. infestans* que desarrolló resistencia rápidamente a fungicidas de la clase fenilamidas (metalaxyl, mefenoxam, furalaxyl, oxadixyl, benalaxyl y ofurace), pero no a dimetomorf, iprovalicarb, fluazinam, cimoxanil, azoxistrobina y fenamidone (fungicidas Qol), 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.

2.2.10. Conocimiento y Prácticas del Agricultor con Relación al Uso de Fungicidas en el Control Del Tizón Tardío en los Andes

Guamán et al, (1999); Ortiz et al, (1999), señalan que el tizón tardío es el principal problema que enfrentan los agricultores

que cultivan papa en los Andes. En los estudios de caso en Bolivia y Perú, pocos agricultores conocen que la causa del tizón es un microorganismo, la mayoría cree que aparece espontáneamente cuando hay mucha humedad. Pocos saben reconocer los síntomas del tizón apropiadamente y la mayoría considera como tal a cualquier mancha oscura que aparece en las hojas. Desconocer estos aspectos de la biología de la enfermedad no les permite a los agricultores entender la importancia de usar fungicidas en forma preventiva o cuando su uso es necesario.

En la actualidad más del 90% de agricultores de los andes hacen uso de fungicidas como principal método de control del tizón tardío. Los resultados de estudios de caso conducidos en Bolivia, Ecuador y Perú, en los cuales se describe el conocimiento de los agricultores sobre el tizón tardío y el uso de fungicidas como principal práctica de control indican que los agricultores generalmente no conocen la forma de calcular la dosis adecuada, hacen usualmente la mezcla en la mochila basados en su experiencia o en información de vecinos o vendedores de pesticidas. Posiblemente ésta sea la razón por la que algunos agricultores usan dosis incorrectas y hay una gran variedad de productos comerciales que usan, algunos incluso con los mismos ingredientes activos. Los agricultores desconocen aspectos sobre diagnóstico, diferencias entre ingredientes activos y medidas de protección al aplicar. Lo cual genera una alta probabilidad para

el desarrollo de resistencia a fungicidas en las poblaciones del patógeno. Sin embargo, aunque el uso no es óptimo se controla en cierta medida al tizón con fungicidas.

Ortiz, Thiele y Forbes (2001), mencionan que otro aspecto que es desconocido por la mayoría de agricultores es el de la toxicidad de los fungicidas. Los agricultores asocian más el riesgo de envenenamiento agudo con el uso de insecticidas, pero no conocen que algunos fungicidas también pueden ser tóxicos en el largo plazo.

2.2.11. Herramientas Circulares o Sistemas de Soporte de Decisiones (DSS)

Lucena y Porras (2006), mencionan que los Sistemas de Soporte a las Decisiones (DSS), cubren una extensa variedad de sistemas, herramientas y tecnologías. Se piensa que el término DSS está pasado de moda y que se ha ido reemplazado por un nuevo tipo de sistema llamado Procesamiento Analítico en Línea (OLAP). Por otra parte, se hace énfasis en la creación de un DSS basado en conocimiento como el estado del arte de los sistemas de soporte a las decisiones. Los investigadores operacionales se centran principalmente en los modelos de simulación y optimización tomándolos como DSS reales.

Lucena y Porras (2006), señalan que la evolución de los DSS desde su concepción en los años setenta hasta el presente incluye numerosas extensiones de la noción original. Los modernos estudios sobre los DSS incluyen enfoques sobre los

sistemas convencionales basados en modelos, sistemas basados en conocimiento inteligencia artificial, sistemas expertos, sistemas de información ejecutiva, sistemas de soporte de grupo, sistemas de visualización de datos, sistemas de soporte de decisiones organizacionales, entre otros.

2.2.12. Sistemas de Apoyo a Decisiones

Olson (1985), menciona que los sistemas de apoyo a decisiones son un conjunto de programas y herramientas que permiten obtener de manera oportuna la información que se requiere durante el proceso de la toma de decisiones que se desarrolla en un ambiente de incertidumbre. Entre los tipos de sistemas de apoyo a las decisiones se tiene:

- Sistemas de soporte a la toma de decisiones (DSS).

- Sistemas para la toma de decisiones de grupo (GDSS).

- Sistemas expertos desde soporte a la toma de decisiones (EDSS).

- Sistemas de información para ejecutivos (EIS).

2.2.12.1. Sistemas de soporte a la toma de decisiones (DSS)

Olson (1985), indica que tienen como finalidad apoyar a la toma de decisiones mediante la generación y evaluación sistemática de diferentes alternativas o escenarios de decisión, todo esto utilizando modelos y herramientas computacionales. Un DSS no soluciona problemas, ya que solo apoya el proceso de toma de

decisiones. La responsabilidad de tomar una decisión, de adoptarla y realizarla es de los administradores, no del DSS.

Olson (1985), menciona que las características de los sistemas de soporte de decisiones (DSS) son las siguientes:

- Interactividad: sistema computacional con la posibilidad de interactuar en forma amigable y con respuesta a tiempo real con el encargado de tomar decisiones.
- Tipo de decisiones: apoya el proceso de toma de decisiones estructuradas y no estructuradas.
- Frecuencia de uso: tiene una utilización frecuente por parte de la administración media y alta para el desempeño de su función.
- Variedad de usuarios: Puede emplearse por usuarios de diferentes áreas funcionales como ventas, producción, administración, finanzas y recursos humanos.
- Desarrollo: Permite que el usuario desarrolle de manera directa modelos de decisión sin la participación operativa de profesionales en informática.
- Interacción ambiental: Permite la posibilidad de interactuar con información externa como parte de los modelos de decisión.

Pérez et al. (2016), señala que la mayoría de los sistemas de apoyo a las decisiones (DSS) creados para gestionar el tizón tardío de la papa (PLB) se han desarrollado en los países industrializados donde las condiciones ambientales, la situación socioeconómica de los agricultores y las instalaciones rurales son diferentes de los Andes. Los agroecosistemas altamente variados de los Andes y la falta de infraestructura que requieren estos sistemas han llevado a una falta total de adopción de estos DSS. El CIP ha desarrollado diferentes materiales de capacitación para mejorar la capacidad de manejo de enfermedades de los pequeños agricultores, entre los cuales se encuentra un simple DSS de mano (HH-DSS). Esta herramienta integra tres factores críticos que pueden afectar la necesidad de aplicar fungicidas: 1) susceptibilidad de la variedad de papa, 2) cantidad general de precipitación y 3) tiempo desde la última aplicación de fungicida.

2.2.12.2. Sistemas de apoyo para la aplicación de fungicidas en el control de tizón tardío

Asimismo, entre las consideraciones que se tiene en los sistemas de apoyo para la aplicación de fungicidas en el control de tizón tardío son los siguientes:

a) Sistemas de Ayuda a la decisión (SAD)

Schepers (2001), menciona que los sistemas de apoyo a las decisiones (Decision Support Systems o DSS) incluyen información disponible sobre la epidemiología del tizón tardío, sobre la susceptibilidad de los cultivares, 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.

Lucca & Huarte (2012), indican que los sistemas de apoyo a la decisión en el control de *P. infestans* ayudan en el control eficiente del tizón tardío con un mínimo de aplicaciones. Estos modelos se utilizan para incrementar la eficacia en el control del tizón, pero los SAD también se están utilizando ampliamente porque encajan en el concepto de control integrado y apoyan también la justificación de las aplicaciones de fungicidas.

Schepers (2001), señala que 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 los cultivares para un ajuste en el periodo de aplicaciones o dosis del fungicida, finalmente se están desarrollando, validando y poniendo en práctica modelos de predicción del tizón, para apoyar la toma de decisiones de la aplicación de fungicidas.

b) Componentes de sistema de apoyo a la decisión para la aplicación de fungicidas en el control del tizón tardío.

Susceptibilidad a *Phytophthora infestans* en genotipos de papa

Taipe et al., (2011), mencionan que la resistencia y susceptibilidad de las plantas a los patógenos son términos estrechamente relacionados pero que difieren en sus supuestos y cuantificación. La resistencia se ha estimado con escalas cuyos valores ascendentes corresponden a cantidades decrecientes de enfermedad (menor susceptibilidad). En teoría siempre existirán genotipos más susceptibles que determinarían que una nueva escala de correspondencia sea necesaria. Una alternativa es estimar la susceptibilidad midiendo la severidad de la enfermedad (AUDPC) que puede ser

0 en un genotipo inmune sin síntomas de la enfermedad.

Yuen y Forbes (2009), indican que 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. Para enfrentar este problema, Yuen y Forbes (2009) 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.

Taipe et al., (2011), señalan que las variedades cultivadas que se encuentran entre 0 y 3 se pueden sembrar sin mayores contratiempos, aunque es necesario tener en cuenta que la presencia de genes R confieren una resistencia efímera a algunas de ellas, las variedades 4 a 8 deben cultivarse con ayuda de algún medio de control de la enfermedad y para variedades mayores a 8 el riesgo de pérdida total del cultivo es altísimo.

Control químico de tizón tardío

Los ingredientes activos más usados para controlar la rianchan son clasificados según su modo de acción como sistémicos y de contacto (o protectantes).

- **Fungicidas sistémicos**

Torres (2002), refiere que los fungicidas sistémicos son todos los productos químicos que, al ser aplicados al follaje, ingresan a los tejidos de la planta. Tienen un efecto residual largo de 10 a 15 días y se translocan dentro de la planta. El movimiento del producto químico dentro de la planta puede ser simplemente translaminar (cymoxanil, dimetomorph, previcur), de hoja a hoja, de tallo a hoja y/o de follaje a los tubérculos. El movimiento de arriba hacia abajo se conoce como basipétalo y de abajo hacia arriba, como acropétalo. Los fungicidas con este tipo de movimiento son altamente sistémicos y pertenecen al grupo de las fenilamidas (metalaxyl, ofurace, benalaxyl y oxadixyl).

Torres (2002), indica que los fungicidas sistémicos actúan sobre la esporulación del patógeno (grupo de las fenilamidas, dimetomorph), el crecimiento miceliano (grupo de las fenilamidas), la germinación de esporangios (grupo de las fenilamidas, dimetomorph y previcur), la germinación y movilidad

de zoosporas (grupo de las fenilamidas) y la producción de esporangios y oosporas (dimetomorph). Se ha reportado también que los fungicidas sistémicos (cimoxanil y dimetomorph), afectan la síntesis del RNA del patógeno mediante la enzima RNA polimerasa.

Algunos fungicidas sistémicos especialmente del grupo de las difenilamidas (incluye a metalaxil, mefenoxam, oxadaxil, ofurace, etc.) tienen una desventaja notoria, es que su uso constante tiene un alto riesgo de inducir en el patógeno el desarrollo de poblaciones resistentes que hacen prácticamente inefectivo el producto.

Rivera (2014), señala que afortunadamente, dicha resistencia no es hereditaria y se puede revertir cambiando las estrategias de control químico, por ejemplo, cambiando a otros químicos de distinto mecanismo de acción, como: dimetomorf, Azoxistrobina, etc.

- **Fungicidas protectantes o de contacto**

Pérez & Forbes (2008), indican que actúan sobre la superficie de la planta y evitan la germinación y penetración del patógeno, disminuyendo las fuentes 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 la zona donde se deposita el fungicida, de ahí que su efectividad se ve reducida por factores como la lluvia, el crecimiento del follaje, una mala aplicación, etc.

Rivera (2014), menciona que los fungicidas protectantes más comúnmente utilizados incluyen productos a base de cobre (oxicloruro, hidróxido, óxido), ditiocarbamatos (mancozeb, maneb, metiram, propineb), clorotalonilo, famoxadona y fluazinam.

Recomendaciones para el uso de fungicidas

Inca (2015), recomienda 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.

Torres, et al., (2011), mencionan que 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.

Pumisacho & Sherwood (2002), recomiendan 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.

Desarrollo del sistema de Apoyo a la Decisión

Pérez, et al., (2014), mencionan que el Centro Internacional de la Papa ha desarrollado un SAD asequible y fácil de usar para productores de los Andes que no depende de costosos equipos para medir el clima y computadoras. Este SAD ayuda a tomar decisiones sobre la aplicación de fungicidas tomando en cuenta la resistencia de las variedades que cultiva, las condiciones medio-ambientales y el tiempo transcurrido desde la última aplicación.

Yuen & Forbes (2009), señalan que las experiencias previas con escuelas de campo indicaron que los productores necesitan mejorar en la comprensión de la interrelación entre 1) la existencia del agente

causal del tizón tardío, 2) la influencia de las condiciones climáticas (humedad, temperatura) en la severidad de la enfermedad y 3) los niveles de susceptibilidad de las variedades existentes. Aún después de una capacitación intensiva, si bien mejora la comprensión de algunos aspectos, decisiones sobre el uso de fungicidas todavía es dificultoso.

Batista, et al., (2006), refieren que tomando en consideración que la mayoría de sistemas de simulación y pronóstico de tizón tardío requieren de computadoras que además no están disponibles en el área rural, se diseñó un SAD alternativo consistente en cuatro discos concéntricos cada uno de ellos con niveles de diferentes factores como 1) susceptibilidad varietal a *Phytophthora infestans*; 2) clima que propicia la enfermedad y 3) tiempo transcurrido desde la última fumigación y 4) clave para tomar la decisión (no se aplica fungicidas, se aplica un protectante o se aplica un sistémico). Las diferentes combinaciones de los tres círculos concéntricos guían al productor respecto al riesgo del desarrollo de la enfermedad y la necesidad de aplicación de fungicidas.

2.2.13. Impacto Ambiental de Pesticidas

Jiménez (2012), menciona que los plaguicidas son compuestos que se utilizan para prevenir, mitigar, repeler o controlar alguna plaga de origen animal o vegetal. Se aplican durante la producción, el almacenamiento, el transporte, la distribución y la elaboración de productos agrícolas y sus derivados.

Olga (2011), manifiesta que la principal fuente de contaminación del ambiente por la utilización de plaguicidas es el residuo que resulta de su aplicación, aunque su aplicación se restrinja a zonas determinadas, su dispersión es universal. El factor más importante que influye sobre la persistencia de un compuesto es la naturaleza química del mismo; estas propiedades son: solubilidad en agua, volatilidad, estabilidad química y biológica.

Jiménez (2012), señala que los pesticidas como son sustancias poco degradables en agua se evaporan pasando al aire o uniéndose a las partículas del suelo, como vapor o polvo. Pueden ser transportados a grandes distancias y nuevamente ser depositados a través de lluvias sobre la tierra o aguas superficiales. Desde las aguas superficiales, estas sustancias tienden a ser absorbidas por pequeños organismos llamados plancton entrando de esta manera en los niveles más bajos de la cadena alimentaria. Como los animales superiores y los peces

comen a estos pequeños animales los contaminantes pasan a lo más alto de la cadena trófica.

2.2.14. Impacto Ambiental (IA)

Esta metodología fue desarrollada por la Universidad de Cornell (Kovach et al, 2004), mencionan que el impacto ambiental es un indicador que sirve para valorar el riesgo potencial causado por el uso de los pesticidas. Este indicador valora el impacto ocasionado por los pesticidas a los agricultores que los aplican, a los consumidores y a los componentes ecológicos (por ejemplo, la fauna benéfica). Ortiz y Pradel, 2009), mencionan que es una metodología relativamente simple, que requiere de datos que se pueden obtener fácilmente. El tipo de pesticida, el número de aplicaciones, el número de agricultores que los usan y las dosis usadas. En este caso se puede comparar el impacto ambiental (EI) “antes” del proyecto de MIP con la situación generada “después” del proyecto. También se puede comparar el de una zona con MIP con el de una zona donde no se usa esta tecnología. Es de esperarse que los programas de MIP reduzcan el uso de pesticidas altamente tóxicos.

