

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO

Tema: “Evaluación de la herramienta “Sistema de apoyo a la decisión” generado por el Centro Internacional de la Papa (CIP) para el Manejo Integrado de Tizón Tardío (MITT) en las comunidades de Canchaguano, Monteverde, El Chamizo y Atal del cantón Montufar provincia del Carchi.”

Trabajo de titulación previa la obtención del
Título de Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario

AUTOR: Andrés Edison Cangás Ortega

TUTOR: Ing. Herrera Ramírez Carlos David, M. Sc.

TULCÁN - ECUADOR

2019

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que el estudiante Andrés Edison Cangás Ortega con el número de cédula 040166855-3 ha elaborado el trabajo de titulación: “Evaluación de la herramienta “Sistema de apoyo a la decisión” generado por el Centro Internacional de la Papa (CIP) para el Manejo Integrado de Tizón Tardío (MITT) en las comunidades de Canchaguano, Monteverde, El Chamizo y Atal del cantón Montufar provincia del Carchi.”

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizamos la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



MSC. DAVID HERRERA
TUTOR



MSC. SEGUNDO RAMIRO MORA
LECTOR

Tulcán, julio de 2019

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de **Ingeniero** en la Carrera de ingeniería en desarrollo integral agropecuario de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.

Yo, Cangás Ortega Andrés Edison con cédula de identidad número 040166855-3 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

f.

Cangás Ortega Andrés Edison

AUTOR

Tulcán, julio de 2019

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Andrés Edison Cangás Ortega declaro ser autor de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “Evaluación de la herramienta “Sistema de apoyo a la decisión” generado por el Centro Internacional de la Papa (CIP) para el Manejo Integrado de Tizón Tardío (MITT) en las comunidades de Canchaguano, Monteverde, El Chamizo y Atal del cantón Montufar provincia del Carchi” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

f.....

Cangás Ortega Andrés Edison

AUTOR

Tulcán, julio de 2019

AGRADECIMIENTO

Infinitamente a Dios, por haberme dado la salud, para poder sobresalir cada prueba que la vida me puso durante mi formación profesional.

A la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI, a sus profesores por las enseñanzas brindadas.

Al Centro Internacional de la Papa (CIP), que me dio la oportunidad de realizar esta investigación, especialmente al Ing. Jonathan Gómez por toda la ayuda ofrecida.

Un agradecimiento sincero al M.Sc. David Herrera tutor de tesis quien me guio para esclarecer todas mis dudas además, gran amigo que con su enseñanza y su sabiduría a formado un profesional de grandes conocimientos.

A todos los agricultores que integraron el estudio, con quienes formamos estrechos lazos de amistad.

Al Ing. Ramiro Mora por ser mi lector, quien me oriento en la última etapa de mi proyecto de investigación.

DEDICATORIA

A mis padres María y Silvio, quienes me han brindado su apoyo incondicional.

A amigos y compañeros presentes y pasados, aquellos que compartieron su conocimiento,
alegrías y tristezas.

A toda mi familia por ser el soporte y luz que guían el camino.

Y a todas aquellas personas que estuvieron cerca, con su apoyo para que este sueño se haga
realidad.

¡A Misley  por supuesto!

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR	II
AUTORÍA DE TRABAJO	III
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
INTRODUCCIÓN	1
I. PROBLEMA.....	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	4
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	4
2.2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.2.1. Sistemas de apoyo a la decisión (SAD) para la aplicación de fungicidas en el control de tizón tardío (<i>Pythophthora infestans</i>).	6
2.2.1.1. Descripción de la tecnología.....	7
2.2.1.2 ¿Cómo funciona esta herramienta a la ayuda a la toma de decisiones para el control de tizón tardío?.....	8
2.2.1.3. Representación de la herramienta circular.	9
2.2.1.4. Elementos del sistema de apoyo a la decisión para el control de tizón tardío.	11
2.2.1.4.1. Susceptibilidad a <i>Phytophthora infestans</i>	11
2.2.1.4.2. Severidad de <i>Phytophthora infestans</i>	11

2.2.1.4.3. Área Bajo la curva del progreso de la Enfermedad (ABCPE)	11
2.2.1.4.4. Control químico	12
2.2.1.4.4.1. Fungicidas protectantes o de contacto (preventivos).....	12
2.2.1.4.4.2. Fungicidas sistémicos (curativos).	12
2.2.1.5. Evaluación del Impacto Ambiental	13
2.2.1.5.1 Coeficiente de Impacto Ambiental.	13
2.2.1.5.2 Tasa de impacto Ambiental	15
2.2.2 Generalidades del cultivo de papa	15
2.2.2.1. La Papa. Origen.....	15
2.2.2.2. Distribución geográfica.....	16
2.2.2.3. Cultivo de papa en Ecuador	16
2.2.2.4. Zonas productoras de papa	16
2.2.2.5. Cultivo de papa en la provincia del Carchi	16
2.2.2.6. Taxonomía	17
2.2.2.6.1. Clasificación taxonómica	17
2.2.2.6.2. Descripción Botánica	17
2.2.2.7. Variedades de papa cultivadas en Ecuador.....	18
2.2.2.8. Variedad Súperchola	18
2.2.2.8.1 Origen de la variedad	19
2.2.2.8.2. Características morfológicas.....	19
2.2.2.8.3 Características agronómicas.....	19
2.2.2.8.4 Características de calidad	19
2.2.2.8.5 Reacción a enfermedades	19
2.2.2.9. Tecnología del cultivo de papa	19
2.2.2.9.1. Elección del terreno.....	20
2.2.2.9.2. Preparación del suelo	20