2.2.14.1. Coeficiente de Impacto Ambiental (CIA)

Kovach et. al, (1992); Barona, (2009), indican que el Coeficiente de Impacto Ambiental (CIA) es un valor numérico que permite resumir los efectos de un pesticida en el medio ambiente y las personas (productor y consumidor). El cálculo de este valor se lo

hace mediante una ecuación que se basa en tres componentes: 1) daños al agricultor, 2) daños al consumidor y 3) daños ecológicos. Cada plaguicida tiene un CIA específico y si se acumula este valor dependiendo de la cantidad de plaguicida usado (dosis y volumen de aplicación) es posible calcular la Tasa de Impacto Ambiental (TIA). A mayor TIA, mayor impacto en el ambiente, productor y consumidor.

Ortiz y Pradel (2009), indican que después que se han establecido los valores de coeficiente de impacto ambiental, para el ingrediente activo de cada pesticida, se calcula la proporción de uso en campo para obtener el valor de impacto ambiental en campo (EI), se multiplica el EIQ por la dosis, el porcentaje del ingrediente activo, y el número de aplicaciones de cada pesticida. A mayor valor del EI, mayor potencial de impacto ambiental negativo. Estos valores de campo son útiles para hacer comparaciones entre pesticidas o entre diferentes programas de manejo de plagas.

$$\mathbf{IE = EIQ * Dosis * \% \text{ de Ingre. Activo} * N^{\circ} \text{ de Aplica.}}$$

Dónde:

IE : Impacto ambiental

EIQ : Coeficiente de impacto ambiental

Fuente: O. Ortiz y W. Pradel, (2009).

Tabla 2. Ingredientes activos y coeficiente de Impacto Ambiental de fungicidas sistémicos, translaminares y de contacto utilizados en el control de rancho de la papa.

Ingredientes activos	Coeficiente de Impacto Ambiental (CIA)	Modo de acción	Ingredientes activos	Coeficiente de Impacto Ambiental (CIA)	Modo de acción
Benalaxyl ⁽¹⁾	29.4	Sistémico	Cobres de contacto ^(2, 4)	38.5	Contacto
Cobre sistémico ^(2, 3)	61.9	Sistémico	Clorotalonil	37.4	Contacto
Fosfito de potasio	7.33	Sistémico	Fentín ⁽²⁾	61.9	Contacto
Fosetyl aluminio	11.3	Sistémico	Folpet	31.7	Contacto
Metalaxyl ⁽¹⁾	29.4	Sistémico	Mancozeb	25.7	Contacto
Propamocarb	23.9	Sistémico	Maneb	21.4	Contacto
Cymoxanil	8.7	Translaminar	Metiran	40.6	Contacto
Dimethomorph	24.0	Translaminar	Propineb	16.9	Contacto
Captan	29.7	Contacto	Zineb	38.1	Contacto

Fuente: Kovack et al (1992); Pérez y Forbes (2008); Barona (2009).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

- ✓ **Severidad;** Estimación visual en la cual se establecen grados de infección en una determinada planta, sobre la base de cantidad de tejido vegetal enfermo. Es subjetiva y hace referencia al % del área necrosada o enferma de una hoja, fruto, espiga, etc.
- ✓ **rAUDPC;** Área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativa.
- ✓ **Impacto ambiental;** Es la erosión del suelo que constituye la causa más grave y frecuente de degradación física.

- ✓ **Erosión;** Remoción del material superficial terrestre por acción del agua o del viento.
- ✓ **Patógeno;** Son agentes infecciosos que pueden provocar enfermedades a sus huéspedes. Estos agentes pueden perturbar la fisiología normal de las plantas.
- ✓ **Oomicetos;** Son un grupo de protistas filamentosos pertenecientes al grupo de los pseudohongos. El nombre significa "hongos huevo" y se refiere al oogonio, estructura. Los oomicetos son de especial importancia en la agricultura pertenecientes al género *Phytophthora* que comprende numerosas especies.
- ✓ **Esporulación;** Es el proceso biológico a través del cual un organismo crea copias genéticamente similares así mismo y se caracteriza por la ausencia de fusión de células.
- ✓ **Estación meteorológica;** Es una estructura o dispositivo dotado con sensores que responden a estímulos electrónicos, que tienen la capacidad de registrar y coleccionar información meteorológica en forma automática y en tiempo real, que permiten monitorear la variación de la temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar, humedad foliar, dirección y velocidad del viento, lluvia, humedad relativa, temperatura del suelo, presión atmosférica, entre otras.
- ✓ **Variedad;** Es una población con caracteres que la hacen reconocible a pesar de que hibrida libremente con otras poblaciones de la misma especie. Es un rango taxonómico por debajo de la subespecie y por encima de la forma.

- ✓ **Frecuencia;** Es la medida del número de veces que se repite un fenómeno por unidad de tiempo.
- ✓ **Parcela experimental;** Es el área donde se lleva a cabo trabajos de investigación.
- ✓ **Blitecast, Simcast, Neg Fry y Wallin;** Programas para aplicación necesaria de riego y fungicidas para controlar una enfermedad.

2.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis general

La eficiencia del uso de herramientas circulares permite eficiencia en la toma de decisiones para el control del tizón tardío, producen efectos significativos en el rendimiento e impacto ambiental.

2.4.2. Hipótesis específicas

Las dos estrategias de aplicación de fungicidas presentan diferencias estadísticas significativas en cuanto a la severidad del daño del tizón tardío.

El uso de las dos estrategias de aplicación de fungicidas tiene influencias positivas en el rendimiento de tubérculos de papa.

La valoración de las herramientas circulares permitirá realizar un mejor control del tizón tardío y por ende su aceptación.

2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Dentro de los factores o las variables en estudio, tenemos a las siguientes:

Variable independiente; 3 tratamientos de aplicaciones de fungicida con el apoyo de los discos circulares:

Discos circulares

Tratamiento

- | | |
|--------------------------------------|----|
| a. Evaluación de discos cada 11 días | T1 |
| b. Evaluación de discos cada 15 días | T2 |
| c. Evaluación de discos cada 19 días | T3 |

Variable dependiente; se evaluará las siguientes:

- Toma de decisiones
- Severidad
- rAUDPC
- rendimiento
- Impacto ambiental.

2.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES

Tabla 1. Definición Operacional de Variables e Indicadores

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL			INSTRUMENTOS
		DIMENSIÓN O FACTOR A MEDIR	INDICADOR	VALORES ESCALARES	
V.I. Estrategias de aplicación de fungicidas.	Es cualquier molécula química que pueda estimular mecanismos de defensa o asociados con la respuesta de defensa en las plantas.	Presencia del tizón tardío de la papa después de la aplicación del producto.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Severidad del tizón tardío en tallos y hojas. ➤ Incidencia de la enfermedad en la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Porcentaje. ➤ Porcentaje. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Analíticos.
V.D. Tizón tardío.	Enfermedad causada por un oomiceto llamado <i>Phytophthora infestans</i> .	Agresividad y adaptabilidad del oomiceto.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Porcentaje de área foliar afectada. ➤ Rendimiento del cultivo de papa. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Porcentaje. ➤ Kg/ha 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Métodos e instrumentos analíticos ➤ Balanza analítica.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es experimental y aplicada, ya que se usa el método científico con el apoyo de la estadística descriptiva.

3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación es el experimental; En la investigación se utilizaron dos variedades de papa una que ya era difundida y la otra recién liberada por el (CIP), la instalación se desarrolló en los Anexos de Cacara y Aco pertenecientes al distrito de Paucartambo, de acuerdo a la información proporcionada por el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). Los tubérculos de la variedad Poderosa (INIA 325 – Poderosa) semillas categoría CERTIFICADA fueron procedentes de Sánchez Carrión La Libertad, Productor: Asociación de Productores Agropecuarios Nueva Jerusalén – Chugay y la otra variedad fue serranita que era ya difundida del INIA Huancayo.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

3.3.1. Diseño experimental

Los datos fueron analizados utilizando el diseño DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar), para la parcela experimental en las variedades: Poderosa y Serranita.

El software utilizado para el análisis de los datos fue el sistema SAS (Statistical Analysis System), el cual es un sistema integrado de aplicaciones, que proporciona un procesamiento completo.

3.3.2. Modelo matemático

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

Diseño de bloques completamente al azar (DBCA)

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = observación del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición.

μ = media general.

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento.

β_j = efecto aleatorio del j-ésimo bloque.

ϵ_{ij} = error experimental.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población:

La población total del presente experimento está constituida por las 18 unidades experimentales en la localidad de Cacara y que cada una de ellas contiene 100 plantas, lo que da como resultado 1800 plantas y en la localidad de Aco la población total del experimento está constituido por 20 unidades experimentales y en cada una de ellas contienen 100 plantas, lo que da como resultado 2000 plantas.

Muestra:

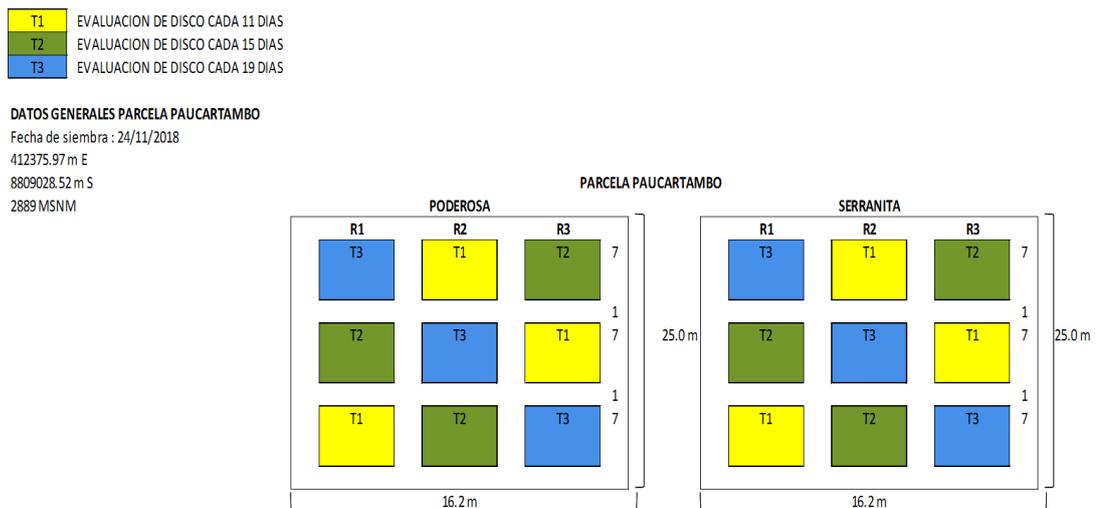
La muestra del presente trabajo de investigación está conformada por 5 surcos en cada unidad experimental, como se tiene 20 plantas por surco entonces se tendría un total de 100 plantas o unidades experimentales.

3.4.1. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El campo experimental con un área de 1302 m², presentó las características y detalles que se muestran en los gráficos.

El croquis del campo experimental para la conducción del presente experimento es el siguiente:

Figura 4. Distribución de las parcelas de las variedades; Poderosa y Serranita.

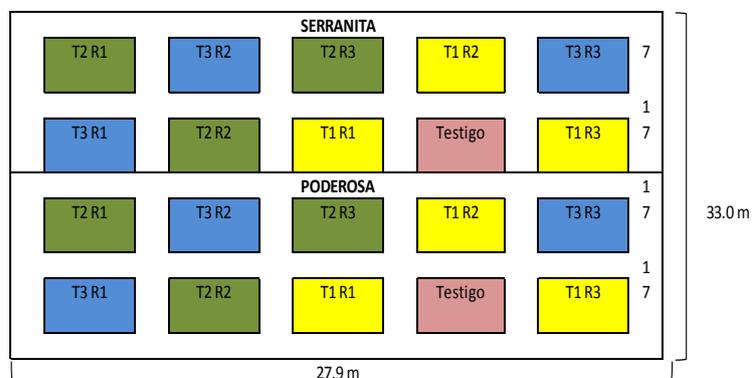


T1	EVALUACION DE DISCO CADA 11 DIAS
T2	EVALUACION DE DISCO CADA 15 DIAS
T3	EVALUACION DE DISCO CADA 19 DIAS

DATOS GENERALES PARCELA ACO

Fecha de siembra : 28/11/2018
 416891.00 m E
 8809848.00 m S
 2702 MSNM

PARCELA ACO



Característica de la unidad experimental (U.E):

Número de surcos por U.E.	:	5
Número de plantas por surco	:	20
Longitud de surcos	:	7 m
Distancia entre surcos	:	0.90 m
Distancia entre plantas	:	0.35 m
Área de cada U.E.	:	7 m ²
Área neta de U.E.	:	63 m ²

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. Técnicas

La técnica de recolección de datos para la severidad y el rendimiento del tubérculo fue mediante la observación sistemática regulada o controlada; las que fueron recolectadas de forma manual.

Para el análisis financiero se usó la técnica de presupuestos parciales, mediante el análisis documental.

3.5.2. Instrumentos

Los instrumentos utilizados fueron:

- ✓ Probetas de 25 y 2000 ml.
- ✓ Mochila de fumigar.
- ✓ Cuaderno de campo.
- ✓ Formatos de cuadros estadísticos.
- ✓ Escalas de valoración.
- ✓ Estación meteorológica.

3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Habiéndose observado, registrado los datos de la severidad y rendimiento del tubérculo, se procedieron a tabular y realizar el análisis de varianza y la prueba de significación de Duncan con la ayuda del programa estadístico del SAS (Statistical Analysis System), la misma que corresponde al diseño completamente al azar.

3.6.1. Cálculo del Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC).

Debido a que el tizón tardío es una enfermedad policíclica, el CIP recomienda el uso del AUDPC para sintetizar las lecturas de la enfermedad en una medida sinóptica. El AUDPC es calculado a partir de los porcentajes estimados del área foliar enferma registrados en diferentes momentos durante la epidemia.

El AUDPC es fácil de calcular, usa evaluaciones múltiples y no depende de transformaciones. El AUDPC es frecuentemente calculado usando la fórmula del punto medio (6):

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

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 “t” puede representar los días julianos, los días después de la siembra o los días después de la emergencia.

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

Una evaluación del 100% del área foliar enferma por el tizón tardío tendría un valor de 1.0. Todos los valores de rAUDPC son expresados como proporción de este valor. Valores bajos de rAUDPC indicarán niveles bajos de infección durante el periodo de evaluación, por lo tanto, corresponderán a genotipos más resistentes.

$$rAUDPC = \frac{AUDPC}{(X_n - X_1)/100}$$

Dónde:

AUDPC = Área bajo la curva del progreso de la enfermedad obtenido por variedad.

X_n = Última fecha de evaluación (días después de la siembra).

X₁ = Primera fecha de evaluación (días después de la siembra).

100 = Constante.

3.6.3. Cálculo del Impacto ambiental

El impacto ambiental se realizó utilizando la siguiente fórmula.

$$IE = EIQ * Dosis * \% \text{ de Ingre. Activo} * N^{\circ} \text{ de Aplica.}$$

Dónde:

IE : Impacto ambiental

EIQ : Coeficiente de impacto ambiental

Fuente: O. Ortiz y W. Pradel, (2009).

3.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Los tratamientos o factores en estudio de la presente investigación son: tres tratamientos con tres repeticiones; las que se detallan a continuación:

Tabla 3. Tratamientos en estudio.