2.2.2.9.3. Arada	20
2.2.2.9.4. Rastrada y Nivelada	21
2.2.2.9.5. Drenajes.....	21
2.2.2.9.6. Elaboración de surcos.....	21
2.2.2.10. Plagas y enfermedades que afectan al cultivo de papa.	21
2.2.2.10.1. Plagas.....	21
2.2.2.10.2 Enfermedades.....	22
2.2.2.11. Tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>).....	23
2.2.2.11.1. Taxonomía	23
2.2.2.11.2. Clasificación taxonómica de <i>Phytophthora infestans</i> (Agrios, 2005)	24
2.2.2.11.3. Importancia del tizón tardío	24
2.2.2.11.4. Origen	25
2.2.2.11.5. Descripción del patógeno	25
2.2.2.11.6. Morfología y ciclo de vida.....	25
2.2.2.11.7. Reproducción.....	27
2.2.2.11.8. Síntomas	27
2.2.2.11.9. Situación de la resistencia a tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>).....	28
2.2.2.12. Manejo Integrado del tizón tardío	29
2.2.2.12.1. Evitar la enfermedad prescindiendo de cualquier posible fuente del organismo.	30
2.2.2.12.2. Crear un programa de control cultural que no ayude al desarrollo de la enfermedad:	30
2.2.2.12.3. Use fungicidas en el instante adecuado:.....	30
III. METODOLOGÍA	31
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	31
3.1.1. Enfoque	31
3.1.2. Tipo de Investigación.....	31
3.2. HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER	32

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	33
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS.....	37
3.4.1. Localización del estudio.....	37
3.4.2. Descripción y características del estudio.....	38
3.4.3. Selección de agricultores.....	38
3.4.4. Clasificación de los productores.....	39
3.4.4.1. Productores sin tecnología SAD.	39
3.4.4.2. Productores con tecnología SAD.	39
3.4.4.2.1. Implementación de parcelas de evaluación con agricultores.	40
3.4.5 Variables evaluadas:	40
a) Severidad de tizón tardío en el cultivo de papa mediante el uso de la escala de evaluación de Henfling (Anexo 1).	40
b) Número de aplicaciones de productos químicos, protectantes y sistémicos en el cultivo de papa para el manejo integrado de tizón tardío.....	40
c) Consumo de productos químicos protectantes y sistémicos en el cultivo de papa para el manejo integrado de tizón tardío.....	41
d) Tipos de productos químicos aplicados en el cultivo de papa para el control de tizón tardío bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión.....	41
e) Costos de manejo integrado del tizón tardío con el uso de la herramienta de apoyo a las decisiones.	41
f) Rendimiento total.....	41
g) Tasa de impacto Ambiental generado por el control de tizón tardío en el cultivo de papa bajo el sistema de apoyo a la decisión.	42
h) Análisis económico del control de tizón tardío con y sin el uso de la herramienta de apoyo a las decisiones.....	42
3.4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1. RESULTADOS	43

4.1.1. Control de <i>Phytophthora infestans</i> en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión.	43
4.1.1.1. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de <i>Phytophthora infestans</i> en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión.	43
4.1.1.2. Severidad de tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) durante el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión.	43
4.1.1.3. Aplicaciones de productos químicos para el control de tizón tardío en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión.....	44
4.1.1.4. Consumo de productos químicos (kg/ciclo/parcela) en el cultivo de papa para el control de tizón tardío bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión.	45
4.1.2.3. Tipos de productos químicos aplicados en el cultivo de papa para el control de tizón tardío bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión.....	46
4.1.1.5. Impacto ambiental generado por el control de tizón tardío en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión.	47
4.1.1.6. Costos empleados en el control de tizón tardío en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión.	48
4.1.2. Rendimiento y análisis económico en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión.	49
4.1.2.1. Rendimiento en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión.	49
4.1.2.2. Análisis económico en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión.....	50
4.2. DISCUSIÓN	52
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
5.1. CONCLUSIONES	55
5.2. RECOMENDACIONES.....	56
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
VII. ANEXOS.....	64
7.1 Escala para determinación de severidad del tizón tardío de la papa.....	64

7.2 Datos de evaluaciones y toma de decisiones de cada agricultor para la aplicación de fungicida con uso del SAD en las comunidades de Atal, Canchaguano, Monteverde y el chamizo del cantón Montufar, 2018.....	65
7.3 Ingredientes activos de los productos químicos utilizados en el control de tizón tardío y sus Coeficientes de Impacto Ambiental (CIA).....	68
7.4 Promedio de las lecturas de severidad (%/días) de las parcelas involucradas en el estudio... 69	
7.5 Costo de producción del cultivo de papa con uso del sistema de apoyo a la decisión.....	71
7.5 Costo de producción del cultivo de papa sin uso del sistema de apoyo a la decisión.	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistema de valoración de las variables del Coeficiente de Impacto Ambiental (CIA).	14
Tabla 2. Coordenadas de los diferentes agricultores en el estudio.	37
Tabla 3. Prueba de Kruskal-Wallis del ABCPE en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión para el control de tizón tardío.	43
Tabla 4. Prueba de Wilcoxon para comparar el número de aplicaciones realizadas en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.	44
Tabla 5. Prueba de Wilcoxon del consumo de productos químicos (kg/ciclo/parcela) aplicados en el cultivo de papa para el control de tizón tardío bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.....	45
Tabla 6. Prueba de Wilcoxon para el Impacto Ambiental causado en el cultivo de papa para el control de tizón tardío bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.	47
Tabla 7. Prueba de Wilcoxon para comparar el costo de aplicaciones realizadas en el cultivo de papa en el control de tizón tardío bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.	48
Tabla 8. Prueba de Wilcoxon del rendimiento en el cultivo de papa bajo el efecto del Sistema de Apoyo a la Decisión en el control de tizón tardío.	49
Tabla 9. Variantes en el control de tizón tardío de las dos estrategias evaluadas en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.	50

Tabla 10. Relación costo-beneficio en el control de tizón tardío de las dos estrategias evaluadas en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.	51
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Herramienta de apoyo a la decisión para el control de tizón tardío; ROJO para uso en cultivares susceptibles, AMARILLO para uso en cultivares moderadamente resistentes y VERDE para uso en cultivares resistentes.	7
Figura 2. Herramienta Circular para la variedad Súperchola.	8
Figura 3. Nivel externo de la herramienta de apoyo a la decisión (SAD).	9
Figura 4. Nivel dos de la herramienta de apoyo a la decisión (SAD).	9
Figura 5. Nivel tres de la herramienta de apoyo a la decisión (SAD).	10
Figura 6. Nivel cuarto de la herramienta de apoyo a la decisión (SAD).	10
Figura 7. Tubérculos de Súperchola.	18
Figura 8. Diagrama esquemático de las relaciones filogenéticas entre los cinco reinos de eucariotas, destacando la situación de los Oomycetes. (Pérez y Forbes, 2008)	24
Figura 9. Ciclo de la enfermedad del tizón tardío causada por <i>Phytophthora infestans</i> en papa	26
Figura 10. Diseño de dos grupos relacionados.	38
Figura 11. Severidad (%) con y sin el uso del SAD y libre infestación en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.	44
Figura 12. Aplicaciones (número/ciclo) de productos realizadas en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.	45
Figura 13. Consumo de productos químicos empleados en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.	46
Figura 14. Productos químicos Kg/ciclo/parcela utilizados en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.	46
Figura 15. Productos químicos Kg/ciclo/parcela utilizados en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.	47
Figura 16. Tasa de Impacto Ambiental generado en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.	48

Figura 17. Costos del control de tizón tardío en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.	49
Figura 18. Rendimiento en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.	50
Figura 19. Instalación de las parcelas.	75
Figura 20. Instalación de medidores de lluvia en las parcelas que usaron el SAD.....	75
Figura 21. Instalación y revisión de sensores de lluvia y temperatura en la zona de estudio.	75
Figura 22. Lectura y registro de datos.	76
Figura 23. Labores efectuadas por los agricultores en sus parcelas.	76
Figura 24. <i>Lecturas de severidad en las parcelas</i>	76
Figura 25. Cosecha de las parcelas.	76

RESUMEN

El presente proyecto de investigación recoge los objetivos, la metodología, el cronograma y los recursos necesarios para evaluar el uso del Sistema de Apoyo a la Decisión (SAD) para el manejo integrado de *Phytophthora infestans*; en las comunidades de Canchaguano, Monteverde, El Chamizo y Atal del cantón Montufar provincia del Carchi, para determinar la mejor estrategia de control de *P. infestans*. Se establecieron dos grupos de trabajo con 39 participantes en el estudio; los 22 agricultores pertenecientes al grupo 1 usaron el SAD, y los 17 agricultores del grupo 2 basaron el control del Tizón Tardío en su propia experiencia y práctica. Se instaló parcelas de estudio con cada uno de los productores de los grupos 1 y 2 y además una parcela de libre infestación. Las variables evaluadas en la investigación fueron: Severidad del tizón tardío (*Phytophthora infestans*), número de aplicaciones, impacto ambiental, kg de productos químicos, costos empleados en el control de tizón tardío, y rendimiento.

Los resultados, muestran que el Sistema de Apoyo a la Decisión, logró un control eficiente de severidad de Tizón Tardío, reduciendo los productos químicos utilizados y muy considerablemente el impacto ambiental, con un número de aplicaciones, costos y rendimientos similares a la estrategia tradicional del agricultor.

Palabras clave: Sistema de Apoyo a la Decisión (SAD), *Phytophthora infestans*, Estrategia, Tizón Tardío.

ABSTRACT

This research project collects the objectives, methodology, the schedule and resources needed to evaluate the use of the Decision Support System (DSS) for the integrated management of *Phytophthora infestans* in the communities of Canchaguano, Monteverde, El Chamizo and Atal in the Montufar canton of the Carchi province, to determine the best control strategy for *P. infestans*. Two working groups were established with 39 study participants; the 22 farmers in group 1 used DSS and the 17 farmers in group 2 based their late blight control on their own experience and practice. Study plots were installed with each of the producers in groups 1 and 2, as well as a free infestation plot. The variables evaluated in the investigation were: Severity of late blight (*Phytophthora infestans*), number of applications, environmental impact, kg of chemicals, costs used in the control of Late Blight, and yield.

The results show that the Decision Support System achieved an efficient control of late blight severity, reducing the chemicals used and very considerably the environmental impact, with a number of applications, costs and yields similar to the farmer's traditional strategy.

Keywords: Decision Support System (DSS), *Phytophthora infestans*, Strategy, Late Blight.

INTRODUCCIÓN

Se han desarrollado muchos sistemas de apoyo a las decisiones (SAD) para manejar el tizón tardío (TT) de la papa causado por *Phytophthora infestans*, pero la mayoría de estos requieren equipos avanzado y, consecuentemente, no son una alternativa viable para los pequeños agricultores. Por lo tanto, existe la necesidad de enfoques asequibles y prácticos para optimizar el manejo de esta enfermedad devastadora en países de bajos ingresos económicos.

El SAD manual, consta de una rueda compuesta por cuatro círculos concéntricos: el externo amarillo representa el nivel de resistencia del cultivar, el siguiente círculo celeste representa las condiciones climáticas y el tercer círculo naranja constituye el intervalo de tiempo desde la última aplicación de fungicida y un círculo interno violeta final que hace una recomendación de aplicación de fungicida basada en los valores elegidos en los otros círculos.