DÍAS DE EVALUACIÓN (DISCOS)	TRATAMIENTO
Evaluación de discos cada 11 días	T ₁
Evaluación de discos cada 15 días	T ₂
Evaluación de discos cada 19 días	T ₃

3.8. ORIENTACIÓN ÉTICA.

La investigación del uso de las herramientas circulares en el manejo del tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary en variedades resistentes, está orientado para que los agricultores puedan utilizar una nueva alternativa tecnológica en el control del tizón tardío para mejorar en la producción, menos mano de obra, menor impacto ambiental y ahorrar económicamente, teniendo en cuenta la variedad y la dosis necesaria de aplicación de fungicida con apoyo de los discos circulares en el distrito de Paucartambo, en vista que dicho cultivo está teniendo una demanda creciente a nivel nacional e internacional según las estadísticas de producción y comercialización, las mismas que se verán reflejados en los ingresos y beneficios económicos que obtendrán los agricultores y de esta manera mejorar su nivel y calidad de vida.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

El presente trabajo de investigación tuvo la siguiente secuencia en los anexos:

a) Ubicación del campo experimental

Las dos variedades Poderosa y Serranita estuvieron instaladas en el Anexo de Cacara (2889 m.s.n.m), y Aco (2702 m.s.n.m), ambas zonas son jurisdicción del distrito de Paucartambo.

b) Fecha de siembra

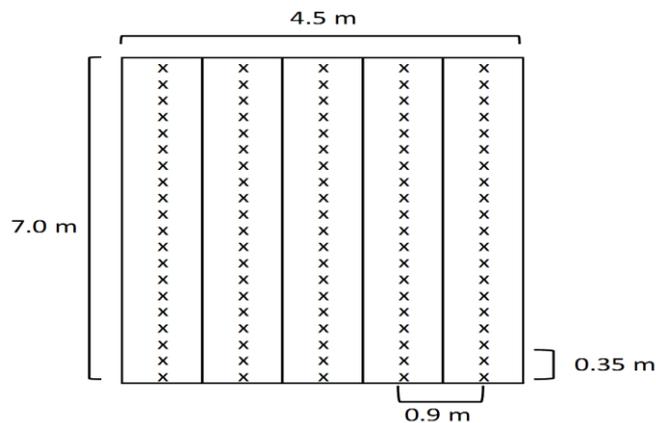
La siembra fue realizada por el mismo tesista, en el mes de noviembre del 2018, las variedades sembradas fueron: Poderosa y Serranita. Cabe mencionar que el origen de la semilla fue proporcionado por el (CIP) y el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), que fueron procedentes de Sánchez Carrión La Libertad, Productor: Asociación de Productores Agropecuarios Nueva Jerusalén – Chugay.

c) Antecedentes del campo experimental

Para el desarrollo del trabajo se dividió la parcela en dos tratamientos los cuales fueron: parcela de la variedad Poderosa con el uso de herramientas circulares (discos circulares) y la otra parcela fue de la variedad Serranita también con el uso de herramientas circulares, este diseño fue usado para ambas variedades sembradas (Poderosa y Serranita).

d) Características del campo experimental

Figura 5. Distribución de la Parcela Básica para cada unidad experimental:



e) Características de las unidades experimentales

Para el desarrollo del trabajo se dividió la parcela en dos tratamientos los cuales fueron: parcela de la variedad Poderosa con el uso de herramientas circulares (disco de apoyo) y la otra parcela fue de la variedad Serranita también con el uso de herramientas circulares, este diseño fue usado para ambas variedades sembradas (Poderosa y Serranita).

f) Características de la zona en estudio

El distrito de Paucartambo se caracteriza por presentar un clima predominantemente templado y húmedo con abundante vegetación. En las partes altas el clima es frío y abrigado en las quebradas, la época de lluvias ocurre entre los meses de setiembre – abril. La temperatura máxima varía de 18 a 22 °C (Fuente: municipalidad distrital de Paucartambo 2008).

www.munipaucartambopasco.gob.pe

4.1.1. Fecha de inicio y culminación del proyecto.

El trabajo de investigación se realizó entre noviembre del 2018 a abril del 2019.

a) Material vegetal

En la investigación se utilizaron dos variedades de papa una que ya era difundida y la otra recién liberada por el (CIP), la instalación se desarrolló en los Anexos de Cacara y Aco pertenecientes al distrito de Paucartambo, de acuerdo a la información proporcionada por el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). Los tubérculos de la variedad Poderosa (INIA 325 – Poderosa) semillas categoría CERTIFICADA fueron procedentes de Sánchez Carrión La Libertad, Productor: Asociación de Productores Agropecuarios Nueva Jerusalén – Chugay y la otra variedad fue serranita que era ya difundida del INIA Huancayo.

b) Preparación del terreno

Se procedió a realizar la limpieza del terreno, seguido con tracción animal y luego se pasó a trabajar con el arado y la rastra, que fue complementada con el recojo de rastrojo de malezas restantes. Los surcos tuvieron un distanciamiento de 0.90 m entre surco y 0.35 m entre planta.

c) Control de malezas y aporque

El control de malezas se realizó de forma manual conjuntamente con el aporque, se realizó dos aporques, el primero a los 44 días y el segundo a los 77 días después de la siembra.

d) Siembra y Fertilización

La siembra se inició con una fertilización a chorro al fondo del surco con una dosis de 180 – 160 -120, equivalentes a 297.38 kg de nitrato de amonio, 264.00 kg de fosfato di amónico, 152.00 kg de cloruro de potasio.

e) Aplicación de fungicidas

Se registró la dosis utilizada en cada tratamiento en estudio. La aplicación de fungicida fue más uniforme posible para todos los tratamientos. Se hizo uso de una mochila de fumigar de capacidad de 20 litros, de uso común en la zona ya mencionada. Las aplicaciones correspondientes a los tratamientos fueron hechas por el mismo tesista haciendo aplicaciones de acuerdo a los discos circulares y la dosis

correspondiente de fungicidas que se utilizó anteriormente en los respectivos tratamientos.

f) Control fitosanitario

La aplicación de plaguicidas fue realizada básicamente para el control de (*Agrotis* spp, *Epitrix* spp, *Myzus persicae*). Se aplicó sherpa (cypermctrina 250 CE) a una concentración de 250 ml/cilindro y karate (lambdacihalotrina 50 CE) de 200 ml/cilindro (200 L).

g) Evaluación de emergencia de plantas

Las evaluaciones de emergencia de plantas se iniciaron a partir de los 34 días después de la siembra extendiéndose hasta los 42 días tiempo en el que se alcanzó el 80% de emergencia.

h) Cosecha y selección

La cosecha se realizó el 23 de abril del 2019, a los 151 días después de la siembra, tiempo en el cual el cultivo alcanzó la madurez comercial.

4.1.2. Datos registrados

a) Severidad de daño foliar.

Las evaluaciones se iniciaron a los 42 días después de la siembra, tiempo en que se alcanzó el 80% de la emergencia. Las evaluaciones fueron semanales y se registró el porcentaje visual del área foliar infectada por el tizón tardío.

b) Rendimiento de tubérculos.

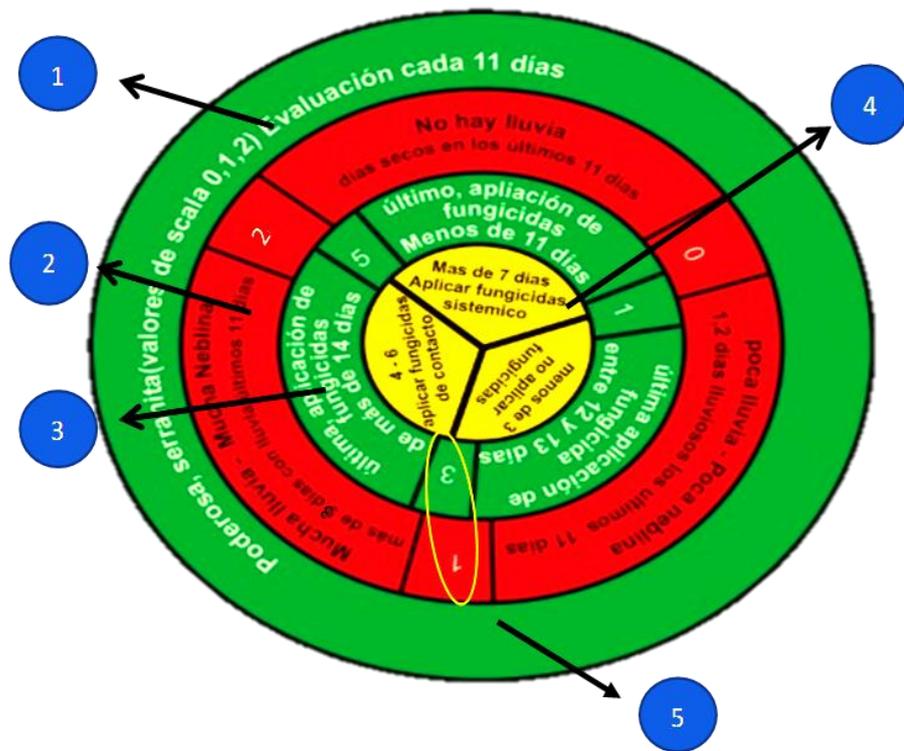
Los tubérculos cosechados fueron de todas las plantas de cada surco y de cada unidad experimental y luego estas fueron seleccionadas en tres categorías de acuerdo a su peso: primera, aquellos tubérculos que alcanzan un peso comercial mínimo de 100 gr; segunda; tubérculos con un peso de 50 gr a 100 gr y tercera, tubérculos con un peso inferior a 50 gr. Esta última categoría no tiene valor comercial por lo que es considerada como descarte.

4.1.3. Descripción de las herramientas circulares (discos)

Las herramientas circulares fueron creadas por el Centro Internacional de la Papa (CIP) (W. Pérez, comunicación personal). Estas herramientas cuentan con los siguientes factores para tomar una decisión sobre las aplicaciones de fungicidas: variedad de papa, condiciones ambientales, última fecha de aplicación de fungicidas y finalmente la toma de decisión, de que fungicida aplicar o no hacer la aplicación. Todos estos factores van acompañados de puntajes numéricos predeterminados, que sumados nos da la decisión sobre las aplicaciones.

4.1.4. Diseños de las herramientas circulares

Figura 6. Herramienta circular para uso en variedades de papa resistentes de evaluación cada 11 días, cuyo valor en la escala de resistencia se encuentra entre: 0, 1 y 2.

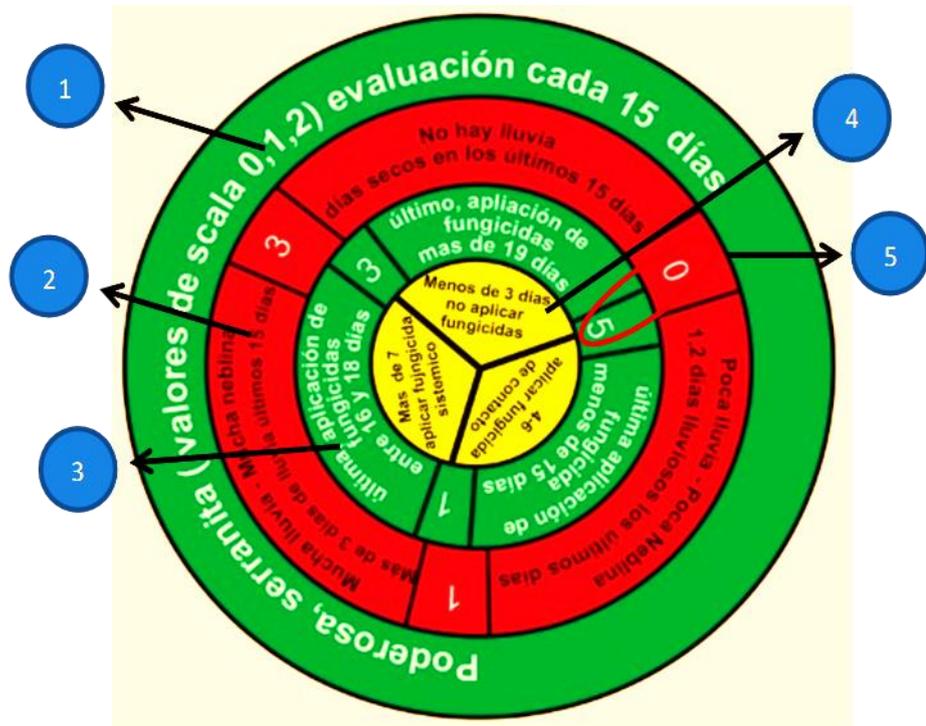


Dónde:

- 1.- Variedad.
- 2.-Condiciones ambientales.
- 3.-Última fecha de aplicación de fungicidas.
- 4.-Toma de decisión de que fungicida aplicar.
- 5.- Puntaje predeterminado.

Fuente: Centro Internacional de la Papa (CIP), 2018.

Figura 7. Herramienta circular para uso en variedades de papa resistentes de evaluación cada 15 días, cuyo valor en la escala de resistencia se encuentra entre: 0, 1 y 2.



Dónde:

- 1.- Variedad.
- 2.- Condiciones ambientales.
- 3.- Última fecha de aplicación de fungicidas.
- 4.- toma de decisión de que fungicida aplicar.
- 5.- puntaje predeterminado.

Fuente: Centro Internacional de la Papa (CIP), 2018.

4.2. PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.2.1. Variables Atmosféricas

Durante el experimento las condiciones climatológicas fueron favorables para el desarrollo del tizón tardío. Las variables registradas por el sensor meteorológico automatizado (HOBO) y el pluviómetro en la localidad de Aco, indicaron un total de 606.028. mm de precipitación con un promedio de 6. mm diario. El promedio de la temperatura mínima durante el periodo de experimentación fue de 10 °C y la máxima de 31 °C, con un promedio diario de 19 °C. En promedio la humedad relativa (HR) alcanzó un valor de 86 %, mientras que la mínima alcanzó 56 % y la máxima 98 % y en la localidad de Cacara, indicaron un total de 673.758. mm de precipitación con un promedio de 6.2. mm diario. El promedio de la temperatura mínima durante el periodo de experimentación fue de 6°C y la máxima de 28°C con un promedio diario de 15°C. En promedio la humedad relativa (HR) alcanzó un valor de 81 % mientras que la mínima alcanzo 51 % y la máxima 93 % (Tabla 4) (Tabla 5).

Tabla 4. Variables atmosféricas en la parcela experimental durante la campaña agrícola 2018 – 2019. *

Variable atmosférica	Aco – Paucartambo
Temperatura mínima promedio °C	10
Temperatura máxima promedio °C	31
Temperatura diaria °C	19
HR mínima (%)	56
HR máxima (%)	98
HR media (%)	86
Precipitación (mm/día)	6
Precipitación total	606.028

Tabla 5. Variables atmosféricas en la parcela experimental durante la campaña agrícola 2018 – 2019. *

Variable atmosférica	Cacara – Paucartambo
Temperatura mínima promedio °C	6
Temperatura máxima promedio °C	28
Temperatura diaria °C	15
HR mínima (%)	51
HR máxima (%)	93
HR media (%)	81
Precipitación (mm/día)	6.2
Precipitación total	673.758

*Registrado desde el 04 de Enero del 2018 al 20 de Abril el 2019, periodo de evaluación del tizón tardío.

4.2.2. Inicio y Frecuencia de Aplicación

4.2.2.1. Parcela experimental.

La aplicación de los fungicidas se dio inicio al 80 % de la emergencia, este tiempo se alcanzó a los 42 días después de la siembra (dds). Las aplicaciones

culminaron a los 122 dds para la para la localidad de Aco y para la localidad de Cacara las aplicaciones culminaron también a los 122 dds. El número de aplicaciones que se realizaron se muestran en la siguiente tabla 6 y 7.

Tabla 6. Numero de aplicaciones de fungicidas en la variedad (INIA 325 – Poderosa) y (INIA 309 –Serranita) de la localidad de Cacara.

Tratamientos	Frecuencia de aplicación	N° de aplicaciones	Fungicida usado
Variedad Poderosa	Testigo sin aplicación		0 Antracol (Propineb); Fitoraz
	11 días	9	(Cimoxanil+Propineb); Acrobat (Dimetomorf + Mancozeb).
	15 días	7	Antracol (Propineb); PK Plus.
	19 días	5	Antracol (Propineb); PK Plus.
Variedad Serranita	Testigo sin aplicación		0 Antracol (Propineb); Fitoraz
	11 días	8	(Cimoxanil+Propineb); Acrobat (Dimetomorf + Mancozeb).
	15 días	6	Antracol (Propineb); PK Plus.
	19 días	5	Antracol (Propineb); PK Plus.

Tabla 7. Numero de aplicaciones de fungicidas en la variedad (INIA 325 – Poderosa) y (INIA 309 – Serranita) de la localidad de Aco.

Tratamientos	Frecuencia de aplicación	N° de aplicaciones	Fungicida usado
	Testigo sin aplicación		0
Variedad Poderosa	11 días	10	Antracol (Propineb); Fitoraz (Cimoxanil+Propineb); Acrobat (Dimetomorf + Mancozeb).
	15 días	7	Antracol (Propineb); PK Plus.
	19 días	6	Antracol (Propineb); PK Plus.
	Testigo sin aplicación		0
Variedad Serranita	11 días	10	Antracol (Propineb); Fitoraz (Cimoxanil+Propineb); Acrobat (Dimetomorf + Mancozeb).
	15 días	7	Antracol (Propineb); PK Plus.
	19 días	6	Antracol (Propineb); PK Plus.

4.2.3. Severidad

Se realizaron 14 evaluaciones de severidad en la localidad de Aco y 13 evaluaciones de severidad en la localidad de Cacara en las parcelas experimentales, con la que se construyó la curva del

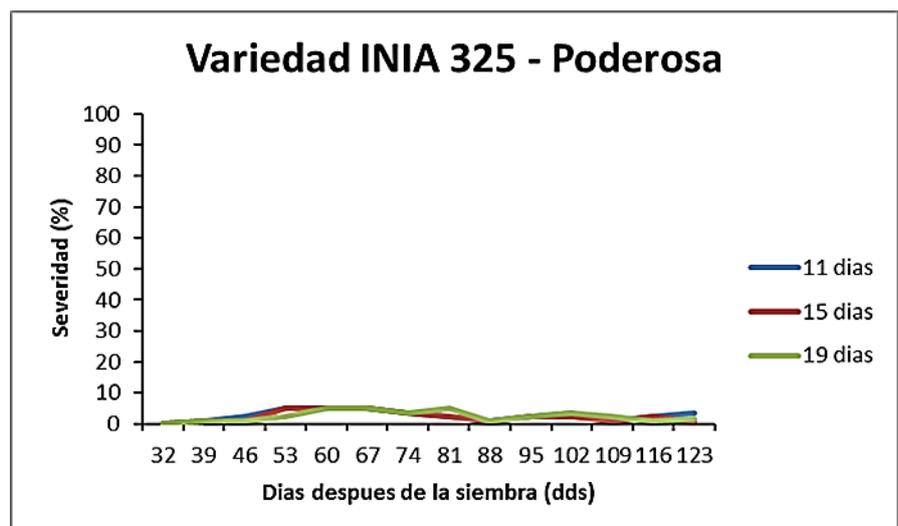
progreso de la enfermedad de cada una de las variedades de papa de cada parcela correspondiente.

4.2.3.1. Parcela experimental de la localidad de Aco

Variedad Poderosa (INIA 325 – Poderosa) localidad de Aco

A los 120 días después de la siembra el tratamiento T1 correspondiente a 11 días con el uso de discos circulares no sobrepaso el 10% de severidad, el tratamiento T2 correspondiente a 15 días con el uso de discos circulares alcanzo el 2% de severidad, el tratamiento T3 correspondiente a 19 días con el uso de discos circulares alcanzo el 3% de severidad.

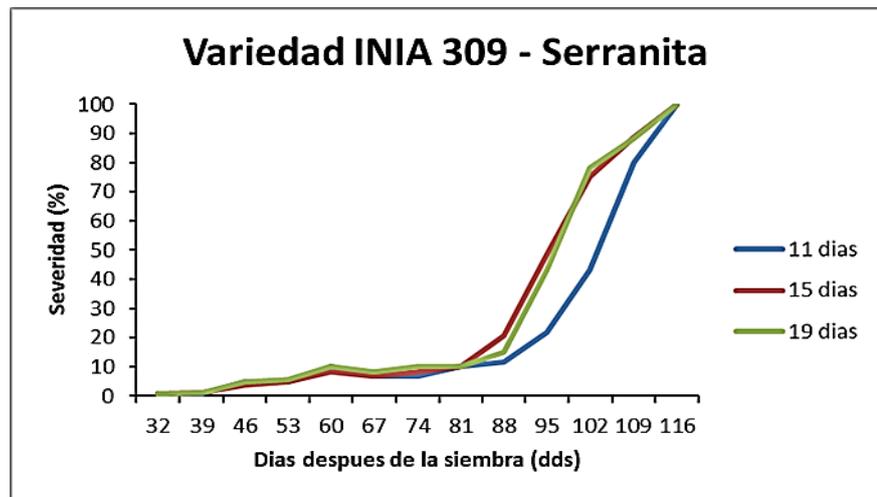
Gráfico 1. Curva del progreso del tizón tardío en la variedad Poderosa de la localidad de Aco.



Variedad Serranita (INIA 309 – Serranita) localidad de Aco

A los 112 días después de la siembra el tratamiento T1, T2 y T3 correspondiente a 11 días, 15 y 19 días con el uso de discos circulares alcanzaron el 100% de severidad.

Gráfico 2. Curva del progreso del tizón tardío en la variedad Serranita de la localidad de Aco.

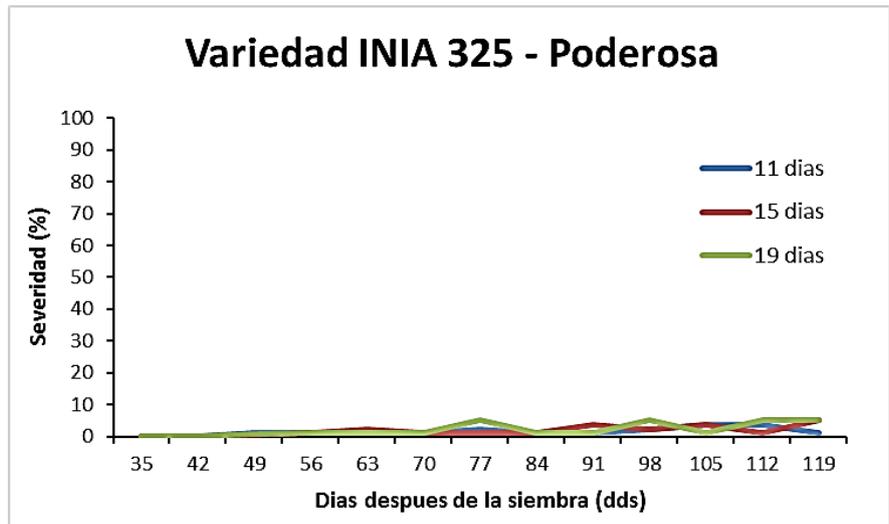


4.2.3.2. Parcela experimental de la localidad de Cacara

Variedad Poderosa (INIA 325 – Poderosa) localidad de Cacara

A los 116 días después de la siembra el tratamiento T1 correspondiente a 11 días con el uso de discos circulares alcanzaron el 1% de severidad, el tratamiento T2 correspondiente a 15 días con el uso de discos circulares alcanzo el 5% de severidad, el tratamiento T3 correspondiente a 19 días con el uso de discos circulares alcanzo el 5% de severidad.

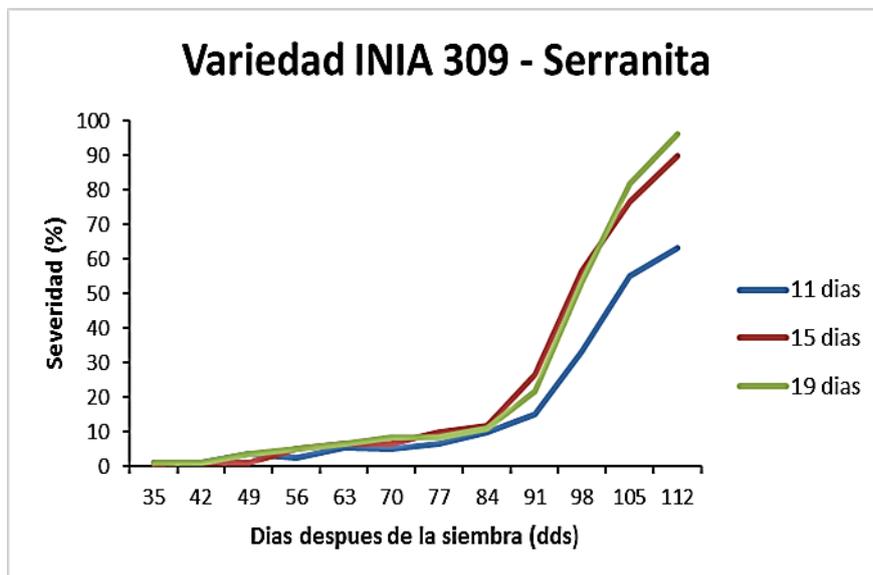
Gráfico 3. Curva del progreso del tizón tardío en la variedad Poderosa de la localidad de Cacara.



Variedad Serranita (INIA 309 – Serranita) localidad de Cacara

El tratamiento T1 correspondiente a 11 días con el uso de discos circulares alcanzo el 65% de severidad a los 112 días después de la siembra. Mientras tanto el tratamiento T2 correspondiente a 15 días con el uso de herramientas circulares alcanzo el 90% de severidad a los 112 días después de la siembra. En caso del tratamiento T3 correspondiente a 19 días con el uso de discos circulares alcanzo el 97% de severidad a los 112 días después de la siembra.

Gráfico 4. Curva del progreso del tizón tardío en la variedad Serranita de la localidad de Cacara.



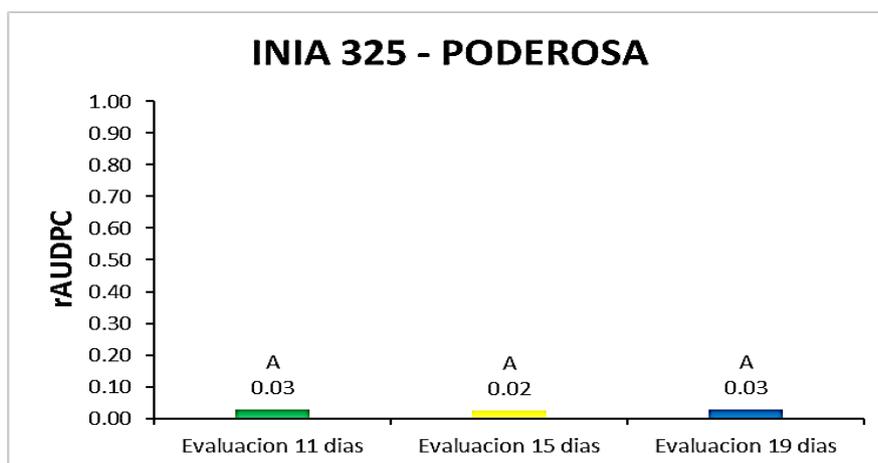
4.2.4. AUDPC relativo (rAUDPC).

4.2.4.1. Parcela experimental de la localidad de Aco

Variedad Poderosa (INIA 325 – Poderosa) localidad de Aco

El valor más alto de AUDPC relativo (rAUDPC) obtenido con el tratamiento T1 y T3 corresponden a 11 y 19 días de evaluación (0.03 y 0.03 respectivamente), y el menor valor se obtuvo con el tratamiento T2 (15 días de evaluación (0.02). Estadísticamente no existen diferencias significativas en los tratamientos.

Gráfico 5. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC) en la variedad Poderosa de la localidad de Aco.



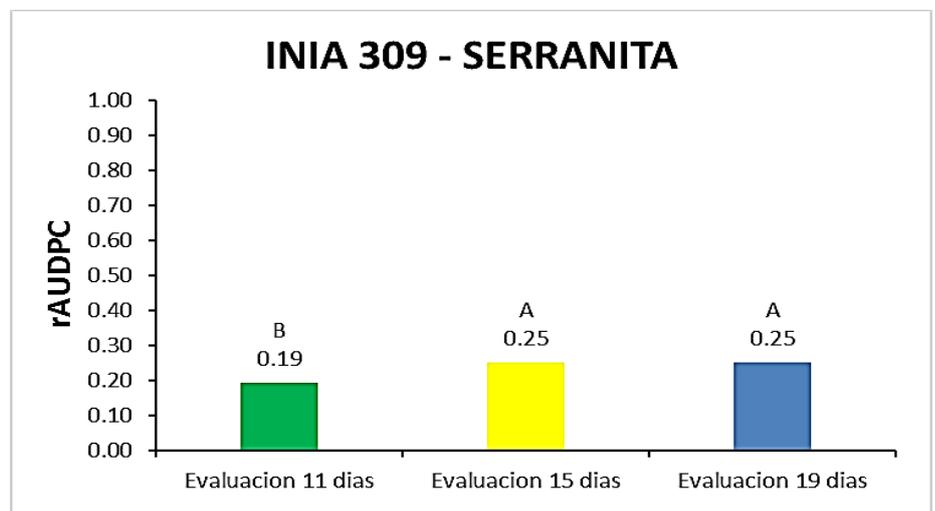
De acuerdo al análisis de varianza (tabla 8) para la dependiente rAUDPC en la variedad poderosa en la localidad de Aco, la probabilidad es mayor a 0.05 nos indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Así mismo el coeficiente de variación de 35.29 %, considerado como aceptable según Calzada (1970), pues los experimentos conducidos bajo condiciones de campo, o bajo centros donde no se tiene el Control Ambiental, el C.V permitido debe ser menor del 30 %.

De acuerdo a la prueba estadística Duncan no existe diferencias significativas entre los tres tratamientos T1, T2 Y T3 con frecuencias de aplicación de 11,15 y 19.

Variedad Serranita (INIA 309 – Serranita) localidad de Aco

El valor más alto de AUDPC relativo (rAUDPC) se obtiene con el tratamiento T2 y T3 que corresponden a 15 y 19 días de evaluación (0.25 y 0.25 respectivamente), y el menor valor se obtuvo con el tratamiento T1 (11 días de evaluación (0.19). Estadísticamente no existen diferencias significativas en los tratamientos.

Gráfico 6. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC) en la variedad Serranita de la localidad de Aco.