El SAD se evaluó en un ensayo de campo en las comunidades de Canchaguano, Monteverde, Atal y el chamizo del cantón Montufar, según la eficacia del control del tizón tardío, medido con el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), así como el impacto en la salud humana y el medio ambiente, estimado por impacto ambiental (IA). Con cultivares de variedad Súperchola de resistencia intermedia a la enfermedad. El SAD representa una integración del control químico y la resistencia genética, que puede ser particularmente útil en el manejo del tizón tardío de la papa en localidades de ingresos económicos bajos y medios bajos.

Este proceso se centró en una preocupación clave a la que se enfrentan todos los agricultores en el manejo del tizón tardío: decidir cuándo rociar y qué fungicida aplicar.

El objetivo de la investigación fue evaluar la eficacia de esta herramienta como un sistema de apoyo a la decisión, que resulta asequible y fácil de usar, para ayudar a los pequeños agricultores a tomar mejores decisiones sobre tiempo de fumigación y selección de clases de fungicidas.

I. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desconocimiento de prácticas tecnológicas para la obtención de mejores rendimientos es uno de los problemas que enfrentan la mayoría de los agricultores al producir alimentos a nivel mundial (Jiménez, 2013). En América latina la incorporación a nuevas tecnologías en el agro resulta uno de los retos más significativos a la hora de implementarlas en procesos productivos (Parraguez, 2017). En Ecuador el principal obstáculo para la adopción de nuevos procesos productivos, es el desconocimiento de estos y su uso (Taípe, 2017).

En la provincia del Carchi, los agricultores en su gran mayoría trabajan con técnicas tradicionales en el control de tizón tardío las cuales no son muy eficientes y de altos costos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), repercutiendo esto en pérdidas económicas y bajos rendimientos por la presencia de *P. infestans*. (CIP, 2017), en el cantón Montufar, se desarrollan variedades vulnerables a *P. infestans* y varios agricultores ignoran su ciclo de vida, esto no permite efectuar con habilidad y eficiencia un buen control, por el desconocimiento de la dosificación y de los productos, para detener con la proliferación del hongo y frenar la diseminación en el resto del cultivo; el abuso conjuntamente con un mal manejo de los fungicidas produce gran afectación al medio ambiente amplificando la probabilidad de que razas de hongos se expongan a selección química y se tornen resistentes (Morales, 2002), por lo consiguiente sucede un desperdicio del producto y un aumento de la mano de obra (Huilcapi, 2012). Un control inoportuno e incorrecto de la enfermedad compromete gravemente a la cantidad y calidad de la producción en la parcela (Rivillas, Serna, Cristacho, & Gaitan, 2011).

Phytophthora infestans puede producir pérdidas de hasta el 100%. (Pumisacho y Sherwood, 2002), y es sin lugar a dudas la enfermedad que más influye en el cultivo de papa en el país y la de mayor peligro. Esta enfermedad es una de las más imperativas que influyen en el desarrollo de la papa, su control es excepcionalmente costoso en términos financieros, ya que en un ciclo de cultivo se pueden realizar entre 5 y 15 aplicaciones basadas en las condiciones climáticas y monetarias; se indica que el control de Tizón Tardío puede significar desde el 8 al 20% en el costo de producción de papa (Bustamante, 2015). Consecuentemente el desconocimiento de la herramienta sistema de apoyo a la decisión (SAD) generado por el Centro Internacional de la

Papa (CIP) para el Manejo Integrado de Tizón Tardío impide disminuir las pérdidas en el cultivo de papa en las zonas donde no es común su uso.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El sistema de apoyo a la decisión (SAD) generado por el CIP optimizará el manejo y control del tizón tardío en las comunidades de Canchaguano, Monteverde, El Chamizo y Atal del cantón Montufar provincia del Carchi?

1.3. JUSTIFICACIÓN

La capacitación y la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de enfermedades resulta como mejor estrategia de lucha contra los daños causados por *P infestans* durante el desarrollo y producción en el cultivo de papa. Uno de estos recursos es el uso del SAD, el cual tiene como objetivo mantener las poblaciones del hongo en niveles aceptables, y conservar la aplicación de funguicidas y otras intervenciones en cantidades que se justifiquen económicamente y que sean inofensivas para la salud de las personas y el ecosistema.

El SAD, es un método accesible y práctico en países de bajos ingresos económicos, en las parcelas con manejo de SAD, los agricultores se esfuerzan por mejorar el estado del ambiente reduciendo el uso de plaguicidas, a la vez que se incrementa la productividad mediante una mejor gestión. Los productores implementan estos conocimientos a su favor, como la utilización de diferentes variedades resistentes al patógeno y aplicaciones selectivas de funguicidas menos tóxicos. En este sistema se establece un manejo adecuado de productos químicos disponibles para el control del patógeno, que además de eficaz, minimiza pérdidas económicas. Esta herramienta representa una integración del clima, el control químico y la resistencia genética, que puede ser particularmente útil para variedades comerciales y nativas para apoyar la intensificación sostenible de la producción de papa (CIP, 2017).