De acuerdo al análisis de varianza (tabla 10) para la dependiente rAUDPC en la variedad serranita en la localidad de Aco, la probabilidad es menor a 0.05 nos indica que existen diferencias estadísticas significativas

Número de medias	2	3
Rango crítico	.03816	.03899

Duncan Agrupamiento	Media	N	DIAS	TRT
A	0.25000	3	19	T3
A	0.24667	3	15	T2
B	0.19333	3	11	T1

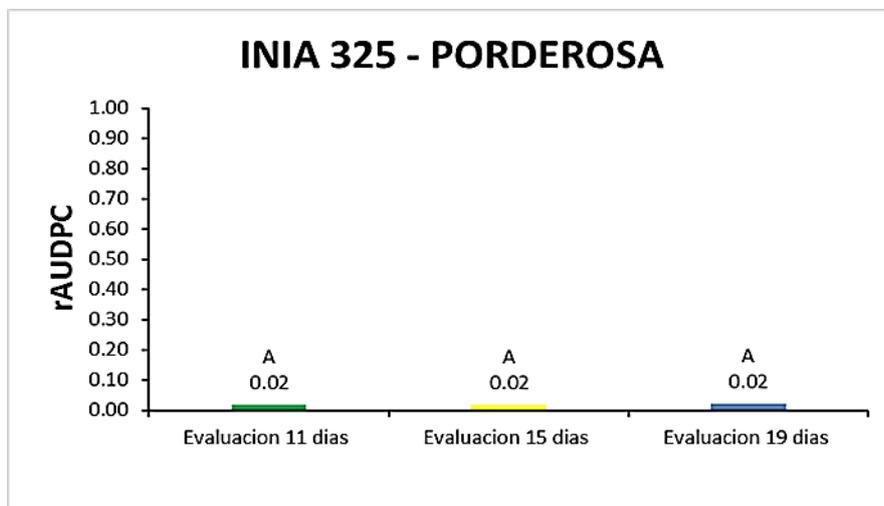
De acuerdo a la prueba estadística Duncan no existe diferencias significativas entre los tratamientos T3 y T2 con frecuencias de aplicación de 19 y 15 días, sin embargo, estos son superiores al tratamiento T1 con frecuencia de aplicación de 11 días.

4.2.4.2. Parcela experimental de la localidad de Cacara

Variedad Poderosa (INIA 325 – Poderosa) localidad de Cacara

Se obtuvieron el mismo valor más alto de AUDPC relativo (rAUDPC) en los tres tratamientos T1, T2 y T3 correspondiente a 11,15 y 19 días de evaluación los cuales fueron (0.02, 0.02 y 0.02 respectivamente). Estadísticamente no existen diferencias significativas en los tratamientos.

Gráfico 7. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC) en la variedad Poderosa de la localidad de Cacara.



De acuerdo al análisis de varianza (tabla 12) para la dependiente rAUDPC en la variedad poderosa en la localidad de Cacara, la probabilidad es mayor a 0.05 nos indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Así mismo el coeficiente de variación de 35.29 %, considerado como aceptable según Calzada (1970), pues los experimentos conducidos bajo condiciones de campo, o bajo centros donde no se tiene el Control Ambiental, el C.V permitido debe ser menor del 30 %.

Tabla 12. Análisis de varianza en la variedad poderosa, con los tratamientos: 11, 15 y 19 días con el apoyo de los discos circulares. Variable dependiente rAUDPC de la localidad de Cacara.

Fuente	D F	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	0.00011111	0.00002778	0.63	0.6700
Error	4	0.00017778	0.00004444		
Total	8	0.00028889			

R-cuadrado 0.384615 **Coef Var** 35.29412 **Raíz MSE** 0.006667 **rAUDPC Media** 0.018889

Tabla 13. Prueba Duncan para rAUDPC variedad poderosa de la localidad de Cacara.

Alpha 0.05
Grados de error de libertad 4
Error de cuadrado medio 0.000044

Número de medias **2** **3**
Rango crítico .01511 .01544

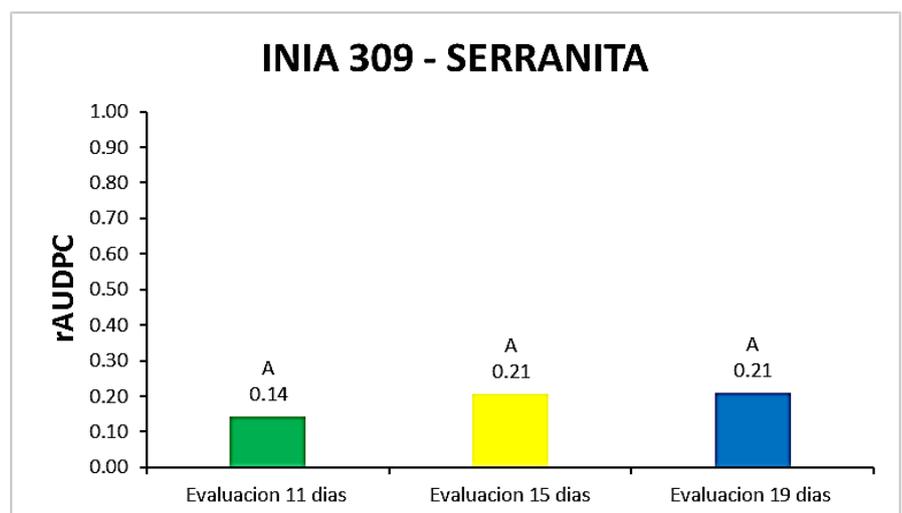
Duncan Agrupamiento	Media	N	DIAS	TRT
A	0.023333	3	19	T3
A	0.016667	3	15	T2
A	0.016667	3	11	T1

De acuerdo a la prueba estadística Duncan no existe diferencias significativas entre los tres tratamientos T1, T2 y T3 con frecuencias de aplicación de 11,15 y 19.

Variedad Serranita (INIA 309 – Serranita) localidad de Cacara

Los valores más alto de AUDPC relativo (rAUDPC) se obtiene con el tratamiento T2 y T3 correspondiente a 15 y 19 días de evaluación (0.21 y 0.21 respectivamente), y el menor valor se obtuvo con el tratamiento T1 (11 días de evaluación (0.14). Estadísticamente no existen diferencias significativas en los tratamientos. Estadísticamente no existen diferencias significativas en los tratamientos.

Gráfico 8. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC) en la variedad Serranita de la localidad de Cacara.



De acuerdo al análisis de varianza (tabla 14) para la dependiente rAUDPC en la variedad serranita en la localidad de Cacara, la probabilidad es mayor a 0.05 nos indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Así mismo el coeficiente de variación de 20.83 %, considerado como aceptable según Calzada (1970), pues los experimentos conducidos bajo condiciones de campo, o bajo centros donde no se tiene el Control Ambiental, el C.V permitido debe ser menor del 30 %.

Tabla 14. Análisis de varianza en la variedad serranita, con los tratamientos: 11, 15 y 19 días con el apoyo de los discos circulares. Variable dependiente rAUDPC de la localidad de Cacara.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	0.01084444	0.00271111	1.81	0.2891
Error	4	0.00597778	0.00149444		
Total	8	0.01682222			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	rAUDPC Media
0.644650	20.83368	0.038658	0.185556

Tabla 15. Prueba Duncan para rAUDPC variedad de serranita de la localidad de Cacara.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	4

Error de cuadrado medio 0.001494

Número de medias 2 3

Rango crítico .08764 .08955

Duncan Agrupamiento	Media	N DIAS TRT		
A	0.20667	3	19	T3
A	0.20667	3	15	T2
A	0.14333	3	11	T1

De acuerdo a la prueba estadística Duncan no existe diferencias significativas entre los tres tratamientos T1, T2 y T3 con frecuencias de aplicación de 11,15 y 19.

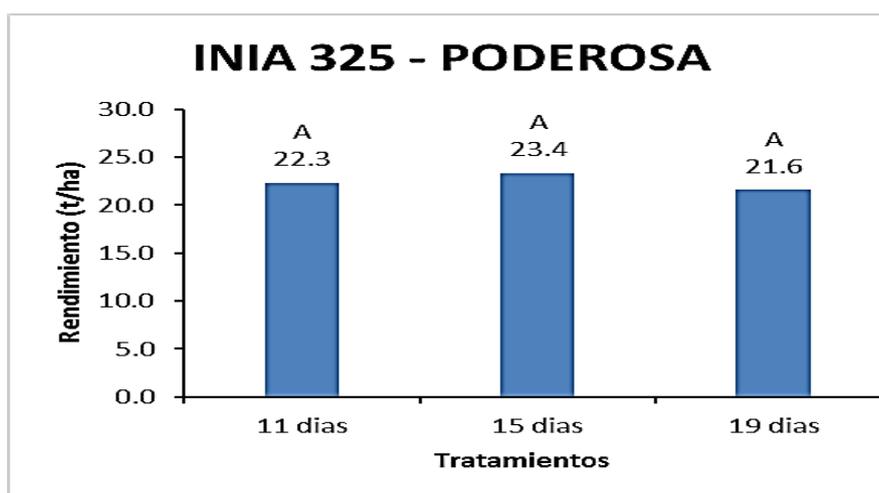
4.2.5. Rendimiento.

4.2.5.1. Parcela experimental en la localidad de Aco

Variedad Poderosa (INIA 325 – Poderosa) localidad de Aco

En el tratamiento T3, correspondiente a 19 días se obtuvo rendimientos de (21.6 t/ha), con el tratamiento T1 correspondiente a 11 días se obtuvo un rendimiento de (22.3 t/ha) y con el tratamiento T2 correspondiente a 15 días se obtuvo rendimientos de (23.4 t/ha).

Gráfico 9. Peso comercial estimado por hectárea (PCEsha) en la variedad Poderosa de la localidad de Aco.



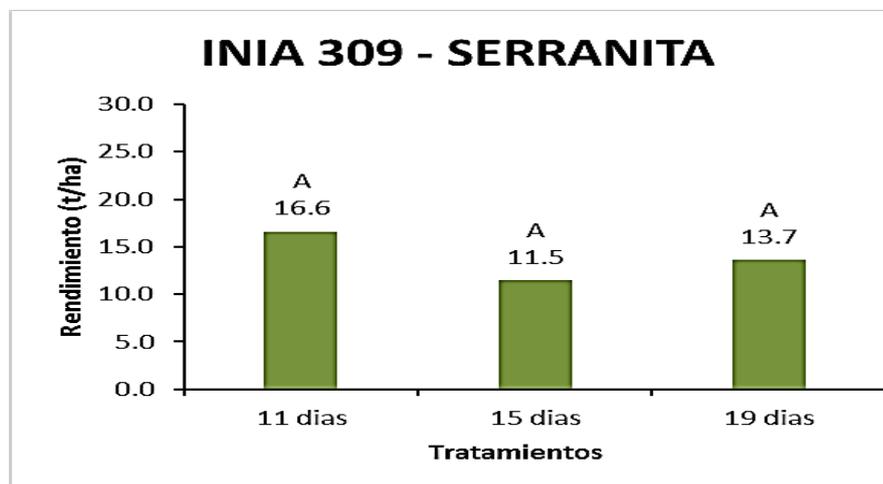
De acuerdo al análisis de varianza (tabla 16) para la dependiente PCEsha en la variedad poderosa en la localidad de Aco, la probabilidad es mayor a 0.05 nos indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Así mismo el coeficiente de variación de 7.87 %, considerado como aceptable según Calzada (1970), pues los experimentos conducidos bajo condiciones de campo, o bajo centros donde no se tiene el Control Ambiental, el C.V permitido debe ser menor del 30 %.

De acuerdo a la prueba estadística Duncan no existe diferencias significativas entre los tres tratamientos T1, T2 y T3 correspondientes a 11,15 y 19 en los rendimientos.

Variedad Serranita (INIA 309 – Serranita) localidad de Aco

En el tratamiento T2 correspondiente a 15 días se obtuvo rendimientos de (11.5 t/ha), con el tratamiento T3 correspondiente a 19 días se obtuvo rendimientos de (13.7 t/ha) y con el tratamiento T1 correspondiente a 11 días se obtuvo rendimientos de (16.6 t/ha).

Gráfico 10. Peso comercial estimado por hectárea (PCEsha) en la variedad Serranita de la localidad de Aco.



De acuerdo al análisis de varianza (tabla 18) para la dependiente PCEsha en la variedad serranita en la localidad de Aco, la probabilidad es mayor a 0.05 nos indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Así mismo el

Duncan Agrupamiento	Media	N	DIAS	TRT
A	13.633	3	19	T3
A	11.467	3	15	T2

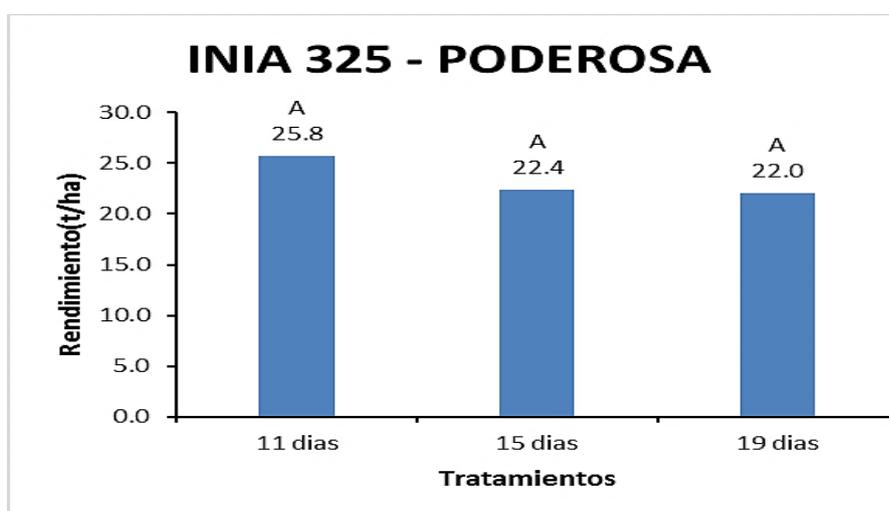
De acuerdo a la prueba estadística Duncan no existe diferencias significativas entre los tres tratamientos T1, T2 y T3 correspondiente a 11,15 y 19 en los rendimientos.

4.2.5.2. Parcela experimental en la localidad de Cacara

Variedad Poderosa (INIA 325 – Poderosa) localidad de Cacara

En el tratamiento T1 correspondiente a 11 días se obtuvo rendimientos de (25.8 t/ha), con el tratamiento T2 correspondiente a 15 días se obtuvo rendimientos de (22.4 t/ha) y con el tratamiento T3 correspondiente a 19 días se obtuvo un rendimiento de (22.0 t/ha).

Gráfico 11. Peso comercial estimado por hectárea (PCEsha) en la variedad Poderosa de la localidad de Cacara.