Esta investigación propone, evaluar la eficacia de esta estrategia de control basada en principios de manejo integrado, con la utilización de una variedad de papa con susceptibilidad media a tizón tardío y a la aplicación del SAD; con el fin de lograr un manejo integrado sostenible, eficiente de la enfermedad, y que a su vez sea práctico y de fácil divulgación a los productores locales.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar el uso del sistema de apoyo a la decisión (SAD) en el control de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la severidad del tizón tardío y valorar el rendimiento total.
- Determinar el número de aplicaciones de productos químicos, su equivalencia en Kg y la tasa de impacto ambiental en el control de tizón tardío.
- Diferenciar los costos de manejo integrado del tizón tardío con el uso de la herramienta de apoyo a las decisiones (SAD) y el manejo convencional del productor local.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cómo contribuirá el sistema de apoyo a la decisión a reducir la severidad y las pérdidas producidas por tizón tardío?
- ¿Cómo influenciara la aplicación del sistema de apoyo a la decisión sobre el impacto ambiental frente a la estrategia del agricultor local para el control de tizón tardío?
- ¿Cómo influye el uso del sistema de apoyo a la decisión sobre los beneficios económicos que obtiene el agricultor con su forma tradicional de control de tizón tardío de la papa?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Según Pozo (2015) En su investigación titulada ‘Evaluación de la efectividad de estrategias convencionales y alternativas para el manejo de tizón tardío (*Phytophthora infestans* (mont.) de bary) en papa (*Solanum tuberosum* L.), Montúfar –Carchi.’ menciona que desde el punto de vista económico, la variedad de papa Súperchola conjuntamente con una estrategia de control de fungicidas sistémicos (Dimetomorf-Propineb-Mandipropamib-Fosfito) resulta de las más rentables ante otras variedades debido a sus elevados rendimientos permitiendo obtener los más altos beneficios netos con las inversiones más bajas. Además que el uso del SAD en Súperchola presentan un menor impacto ambiental, debido al manejo estratégico considerando factores

como: aplicación individual de fungicidas, intervalos de aplicación según el estado climático y el conocimiento de la susceptibilidad a tizón tardío, permitiendo reducir el número de aplicaciones y el uso de pesticidas tóxicos para el ambiente y la salud humana.

Inca (2015) Realizó una investigación titulada “Validación de la herramienta circular de toma de decisiones (SAD) para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) (mont.) de Bary de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Tunshi, Provincia de Chimborazo” menciona: el control de tizón tardío con el uso de la herramienta SAD fue más competente que el del agricultor, lo que se confirmó con bajas tasas de severidad en cada una de las variedades y permitió rendimientos más altos que los obtenidos con la estrategia del agricultor en todas las variedades. Por lo tanto la utilización de los prototipos SAD permitió disminuir la cantidad de aplicaciones con fungicidas de bajo Coeficiente de Impacto Ambiental y posteriormente el impacto ambiental. El estudio económico demostró que los tratamientos con la herramienta SAD dominaron a los procedimientos del agricultor y en consecuencia la estrategia SAD fue más beneficiosa que la utilizada por el agricultor. Se finiquita que la utilización de los tres modelos SAD favorecieron un control más eficiente del tizón tardío frente a la pericia del agricultor local, en consecuencia mejorías económicas y permite reducir el impacto ambiental que genera el manejo de tizón tardío.

Pastaz (2015) Realizó una investigación titulada “Validación del sistema de herramienta circular de toma de decisiones para el control del Tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) en el sector de Canchaguano, Provincia del Carchi”, especifica que la herramienta SAD resulta amigable con el ambiente debido a su reducción importante en el impacto ambiental, cada uno de los tratamientos manejados por el juicio del agricultor fueron los de mayor impacto ambiental causado, y con la herramienta circular se logró reducir a 78,81 % en el mejor de los casos.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Sistemas de apoyo a la decisión (SAD) para la aplicación de fungicidas en el control de tizón tardío (*Pythophthora infestans*)

Los Sistemas de Apoyo a la Decisión (SAD), en el control de *Pythophthora infestans*, ayuda en el manejo eficiente del tizón tardío con el menor número de aplicaciones. En Europa diferentes SAD se desarrollan, validando y empleando en la práctica. El SAD ha sido utilizado progresivamente por agricultores y técnicos en el manejo integrado del tizón tardío (Schepers, 2001).

Los SAD, pueden incorporar información accesible de la epidemiología del tizón tardío, la vulnerabilidad de los cultivos, de fungicidas, del progreso de la planta, de cómo influyen las condiciones climáticas, sobre las predicciones climáticas y además la presión de infección. Estos sistemas ayudan el manejo eficiente del tizón tardío con un bajo número de aplicaciones. (Schepers, 2001).

El epítome de enfermedades de papa de la Sociedad Americana de Fitopatología sugiere emplear fungicidas protectantes tan rápido como el servicio de pronóstico lo indique y si no se cuenta con este servicio, que en la mayoría de los casos pertenecen a países en desarrollo, se lo ejecute a la presentación de los primeros síntomas y posterior regularmente a medida de que las plantas se van desarrollando, por lo que aumenta el peligro de la enfermedad al encontrarse en contacto (Lucca y Huarte, 2012).

Estos modelos se utilizan para aumentar la eficacia en el manejo del tizón, sin embargo los SAD de igual forma se están usando ampliamente porque se acoplan en el concepto de manejo integrado y ayudan asimismo a la justificación en las fumigaciones (Pozo, 2015).

La toma de decisiones en la aplicación de fungicidas para el manejo de tizón tardío en naciones en vías de desarrollo ha influido mucho por el conocimiento de la epidemiología de la enfermedad, la cual es dispareja. Las fumigaciones han mantenido un patrón habitualmente calendarizado, consecutivamente se ha dado valor al nivel de resistencia valedera en los cultivares para un arreglo en el lapso de fumigaciones o dosis empleada del fungicida. Por fin se están desarrollando, validando y evaluando tipos de pronóstico del tizón, para ayudar en la toma de decisiones al momento de aplicar fungicidas (Schepers, 2001).

2.2.1.1. Descripción de la tecnología

El sistema de soporte de decisión (Fig. 1) es una herramienta asequible y práctica para mejorar la gestión de la enfermedad causada por tizón tardío. El SAD ayuda a los agricultores a mejorar las decisiones sobre el tiempo de fumigación y la selección de fungicidas. Usando la herramienta, los agricultores pueden reducir los costos de fumigaciones e impacto ambiental sin riesgo de enfermedad y pérdida en el cultivo.