Número de medias	2	3
Rango crítico	13.71	14.01

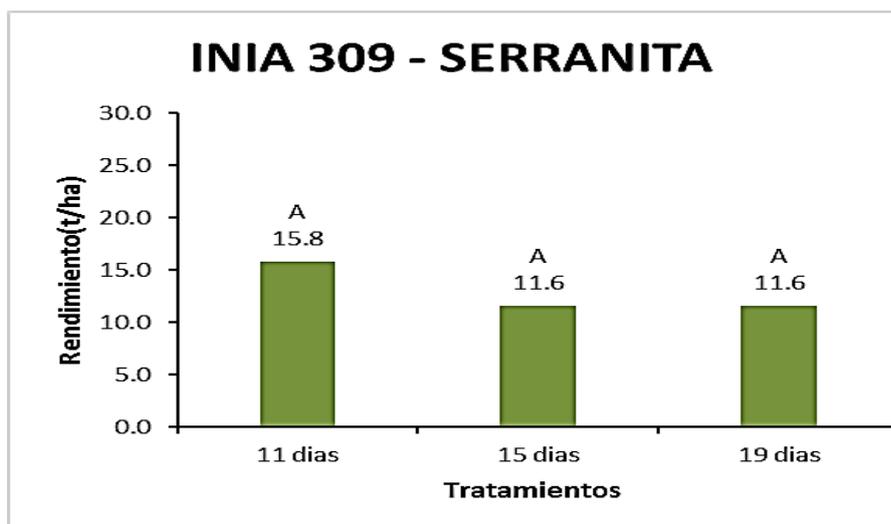
Duncan Agrupamiento	Media	N	DIAS	TRT
A	25.767	3	11	T1
A	22.400	3	15	T2
A	22.033	3	19	T3

De acuerdo a la prueba estadística Duncan no existe diferencias significativas entre los tres tratamientos T1, T2 y T3 correspondientes a 11,15 y 19 en los rendimientos.

Variedad Serranita (INIA 309 – Serranita) localidad de Cacara

En el tratamiento T1 correspondiente a 11 días se obtuvo rendimientos de (15.8 t/ha) y con el tratamiento T2 correspondiente a 15 días se obtuvo un rendimiento de (11.6 t/ha) y con el tratamiento T3 correspondiente a 19 días también se obtuvo rendimientos de (11.6 t/ha).

Gráfico 12. Peso comercial estimado por hectárea (PCEsha) en la variedad Serranita de la localidad de Cacara.



De acuerdo al análisis de varianza (tabla 22) para la dependiente PCEsha en la variedad serranita en la localidad de Cacara, la probabilidad es mayor a 0.05 nos indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Así mismo el coeficiente de variación de 14.80 %, considerado como aceptable según Calzada (1970), pues los experimentos conducidos bajo condiciones de campo, o bajo centros donde no se tiene el Control Ambiental, el C.V permitido debe ser menor del 30 %.

Tabla 22. Análisis de varianza en la variedad Serranita, con los tratamientos: 11, 15 y 19 días con el apoyo de los discos circulares. Variable dependiente PCEsha de la localidad de Cacara.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	38.0044444	9.501111	2.57	0.1914

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Error	4	14.7844444	3.696111		
Total	8	52.7888888			

R-cuadrado Coef Var Raíz MSE Primera Media
0.719933 14.80132 1.922527 12.98889

Tabla 23. Prueba Duncan para PCEsha variedad serranita de la localidad de Cacara.

Alpha 0.05
Grados de error de libertad 4
Error de cuadrado medio 3.696111

Número de medias 2 3
Rango crítico 4.358 4.454

Duncan Agrupamiento	Media	N	DIAS	TRT
A	15.767	3	11	T1
A	11.600	3	15	T2
A	11.600	3	19	T3

De acuerdo a la prueba estadística Duncan no existe diferencias significativas entre los tres tratamientos T1, T2 y T3 correspondientes a 11,15 y 19 en los rendimientos.

4.2.6. Impacto Ambiental (IE)

4.2.6.1. Parcela experimental de la localidad de Aco

Los resultados de impacto ambiental alcanzado, por cada tratamiento en cada variedad son mostrados en la tabla 24.

Tabla 24. Impacto ambiental total alcanzado en cada tratamiento y por cada variedad en la parcela experimental de Aco.

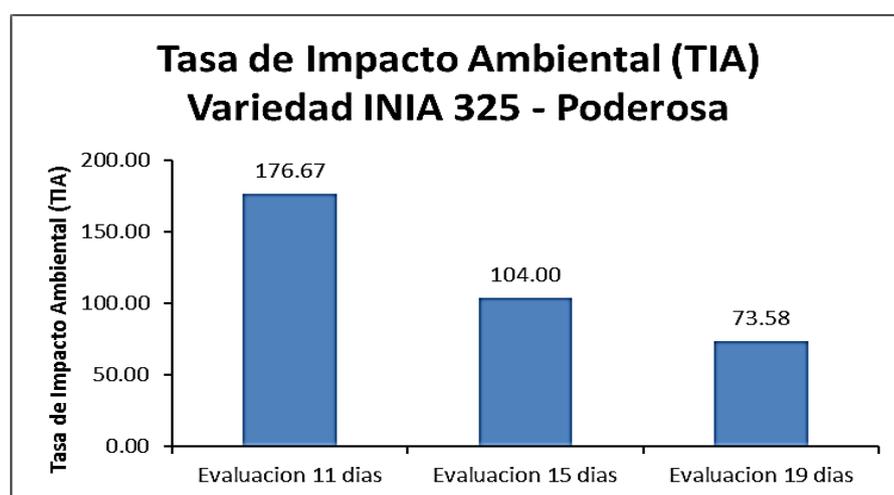
Variedad	Tratamiento	Numero de Aplicaciones	Total, IA
Poderosa	Evaluación 11 días	10	176.67
Poderosa	Evaluación 15 días	7	104.00
Poderosa	Evaluación 19 días	6	73.58
Serranita	Evaluación 11 días	10	303.18
Serranita	Evaluación 15 días	7	145.11
Serranita	Evaluación 19 días	6	123.21

Variedad Poderosa (INIA 325 – Poderosa) – Parcela experimental de Aco.

El valor de impacto ambiental logrado fue menor en el caso del tratamiento T3 de evaluación correspondiente a 19 días

(73.58), en comparación al logrado con el tratamiento T2 de evaluación correspondiente a 15 días (104.00) y en el caso del tratamiento T1 de evaluación correspondiente a 11 días fue el más alto (176.67).

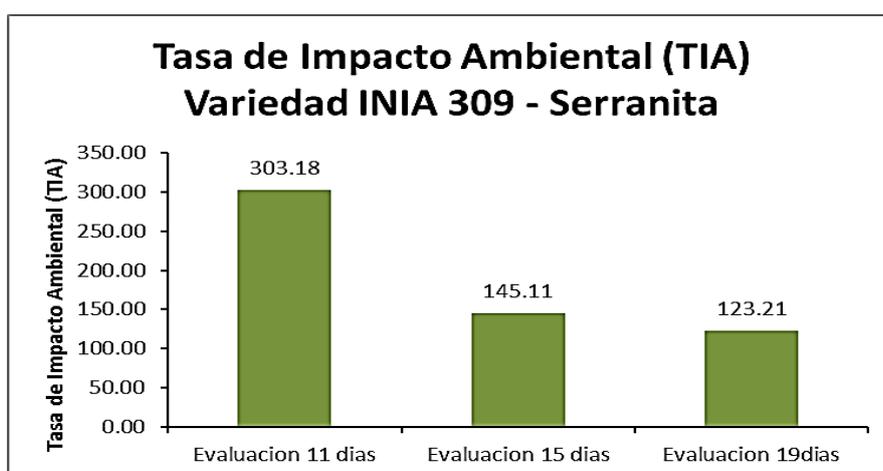
Gráfico 13. Impacto ambiental (IA), alcanzado en la variedad Poderosa (INIA 325 – Poderosa), en la parcela experimental de Aco.



Variedad Serranita (INIA 309 – Serranita) – Parcela experimental de Aco.

El valor de impacto ambiental logrado fue menor en el caso del tratamiento T3 de evaluación correspondiente a 19 días (123.21), en comparación al logrado con el tratamiento T2 de evaluación correspondiente a 15 días (145.11) y en el caso del tratamiento T1 de evaluación correspondiente a 11 días fue el más alto (303.18).

Gráfico 14. Impacto ambiental (IA), alcanzado en la variedad Serranita (INIA 309 – Serranita), en la parcela experimental de Aco.



4.2.6.2. Parcela experimental de la localidad de Cacara

Los resultados de impacto ambiental alcanzado, por cada tratamiento en cada variedad son mostrados en la tabla 25.

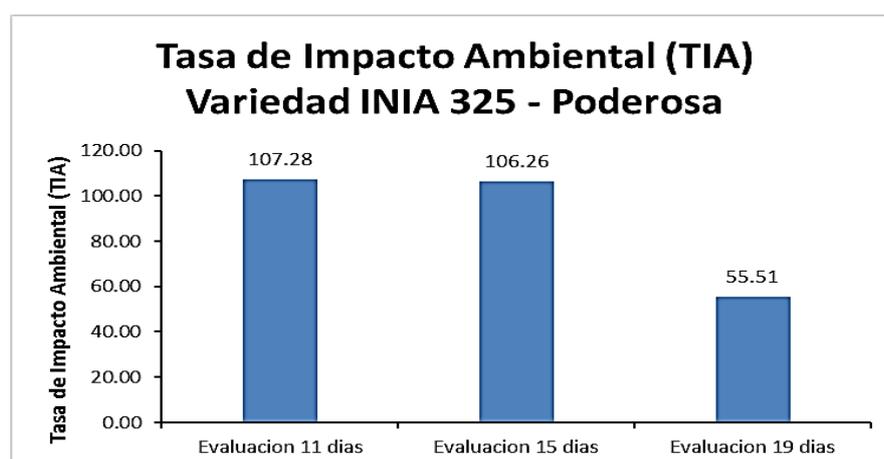
Tabla 25. Impacto ambiental total alcanzado en cada tratamiento y por cada variedad en la parcela experimental de Cacara.

Variedad	Tratamiento	Numero de Aplicaciones	Total, IA
Poderosa	Evaluación 11 días	9	107.28
Poderosa	Evaluación 15 días	7	106.26
Poderosa	Evaluación 19 días	5	55.51
Serranita	Evaluación 11 días	8	176.31
Serranita	Evaluación 15 días	6	92.12
Serranita	Evaluación 19 días	5	92.07

Variedad Poderosa (INIA 325 – Poderosa) – Parcela experimental de Cacara.

El valor de impacto ambiental logrado fue menor en el caso del tratamiento T3 de evaluación correspondiente a 19 días (55.51), en comparación al logrado con el tratamiento T2 de evaluación correspondiente a 15 días (106.26) y en el caso del tratamiento T1 de evaluación correspondiente a 11 días fue el más alto (107.28).

Gráfico 15. Impacto ambiental (IA), alcanzado en la variedad Poderosa (INIA 325 – Poderosa), en la parcela experimental de Cacara.

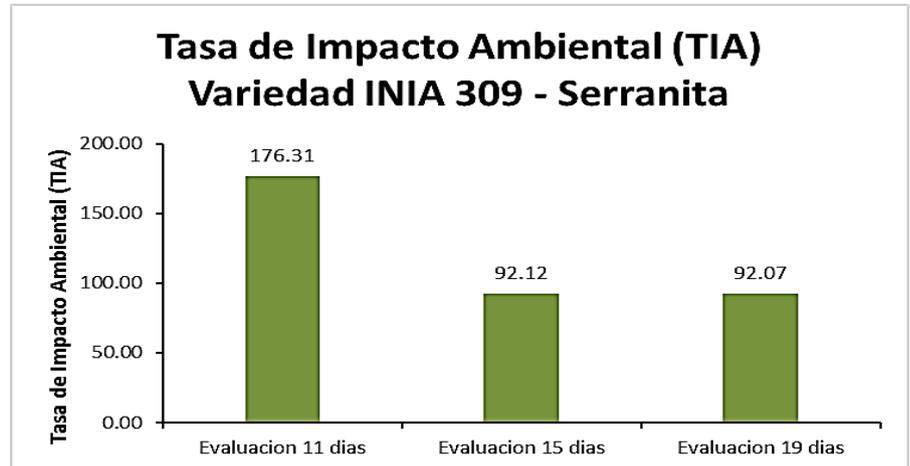


Variedad Serranita (INIA 309 – Serranita) – Parcela experimental de Cacara.

El valor de impacto ambiental logrado fue menor en el caso del tratamiento T3 de evaluación correspondiente a 19 días (92.07), en comparación al logrado con el tratamiento T2 de evaluación correspondiente a 15 días

(92.12) y en el caso del tratamiento T1 de evaluación correspondiente a 11 días fue el más alto (176.31).

Gráfico 16. Impacto ambiental (IA), alcanzado en la variedad Serranita (INIA 309 – Serranita), en la parcela experimental de Cacara.



4.2.7. Relación Severidad – Impacto Ambiental – Rendimiento

En la parcela experimental de las dos localidades, con el tratamiento T1 y T2 correspondiente a 11 y 15 días las variedades: Poderosa y Serranita, muestran que, a menor días de aplicaciones de fungicidas, mayor es el impacto ambiental, en relación con el tratamiento 19 días, que cuanto más prolongado es el tiempo de aplicación menor es el impacto ambiental pero en el rendimiento expresado en peso comercial estimado por hectárea (PCEsha) no hay diferencias significativas en los tres tratamientos de las dos localidades, con apoyo de los discos circulares.

En la parcela de la localidad de Aco, el número de aplicación de fungicidas fue mayor en los tres tratamientos T1, T2 y T3 (11 días, 15 días, 19 días), el impacto ambiental alcanzado fue de mayor valor en la localidad de Aco, mientras que en la localidad de Cacara fue menor en las dos variedades: Poderosa y

Serranita; en la variedad poderosa de la localidad de Aco se obtuvo rendimientos similares con relación a la localidad de Cacara, pero el impacto ambiental fue más alto frente a la localidad de Cacara en el cual se obtuvo un impacto ambiental relativamente bajo, pero con un rendimiento similar a la localidad de Cacara.

Tabla 26. Relación; Severidad, Impacto ambiental y Rendimiento. Parcela experimental

Variedad	Tratamiento	N° de Aplicaciones	rAUDPC (%)		PCEsha (t/ha)		Impacto Ambiental (IA)
			Valor	significación	Valor	Significación	
Poderosa ACO	Evaluaciones cada 11 días	10	0.03	A	22.3	A	176.67
	Evaluaciones cada 15 días	7	0.02	A	23.4	A	104.00
	Evaluaciones cada 19 días	6	0.03	A	21.6	A	73.58
Serranita ACO	Evaluaciones cada 11 días	10	0.19	B	16.6	A	303.18
	Evaluaciones cada 15 días	7	0.25	A	11.5	A	145.11
	Evaluaciones cada 19 días	6	0.25	A	13.7	A	123.21
Poderosa CACARA	Evaluaciones cada 11 días	9	0.02	A	25.8	A	107.28
	Evaluaciones cada 15 días	7	0.02	A	22.4	A	106.26
	Evaluaciones cada 19 días	5	0.02	A	22.0	A	55.51
Serranita CACARA	Evaluaciones cada 11 días	8	0.14	A	15.8	A	176.31
	Evaluaciones cada 15 días	6	0.21	A	11.6	A	92.12
	Evaluaciones cada 19 días	5	0.21	A	11.6	A	92.07

4.3. Discusión de Resultados

Arias (2017), efectuó un trabajo de investigación con la finalidad de comparar las frecuencias, la severidad, rendimiento e impacto ambiental, usando la estrategia de las herramientas circulares (discos de apoyo) y usando la estrategia del agricultor, para el control del tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, bajo condiciones climáticas del distrito de Paucartambo – Pasco (2480 m.s.n.m., 10° 45´ 45.8” de latitud sur y 75° 43´ 57.02” de longitud occidental). El experimento se desarrolló con tres de las variedades más difundidas de papa en el Perú, agrupadas en dos grados de resistencia genética: Canchan, Yungay (susceptible) y UNICA (moderadamente resistente). Se usó el diseño experimental DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar). Llegando a las siguientes conclusiones: Las herramientas circulares son fáciles de utilizar, prácticos y eficientes para el control de la ranca, que puede ser manejada sin dificultad por los agricultores, con una adecuada capacitación. Asimismo, en todas las variedades en estudio con el uso de las herramientas circulares, se logró reducir considerablemente el Impacto Ambiental que se logra con el uso de plaguicidas en relación a lo que hace un agricultor.