Un proceso participativo identificó una preocupación clave que todos los agricultores se enfrentan en el control de tizón tardío: decidir cuándo rociar y qué fungicida aplicar. Tres factores críticos fueron identificados que pueden afectar la necesidad de aplicar fungicida, y que son lo suficientemente simples para que un agricultor evalúe sin equipamiento sofisticado: (1) susceptibilidad del cultivo de papa; (2) una estimación aproximada de la lluvia; y (3) tiempo transcurrido desde la última aplicación de fungicida.

Las reglas de decisión (qué aplicar y cuándo aplicar) fueron derivando a través de un proceso de consulta a expertos y experimentaciones de campo, y basado en una serie de publicaciones sobre el desarrollo de la capacidad de los agricultores y el manejo de TT.

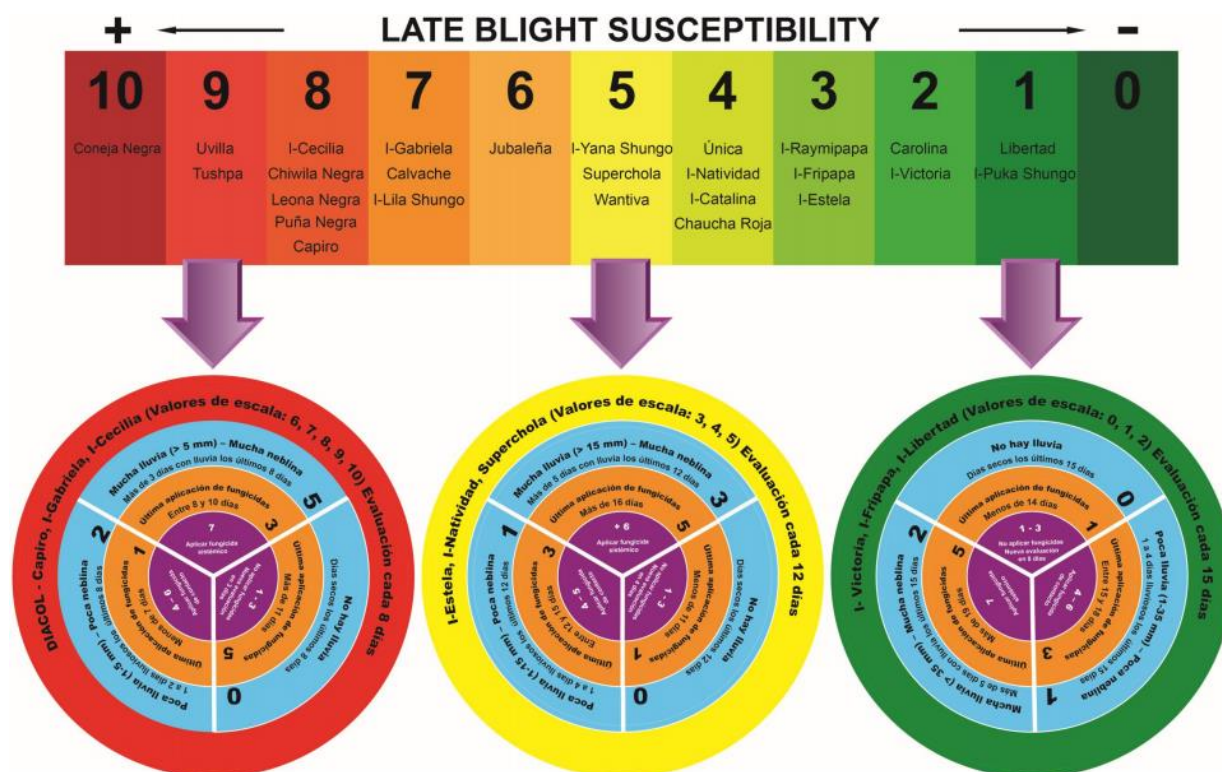


Figura 1. Herramienta de apoyo a la decisión para el control de tizón tardío; ROJO para uso en cultivares susceptibles, AMARILLO para uso en cultivares moderadamente resistentes y VERDE para uso en cultivares resistentes.

2.2.1.2 ¿Cómo funciona esta herramienta a la ayuda a la toma de decisiones para el control de tizón tardío?

El tizón tardío de la papa se maneja especialmente con la utilización de fungicidas.

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

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

Herramienta circular para Variedades con escalas de susceptibilidad de 3, 4, 5.

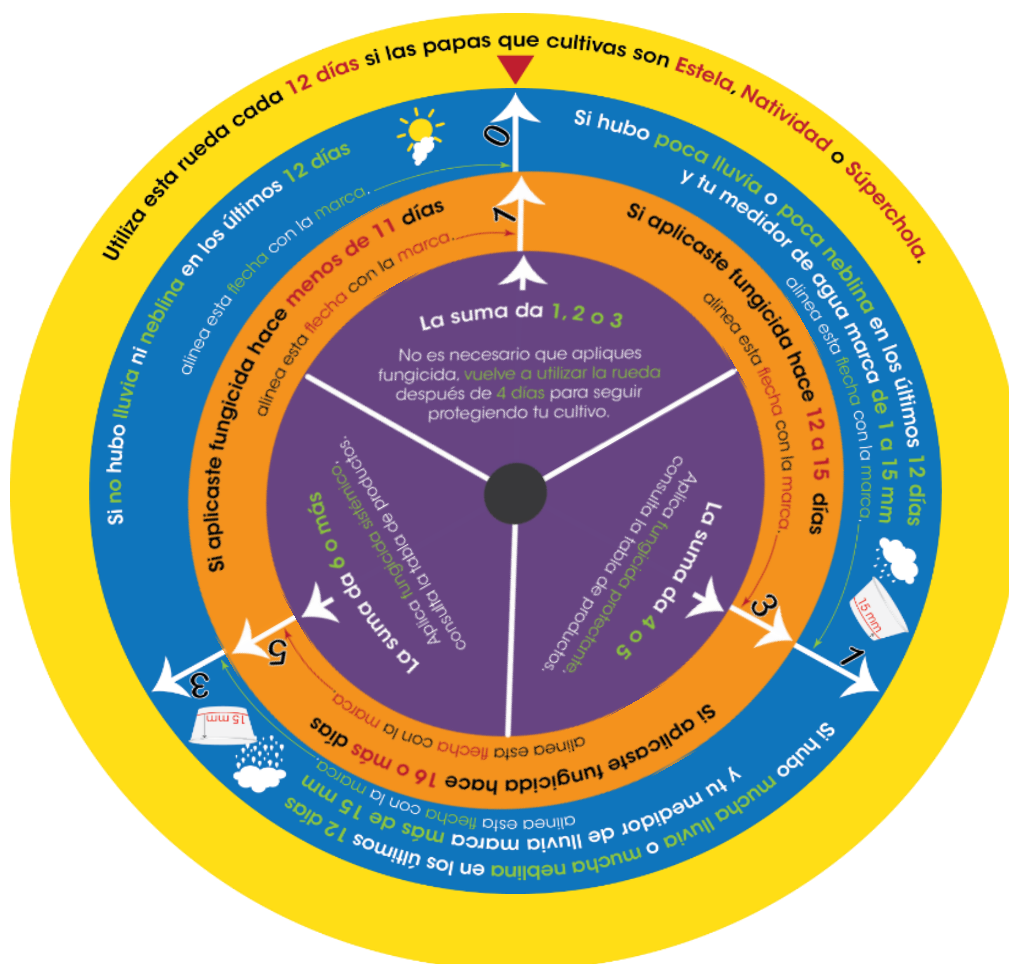


Figura 2. Herramienta Circular para la variedad Súperchola.

2.2.1.3. Representación de la herramienta circular.

- La herramienta circular se identifica con tres componentes: el cultivar sembrado, el componente climático y el tiempo de la última fumigación.
- En el nivel externo (franja amarilla) se halla el rango de variedades que se encuentran en la escala de estimación de susceptibilidad que va a partir 3 a 5 (susceptibilidad media) e intervalo de días en que se debe realizar la evaluación de severidad.

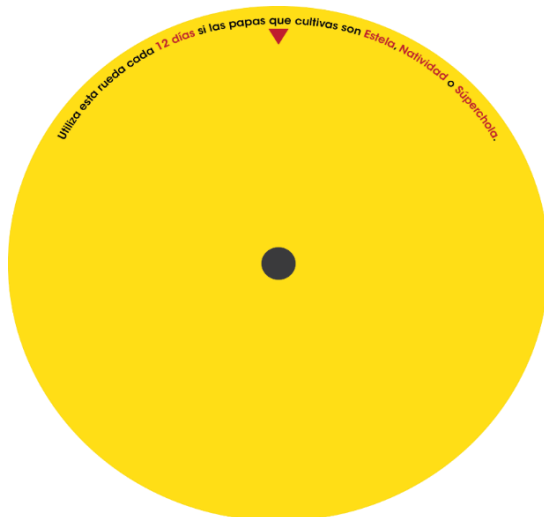


Figura 3. Nivel externo de la herramienta de apoyo a la decisión (SAD).

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

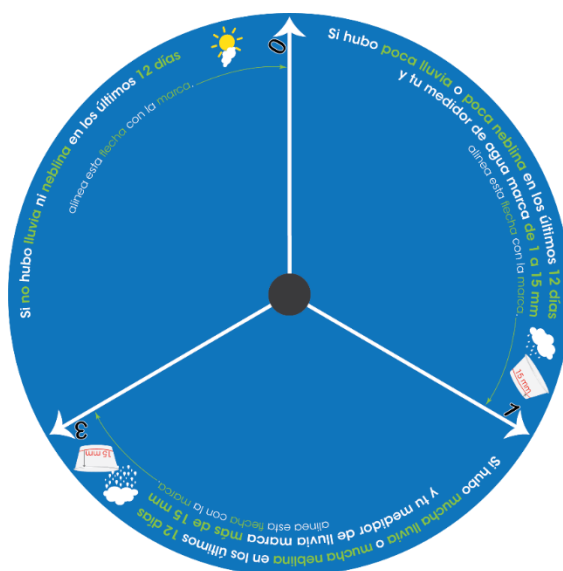


Figura 4. Nivel dos de la herramienta de apoyo a la decisión (SAD).

- En el nivel tres (franja naranja) se verifica el número de días pasados desde la última aplicación que se efectuó en la parcela, que va a partir de menos de 11 hasta más de 16 días.

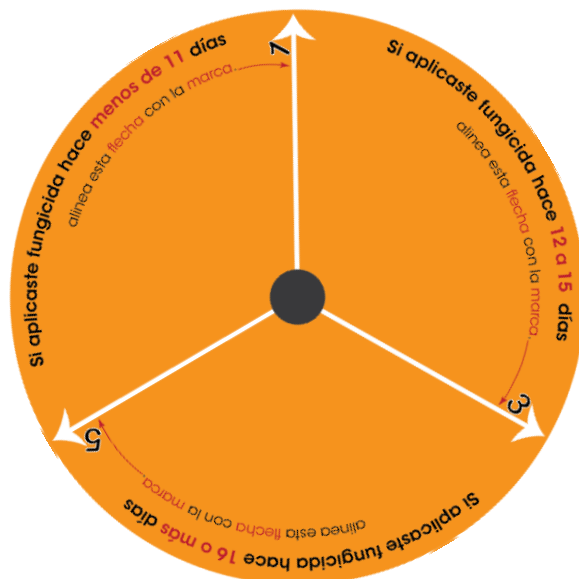


Figura 5. Nivel tres de la herramienta de apoyo a la decisión (SAD).