En ambos proyectos de tesis se llegó a la siguiente conclusión, que las herramientas circulares son fáciles de utilizar, prácticos y eficientes para el control de la ranca, que pueden ser manejado sin dificultades. Asimismo, en las dos variedades, se logró reducir el impacto ambiental que se logra con el uso de plaguicidas.

El manejo del tizón tardío en las variedades INIA 309 – Serranita, INIA 325 – Poderosa , bajo el criterio de las herramientas circulares y de las zonas en estudio, si presentaron diferencias estadísticas en cuanto a severidad de la enfermedad, la variedad poderosa fue más resistente al tizón tardío que la variedad serranita, concerniente en el rendimiento y el rAUDPC no hubo diferencias significativas , lo que implica que las decisiones tomadas según el criterio del tesista con relación a las herramientas circulares fue efectiva en estas variedades.

La ventaja del uso de las herramientas circulares, radica en el menor impacto ambiental que se logra al usar los fungicidas en forma adecuada y oportuna. Generalmente los agricultores mezclan diferentes fungicidas incluso varios productos con el mismo ingrediente activo. Esto es debido a la falta de conocimiento de parte del agricultor en algunos aspectos básicos del manejo de enfermedades, como la diagnosis correcta de la enfermedad, diferencias entre la especificidad y eficacia de los fungicidas, y diferencia entre ingredientes activos. Más peligroso aún resulta que la mayoría de los agricultores de los Andes no usa equipos de protección al momento de aplicar los fungicidas con el considerable riesgo a la salud de los aplicadores, sus familiares, consumidores y el medio ambiente.

Otra ventaja del uso de las herramientas es la facilidad que tiene el agricultor para relacionar la resistencia genética de la variedad que cultiva con el color de las herramientas circulares. Generalmente el agricultor no toma en cuenta el nivel de resistencia de la variedad de papa que cultiva por la que la aplicación de fungicidas lo generaliza a todas las variedades por igual sin tomar en cuenta el modo de acción del fungicida.

CONCLUSIONES

1. En las dos localidades se pudo determinar la eficiencia del uso de herramientas circulares en la toma de decisiones para el manejo del tizón tardío en variedades resistentes de papa, tanto para la localidad de aco y cacara, estas siendo eficiente el tratamiento T3 de aplicación a 19 días teniendo resultados positivos en eficiencia del producto como el rendimiento del tubérculo.
2. La severidad causada por efecto de las dos estrategias para la aplicación de fungicidas pese a los factores de clima apropiado para el desarrollo del tizón tardío por ende no ha sido significativo (hasta 5% de severidad en la variedad poderosa) en las dos localidades tanto en Aco y Cacara considerando la frecuencia de aplicación de hecho se debe a la resistencia de las dos variedades serranita y poderosa.
3. El rendimiento alcanzado por efecto del uso de las dos estrategias para la aplicación de fungicidas ha sido favorable no habiendo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de con rendimientos que variaron de 21.6 TM/ha a 25.8 TM/ha para la variedad poderosa y de 11.5 TM/ha a 16,6 TM/ha para la variedad serranita.
4. Las herramientas circulares tienen una aceptación aun considerando debido a que la experimentación ha sido con variedades resistentes.

RECOMENDACIONES

1. Validar los resultados extendiendo los días de evaluación de los discos circulares en una o más zonas de alta presión de *P. infestans* y usando variedades con diferente grado de resistencia genética.
2. Desarrollar una estrategia de difusión de la metodología planteada en esta tesis, dando a conocer estos resultados a instituciones y técnicos relacionados con el cultivo de papa y buscar reducir el uso excesivo de fungicidas.
3. El uso desmedido de fungicidas utilizados por los agricultores se debe a que en la zona no existe técnicos o extensionistas para recomendar la aplicación de fungicidas de manera adecuada de acuerdo a la recomendación del producto, por lo que es necesario un programa de extensión acerca del uso adecuado de fungicidas para el control de *P. infestans* haciendo uso de los discos circulares.
4. Difundir el uso de los discos circulares en la aplicación de fungicidas para prologar el tiempo de aplicación para el control de *P. infestans*.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, I., Lucca, F., Andrade, A., Pérez, J., & Bravo, R. (2018).** Implementation of early warning systems for Late Blight in Latin America. En Abstract Book 10th WPC- XXVIII ALAP 2018 Congress: Biodiversity, Food Security and Business. Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA. Cusco, Perú. XX pp.
- Acuña, I. y M. Gutiérrez.** 2004. Como reconocer los tizones de la papa. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Remehue. Informativo N°47.
- Alor, N. (2015).** Caracterización de *Phytophthora infestans* y mejora genética para la resistencia en patata. Tesis Doctoral. Lleida, España Universidad de Lleida. 165 p.
- Arce, A. (2002).** El cultivo de la patata. 2da Edición. Ed. Mundi-Prensa. España. pp. 41-69.
- Arias, J. (2017).** Validación del uso de herramientas circulares para la toma de decisiones en el control del tizón tardío *Phytophthora infestans* (mont.) de Bary. de la papa. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú.
- Arias, R. 2012.** Frecuencias de Aplicación del Fungicida Clorotalonil en Variedades con Diferente Grado de Resistencia Genética al Tizón Tardío de la Papa *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. Tesis Ing. UNDAC.141 pp.
- Barquero, M.; Brenes, A. & Gómez, L., (2005).** *Agronomía Costarricense* 29(3): 21-29.
- Batista, D.C., Lima, M. A., Haddad, F., Maffia, L.A., & Mizubuti, E. S. G. (2006).** Validation of decision support systems for tomato early blight and potato late blight, under Brazilian conditions. En *Crop Protection* 25 (2006) 664–670. doi: 10.1016/j.cropro.2005.09.009.
- Bonierbale, M. Haan, S, Forbes, A. Bastos, C.. 2010.** Centro Internacional de la Papa (CIP). Procedimientos para pruebas de evaluaciones estándar de clones avanzados de papa. Guía para Cooperadores Internacionales. Lima –Perú.
- Calzada, B. (1982)** Métodos estadísticos para la investigación. Editorial Milagro. Lima – Perú. Págs. 286 – 428.

- Centro** Internacional de la Papa (CIP). 1999. Situación actual de la ranca en el Perú. Manejo Integrado del Tizón Tardío de la Papa en la Ecorregion Andina. 79 de abril, 1997. Memorias del Taller. Quito, Ecuador.
- 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.
- Clausen, A.,** (2003). Conservación de germoplasma de papa. Boletín informativo INTA, Actualidad papera, 2 (5).
- Diana** Giraldo, Henry Juarez, Willmer Pérez, Irene Trebejo, Wilfredo Yzarra & Greg Forbes. Severidad del tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) en zonas agrícolas del Perú asociado con el cambio climático. Centro Internacional de la Papa.
- Egúsqüiza, 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.
- Egúsqüiza, R.** (2000). La Papa: producción, transformación y comercialización. 1ra. Edición Editorial Prisma. Lima - Perú. 192 pp.
- Espinoza, R y Aragón, J.** 2007. Manejo de Tizon Tardio [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, en el Cultivo de Papa cv calwhite en Época de Apante en la zona de Tisey, Esteli. Trabajo de Diploma. 49 pp. Universidad Nacional Agraria. Managua - Honduras.
- Forbes G, Pérez, W y Andrade Piedra.** 2014. Evaluación de la Resistencia en Genotipos de Papa a *Phytophthora infestans* Bajo Condiciones de Campo. Centro Internacional de la Papa, Apartado 1558, Lima- Perú.
- Fry W. E., Apple, A. & Bruhn J. A.** (1983). *Phytopathology* 73: 1054-1059.
- Giraldo, D., Juárez, H., Pérez, W., Trebejo, I., Yzarra, W. & Forbes, G.** (2010). Severidad del tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) en zonas agrícolas del Perú asociado con el cambio climático. En Revista Peruana GEO-ATMOSFÉRICA RPGA (2), 56-67 (2010).
- Grünwald, N. J., Romero, G., Lozoya, H., Rubio, O. A., & Fry, W. E.** (2002). Potato late blight management in the Toluca valley: Field validation of SimCast modified for cultivars with high field resistance. *Plant Dis.* 86:1163-1168.

- Hawkes**, J. G. (1990). The potato evolution, biodiversity and genetic resources. Belhaven Press, Oxford, UK.
- Citado por: Alor **Romero**, N. A. 2015. Caracterización de *Phytophthora infestans* y mejora genética para la resistencia en patata. Tesis Doctoral. Lleida, España Universidad de Lleida. 165 p.
- Huamán**, Z. (1980). Botánica sistemática y morfológica de la papa. Boletín de información técnica 6. Centro Internacional de la Papa., Lima, Perú. 20 pp.
- Huamán**, Z. (1986). Botánica sistemática y morfología de la papa. (Lima), Bol. 06. CIP. 23 pp.
- Inca**, A. (2015), Validación de la herramienta circular de toma de decisiones para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) (Mont.) De Bary DE LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.) en Tunshi, provincia de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Landeo** et al., (1990). Programa de Mejoramiento Genético del Centro Internacional de la Papa (CIP}.
- Lucca**, F., Mujica, N., Capezio, S., y Huarte, M. (2010). Estrategias para el control del tizón tardío en Argentina. En Memoria del XXIV Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa - ALAP 2010 y I Simposium Internacional de Recursos Genéticos de la Papa.
- Lucca**, M., & Huarte, M. (2012). Avances en el Control de Tizón Tardío. Extraído del XXV Congreso Latinoamericano de la Papa. Consultado el 8 de julio de 2013.
- Malagamba**, P. (1997). Fisiología y manejo de tubérculos-semillas de papa. Centro Internacional de la Papa. 2(2): 1-15.
- Ministerio** de Agricultura. (2006). Rentabilidad. Boletín del Estudio de Rentabilidad. La Papa: de los andes para el mundo. Edición Especial. Nro 7
- Ministerio** de Agricultura, Inia, Idesi Huanuco, CIP, Proyecto Pra (2005). Inia 309 – Serranita. Plegable N°6. Estación Experimental Santa Ana – Huánuco. Iniea, CIP, Idesi Huanuco, Apoyo Financiero: Proyecto PL 480 CTR.

- Minagri** y Inia (2014). Papa Inia 325- Poderosa. Plegable N° 12. diciembre 2012. Estación Experimental Agraria. Baños del Inca – Cajamarca. Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario Comunicación Técnica.
- Navia**, O & Fernández, N. 2000. Estrategias del Control Químico del Tizón Tardío para Cultivares Susceptibles. Ficha Técnica N° 02. Fundación PROINPA. Bolivia-Cochabamba.
- Olson**, D. G. (1985). Management systems: conceptual foundations, structure and development, Mc Graw Hill, New York.
- 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.
- Ortiz**, O., Thiele, G y Forbes, G. 2001. Conocimiento y Prácticas del Agricultor con Relación al Uso de Fungicidas en el Control del Tizón Tardío en los Andes.
- Oscar** Ortiz, Willy Pradel. 2009. Guía Introductoria para la Evaluación de Impactos en Programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP). Centro Internacional de la Papa (CIP). Impreso en el Perú por Tarea Asociación Gráfica Educativa.
- Panduro**, Y., y Arias, W. (2017). Efecto de estrategias de control químico del tizón tardío *Phytophthora infestans* (mont.) de Bary, de la papa canchan *Solanum tuberosum* en condiciones de Paucartambo, Pasco. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú.
- Pérez**, W., Andrade, J., Ortiz, O., & Forbes, G (2016). Validation of simple hand-held decision support system to manage potato late blight in the Andes. En Revista Latinoamericana de la Papa 20 (1): 45-64. ISSN: 1853-4961.
- Perez**, W., Andrade-Piedra, J.L., Lucca, F., Restrepo, S., y Acuña, I. 2018. Memorias del 3er. Taller de la Red de Cooperación Latinoamericana sobre el estudio del Tizón Tardío de las Solanáceas (Tizón Latino). Cusco, Perú. 27 de Mayo del 2018. Centro Internacional de la Papa (CIP, Perú), Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA, Chile), Instituto Nacional de Tecnología agropecuaria (INTA, Argentina) y Universidad de los Andes (UNIANDÉS, Colombia). 19 p.

- Pérez, W. G., & 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.
- Pumisacho, M. y Sherwood, S. (2002).** El cultivo de la papa en el Ecuador, INIAP, CIP, Ecuador, pp. 21-161
- Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española (2005).** «papa». Diccionario panhispánico de dudas (1.^a edición).
- 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.
- 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.
- Schepers, H. (2001).** Avances del control de Tizón Tardío en el Mundo. Memorias del XIX Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa, Cuba, 14 p. Consultado el 10 de junio de 2013.
- Skelsey, P., Rossing, W. A. H., Kessel, G. J. T., & Van Der Werf, W. (2009).** Scenario approach for assessing the utility of dispersal information in decision support for aerially spread plant pathogens, applied to *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* 99:887-895. doi:10.1094/PHYTO-99-7-0887.
- Small, I. M., Joseph, L., & Fry, W. E. (2015).** Evaluation of the BlightPro decision support system for management of potato late blight using computer simulation and field validation. *Phytopathology* 105: 1545-1554.
- Tapia, M. E. y Fries, A. M. 2007.** Guía de campo de los cultivos Andinos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Asociación Nacional de Productores ecológicos del Perú (ANPE PERÚ), Lima, Perú. 120 pp.
- Torres, H. (2002).** Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en el Perú.
- Torres, L.; Taipe, H., & Andrade-Piedra, J. (2011).** Manejo de Lancha. Centro Internacional de la Papa. Quito- Ecuador. Consultado el 12 agosto de 2013.

ANEXOS

VARIABLES ATMOSFERICAS

Variables atmosféricas en la parcela experimental durante la campaña agrícola 2018 – 2019. *

Variable atmosférica	Aco – Paucartambo
Temperatura mínima promedio °C	10
Temperatura máxima promedio °C	31
Temperatura diaria °C	19
HR mínima (%)	56
HR máxima (%)	98
HR media (%)	86
Precipitación (mm/día)	6
Precipitación total	606.028

Variables atmosféricas en la parcela experimental durante la campaña agrícola 2018 – 2019. *

Variable atmosférica	Cacara – Paucartambo
Temperatura mínima promedio °C	6
Temperatura máxima promedio °C	28
Temperatura diaria °C	15
HR mínima (%)	51
HR máxima (%)	93
HR media (%)	81
Precipitación (mm/día)	6.2
Precipitación total	673.758

*Registrado desde el 04 de Enero del 2018 al 20 de Abril el 2019, periodo de evaluación del tizón tardío.

PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 9 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: Registro de las variables observadas durante el experimento.



LOCALIDAD DE CACARA

Figura 10



a). Segunda evaluación en la variedad (INIA 325 – Poderosa) - Poderosa 49 dds.



b). Segunda evaluación en la variedad (INIA 309 – Serranita) - Serranita 49 dds.

LOCALIDAD DE ACO

Figura 11



a) Segunda evaluación en la variedad (INIA 325 – Poderosa) - Poderosa 39 dds.

b) Segunda evaluación en la variedad (INIA 309 – Serranita) - Serranita 39 dds.

LOCALIDAD DE CACARA

Figura 12

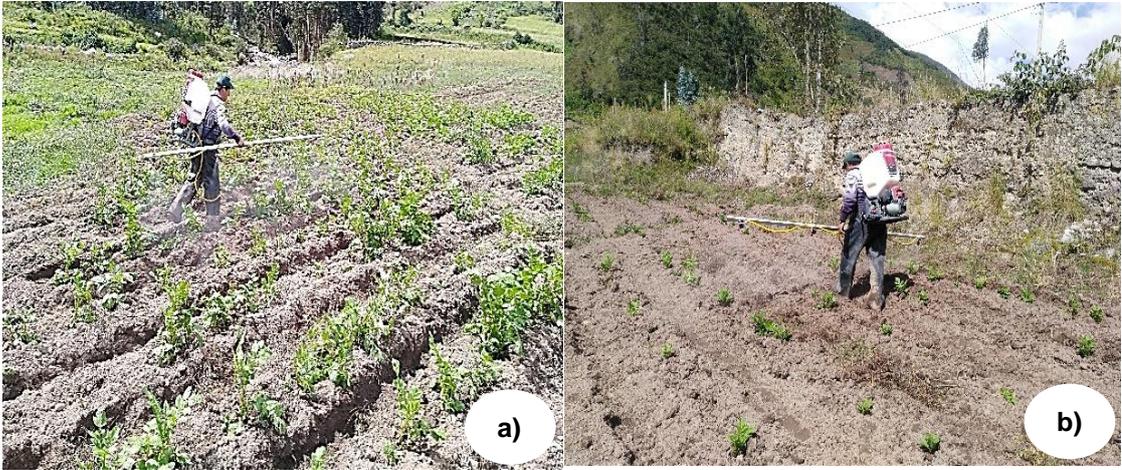


a) Tercera evaluación en la variedad (INIA 325 – Poderosa) - Poderosa 56 dds.

b) Tercera evaluación en la variedad (INIA 309 – Serranita) - Serranita 56 dds.

LOCALIDAD DE ACO

Figura 13



a) Tercera evaluación en la variedad (INIA 325 – Poderosa) - Poderosa 46 dds.

b) Tercera evaluación en la variedad (INIA 309 – Serranita) - Serranita 46 dds.

LOCALIDAD DE CACARA

Figura 14



a) Cuarta evaluación en la variedad (INIA 325 – Poderosa) - Poderosa 63 dds.

b) Cuarta evaluación en la variedad (INIA 309 – Serranita) - Serranita 63 dds.

LOCALIDAD DE ACO

Figura 15



a). Cuarta evaluación en la variedad (INIA 325 – Poderosa) - Poderosa 53 dds.

b). Cuarta evaluación en la variedad (INIA 309 – Serranita) - Serranita 53 dds.

LOCALIDAD DE CACARA

Figura 16



a) Quinta evaluación en la variedad (INIA 325 – Poderosa) - Poderosa 70 dds.

b) Quinta evaluación en la variedad (INIA 309 – Serranita) - Serranita 70 dds b).

LOCALIDAD DE ACO

Figura 17



a) Quinta evaluación en la variedad (INIA 325 – Poderosa) - Poderosa 60 dds.

b) Quinta evaluación en la variedad (INIA 309 – Serranita) - Serranita 60 dds.

LOCALIDAD DE CACARA

Figura 18



a) Sexta evaluación en la variedad (INIA 325 – Poderosa) - Poderosa 77 dds.

b) Sexta evaluación en la variedad (INIA 309 – Serranita) - Serranita 77 dds.

LOCALIDAD DE ACO

Figura 19



a) Sexta evaluación en la variedad (INIA 325 – Poderosa) - Poderosa 67 dds.

b) Sexta evaluación en la variedad (INIA 309 – Serranita) - Serranita 67 dds.

LOCALIDAD DE CACARA

Figura 20. Cosecha en la variedad (INIA 325 – Poderosa) – Poderosa 151 dds, en los tratamientos: a) T1, b) T2, c) T3 y d) Testigo.



LOCALIDAD DE CACARA

Figura 21. Cosecha en la variedad (INIA 309 – Serranita) – Serranita 151 dds, en los tratamientos: a) T1, b) T2, c) T3 y d) Testigo.



LOCALIDAD DE ACO

Figura 22. Cosecha en la variedad (INIA 325 – Poderosa) – Poderosa 146 dds, en los tratamientos: a) T1, b) T2, c) T3 y d) Testigo.



REGISTRO DE DATOS CACARA

Lugar: Cacara
 Distrito: Paucartambo

Fecha de siembra: 24/11/2018

Parcela Cacara

Rep	Var	Severidad LB (%)													AUDPC	rAUDPC	
		1 Ev	2 Ev	3 Ev	4 Ev	5 Ev	6 Ev	7 Ev	8 Ev	9 Ev	10 Ev	11 Ev	12 Ev	13 Ev			
Fecha		04/01/2019	11/01/2019	18/01/2019	25/01/2019	01/02/2019	08/02/2019	15/02/2019	22/02/2019	01/03/2019	08/03/2019	15/03/2019	22/03/2019	29/03/2019			
Dias despues Siembra		35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	112	119			
1	Poderosa	Evaluacion 11 dias	0	0	1	1	1	1	5	1	1	5	5	1	1	157.50	0.02
2	Poderosa	Evaluacion 11 dias	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5	1	129.50	0.02
3	Poderosa	Evaluacion 11 dias	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	101.50	0.01
Promedio	Poderosa	Evaluacion 11 dias	0	0	1	1	1	1	2	1	1	2	4	4	1	129.50	0.02
1	Poderosa	Evaluacion 15 dias	0	0	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1	5	143.50	0.02
2	Poderosa	Evaluacion 15 dias	0	0	0	1	1	1	1	1	5	1	1	1	5	108.50	0.01
3	Poderosa	Evaluacion 15 dias	0	0	0	1	1	1	1	1	5	5	5	1	5	164.50	0.02
Promedio	Poderosa	Evaluacion 15 dias	0	0	0	1	2	1	1	1	4	2	4	1	5	138.83	0.02
1	Poderosa	Evaluacion 19 dias	0	0	1	1	5	1	5	1	1	1	1	1	5	143.50	0.02
2	Poderosa	Evaluacion 19 dias	0	0	1	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	255.50	0.03
3	Poderosa	Evaluacion 19 dias	0	0	0	1	1	1	5	1	1	5	1	5	5	164.50	0.02
Promedio	Poderosa	Evaluacion 19 dias	0	0	1	1	1	1	5	1	1	5	1	5	5	169.17	0.02
1	Serranita	Evaluacion 11 dias	0	1	1	5	1	1	5	5	10	15	30	60	60	1148.00	0.14
2	Serranita	Evaluacion 11 dias	0	1	1	5	1	5	5	10	15	20	50	70	85	1578.50	0.19
3	Serranita	Evaluacion 11 dias	0	1	1	1	5	10	5	5	5	10	20	35	45	843.50	0.10
Promedio	Serranita	Evaluacion 11 dias	0	1	1	4	2	5	5	7	10	15	33	55	63	1190.00	0.14
1	Serranita	Evaluacion 15 dias	0	0	1	1	5	5	5	10	15	35	70	90	95	1991.50	0.24
2	Serranita	Evaluacion 15 dias	0	0	1	1	5	5	10	10	10	20	40	65	90	1484.00	0.18
3	Serranita	Evaluacion 15 dias	0	1	1	1	5	10	5	10	10	25	60	75	85	1718.50	0.20
Promedio	Serranita	Evaluacion 15 dias	0	1	1	1	5	7	7	10	12	27	57	77	90	1732.50	0.21
1	Serranita	Evaluacion 19 dias	0	1	1	5	5	5	5	10	10	20	40	70	95	1536.50	0.18
2	Serranita	Evaluacion 19 dias	0	1	1	5	5	10	10	10	15	30	65	95	98	2072.00	0.25
3	Serranita	Evaluacion 19 dias	0	1	1	1	5	5	10	5	8	15	55	80	95	1634.50	0.19
Promedio	Serranita	Evaluacion 19 dias	0	1	1	4	5	7	8	8	11	22	53	82	96	1747.67	0.21

REGISTRO DE DATOS ACO

Lugar: Aco
 Distrito: Paucartambo Provincia: Pasco
 Fecha de siembra: 28/11/2018

ENERO (2019)

Día	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J
Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
dds	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
LABORES CULTURALES																															
Días lluviosos (*)				x	x		x	x		x	x			x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	
Ev. Severidad					2°							3°						4°							5°						
11 días	Poderosa							2°									3°										4°				
	Serranita							2°									3°										4°				
15 días	Poderosa										2°														3°						
	Serranita										2°														3°						
19 días	Poderosa															2°															
	Serranita															2°															

Lugar: Aco
 Distrito: Paucartambo Provincia: Pasco
 Fecha de siembra: 28/11/2018

FEBRERO (2019)

Día	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J
Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
dds	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
LABORES CULTURALES																												
Días lluviosos (*)	x		x	x			x	x	x	x	x			x	x		x	x	x		x				x		x	x
Ev. Severidad		6°							7°							8°							9°					
11 días	Poderosa							5°									6°											7°
	Serranita							5°									6°											7°
15 días	Poderosa								4°															5°				
	Serranita								4°															5°				
19 días	Poderosa			3°																			4°					
	Serranita			3°																			4°					

Lugar: Aco
 Distrito: Paucartambo

Fecha de siembra: 28/11/2018

Parcela Aco

		Severidad LB (%)														AUDPC	rAUDPC	
Rep	Var	1 Ev	2 Ev	3 Ev	4 Ev	5 Ev	6 Ev	7 Ev	8 Ev	9 Ev	10 Ev	11 Ev	12 Ev	13 Ev	14 Ev			
Fecha		29/12/2018	05/01/2019	12/01/2019	19/01/2019	26/01/2019	02/02/2019	09/02/2019	16/02/2019	23/02/2019	02/03/2019	09/03/2019	16/03/2019	23/03/2019	30/03/2019			
Dias despues Siembra		32	39	46	53	60	67	74	81	88	95	102	109	116	123			
1	Poderosa	Evaluacion 11 dias	0	1	5	5	5	5	1	1	5	5	1	1	1	283.50	0.03	
2	Poderosa	Evaluacion 11 dias	0	1	1	5	5	5	1	1	1	1	5	1	5	241.50	0.03	
3	Poderosa	Evaluacion 11 dias	0	1	1	5	5	5	5	5	1	1	1	1	5	241.50	0.03	
Promedio	Poderosa	Evaluacion 11 dias	0	1	2	5	5	5	4	2	1	2	4	1	2	255.50	0.03	
1	Poderosa	Evaluacion 15 dias	0	0	1	5	5	5	5	5	1	5	1	1	1	245.00	0.03	
2	Poderosa	Evaluacion 15 dias	0	1	1	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	199.50	0.02	
3	Poderosa	Evaluacion 15 dias	0	1	1	5	5	5	1	1	1	1	5	1	5	227.50	0.03	
Promedio	Poderosa	Evaluacion 15 dias	0	1	1	5	5	5	4	2	1	2	2	1	2	224.00	0.02	
1	Poderosa	Evaluacion 19 dias	0	1	1	1	5	5	5	5	1	5	5	1	1	252.00	0.03	
2	Poderosa	Evaluacion 19 dias	0	1	1	1	5	5	1	5	1	1	1	1	1	185.50	0.02	
3	Poderosa	Evaluacion 19 dias	0	1	1	5	5	5	5	5	1	1	5	5	1	280.00	0.03	
Promedio	Poderosa	Evaluacion 19 dias	0	1	1	2	5	5	4	5	1	2	4	2	1	239.17	0.03	
1	Serranita	Evaluacion 11 dias	0	1	0	5	5	10	5	5	10	10	20	35	75	100	1617.00	0.18
2	Serranita	Evaluacion 11 dias	0	0	1	5	5	10	5	5	10	15	20	40	70	100	1652.00	0.18
3	Serranita	Evaluacion 11 dias	0	1	1	5	5	10	10	10	10	10	25	55	95	100	2009.00	0.22
Promedio	Serranita	Evaluacion 11 dias	0	1	1	5	5	10	7	7	10	12	22	43	80	100	1759.33	0.19
1	Serranita	Evaluacion 15 dias	0	1	1	1	5	5	5	5	10	20	50	75	90	100	2226.00	0.24
2	Serranita	Evaluacion 15 dias	0	0	1	5	5	10	5	10	10	20	50	75	90	100	2317.00	0.25
3	Serranita	Evaluacion 15 dias	0	1	1	5	5	10	10	10	10	22	45	75	86	100	2310.00	0.25
Promedio	Serranita	Evaluacion 15 dias	0	1	1	4	5	8	7	8	10	21	48	75	89	100	2284.33	0.25
1	Serranita	Evaluacion 19 dias	0	1	1	5	7	10	10	10	10	20	50	80	90	100	2408.00	0.26
2	Serranita	Evaluacion 19 dias	0	1	1	5	5	10	10	10	10	10	35	85	90	100	2254.00	0.25
3	Serranita	Evaluacion 19 dias	0	0	1	5	5	10	5	10	10	15	45	70	85	100	2177.00	0.24
Promedio	Serranita	Evaluacion 19 dias	0	1	1	5	6	10	8	10	10	15	43	78	88	100	2279.67	0.25

Validación de las herramientas circulares

Las herramientas circulares o discos circulares han sido validadas por los agricultores del distrito de Paucartambo con el uso de estos discos en sus campos agrícolas, complacidamente firmaron para la validación de estos discos circulares:

- 2.- /
- 3.- José Arias Trinidad 04082200 *Arias*
- 4.-
- 5.- Abilia Castañeda Soto 42684088 *Abilia*
- 6.- Reina Luz I Castañeda Soto 04062292 *Reina*
- 7.- Janira Graciela Curimania Durand 47476676 *Janira*
- 8.- Noemi Gomez Campos 43342699 *Noemi*
- 9.- Violeta Vasques Gondar 42589475 *Violeta*
- 10.- Andrea Soto Coronel 04036254 *Andrea Soto*
- 11.- Victoria Vega Huaynate 04037482 *Victoria*
- 12.- Estefanía Los Rojas Leon 04038002 *Estefanía*
- 13.- Dina Vega Garcia 04038452 *Dina*
- 14.- Carmen Lopez Gamara 80171004 *Carmen Lopez*
15. CASIMIR DURANO DAVID JACMINAS 42892749 *Casimir*
16. CASIMIR DURANO VICTORIO 04061362 *Casimir*
- 17.- Teribia Carhuachagua Orosco 04037826 *Teribia*
- 18.- Alicia Lopez Galvez 41055937 *Alicia*
- 19.- Albertino Soto Mauricio 04038450 *Albertino*
- 20.- Yda Copcha Miranda 04062333 *Yda*
- 21.- Rosa Ricalde Vega 04039139 *Rosa*
- 22.- Romuá Bhavela Ortiz Huaymate 40721420 *Romuá*
- 23.- meyer Copcha Ricalde 49996765 *Meyer*
- 24.- Kary yaret Orbone Garcia 41399328 *Kary*
- 25.- Braulio A Zahuaman Reyes 04038731 *Braulio*
- 26.- Roberto David Velita Fuero 71920090 *Roberto*
- 27.- Juan Gabriel Vega Anco 44146018 *Juan*
- 28.- Primitivo Garcia Panduro 04037848 *Primitivo*
- 29.- Ceferino Arias Puris 04036491 *Ceferino*
30. MIAEROS CABELLO UIMA 96226967 *Miaeros*
- 31.- Cristina Quiquia Garcia 04035232 *Cristina*
- 32.- Santosa Julia Basczola Pociota 04074323 *Santosa*