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



Figura 6. Nivel cuatro de la herramienta de apoyo a la decisión (SAD).

- En las franjas medias (celeste y naranja) encontramos números pertenecientes a cada estado de evaluación, tales se hallan en sentido de las manecillas del reloj.
- Cada una de las ruedas nos dará un resultado independiente, se suman y con ese valor se determina qué aplicación se realiza (Pozo, 2015).

2.2.1.4. Elementos del sistema de apoyo a la decisión para el control de tizón tardío.

2.2.1.4.1. Susceptibilidad a *Phytophthora infestans*

Susceptibilidad y resistencia de los cultivares a los patógenos son conceptos estrechamente relacionados pero que difieren en sus supuestos y cuantificación. La resistencia se ha estimado con graduaciones cuyos valores ascendentes pertenecen a cantidades descendientes de enfermedad (baja susceptibilidad). En teoría siempre habrá genotipos con mayor susceptibilidad que determinarían la necesidad de una nueva escala de correspondencia. Una opción es evaluar la susceptibilidad calculando la severidad de la enfermedad (ABCPE) que puede resultar 0 en un genotipo inmune sin síntomas de la enfermedad (Taípe, Forbes, & Andrade-Piedra, 2011).

2.2.1.4.2. Severidad de *Phytophthora infestans*

Una orientación paralela es la estimación de la susceptibilidad, y diversos fitopatólogos lo conciben mediante el cálculo de la severidad de la enfermedad (% de área foliar afectada y Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad, (ABCPE)). Justamente, estimando la susceptibilidad, se pueden llegar a inferencias sobre la resistencia. (Taípe, Forbes, & Andrade-Piedra, 2011).

2.2.1.4.3. Área Bajo la curva del progreso de la Enfermedad (ABCPE)

La evaluación en el campo de la tizón tardío, se efectúa mediante la observación visual del grado o del porcentaje de follaje dañado por *Phytophthora infestans*, (Cambell y Madden, 1990). Se evalúa el porcentaje promedio de los daños de todo un surco. Así mismo, si el resultado fue un valor intermedio, se considera tomar en cuenta la puntuación más alta. Se maneja la escala de Henfling (Anexo 1), para certificar el equilibrio en el reporte de los datos, (Cambell y Madden, 1990), los resultados obtenidos en la evaluación son utilizados para calcular el ABCPE.

$$ABCPE = L1 + [2 (L2 + L3 + + L_{n-1}) + L_n] \times T/2$$

En donde: L = Lectura (expresada en porcentaje).

L_n = Última lectura. L_{n-1} = Penúltima lectura. T = Tiempo entre lecturas.

2.2.1.4.4. Control químico

2.2.1.4.4.1. Fungicidas protectantes o de contacto (preventivos)

Ejercen sobre el área de la planta e impiden la germinación y desarrollo del patógeno, reduciendo las fuentes primarias de la enfermedad. Estos llegan a proteger únicamente las zonas en las que se deposita el fungicida, los folíolos procedentes después de la fumigación del producto carecerán de protección ante el patógeno, (Pérez y Forbes, 2008). Cuando el hongo ha llegado hasta la pared epidermal estas moléculas ya no lo pueden alcanzar. Dicho de otro modo, los fungicidas protectantes consiguen prevenir una enfermedad pero no logran eliminar una ya existente” (Cremlyn, 1990).

La herramienta recomienda aplicar los siguientes fungicidas protectantes para un volumen de 200 litros:

- Mandipropamid 0,3 litros
- Propined 0,5 kg
- Hidroxido de cobre 0,4 – 0,5 Kg
- Oxicloruro de cobre 0,8 kg
- Crazafamid 0,06 kg

2.2.1.4.4.2. Fungicidas sistémicos (curativos)

Es significativo apuntar que técnicamente no constan fungicidas "curativos" para diversas enfermedades, en específico para el tizón tardío; los productos operan de forma sistémica, es decir contienen el progreso de la infección, alcanzan a eliminar el patógeno, aunque el tejido infectado muere. (Pumisacho y Sherwood, 2002) 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; con ciertos productos, su uso continuo ha generado la aparición de cepas resistentes a estos fungicidas, (Pérez y Forbes, 2008).

La herramienta recomienda aplicar los siguientes fungicidas sistémicos para un volumen de 200 litros:

- Dimethomorph 0,12 kg
- Fosfito de potasio 1 litro
- Propamocarb 0,5 litros
- Azoxistrobin 0,1 kg
- Cimoxanil + Propineb 0,5 kg
- Cimoxanil + Oxicloruro de cobre 0,5 kg
- Cimoxanil + Hidróxido de cobre 0,5 kg
- Fosetyl Al + Fenamidone 0,2 kg
- Iprovalicarb + propineb 0,35 kg
- Fenamidone + Propamocarb 0,4 kg
- Fluopicolide + Propamocarb 0,3 kg
- Amectotradina + Dimetomorph 0,33 kg

2.2.1.5. Evaluación del Impacto Ambiental

2.2.1.5.1 Coeficiente de Impacto Ambiental

El Departamento de Manejo Integrado de plagas y enfermedades de la Universidad de Cornell, creó un patrón conocido como “Coeficiente de Impacto Ambiental” (CIA). Este modelo describe los impactos de un pesticida específico para el medio ambiente y las personas (productor y consumidor) en una única estimación numérica. Esto se llega a conseguir mediante una ecuación que depende de tres componentes principales de la producción agrícola: agricultor, consumidor y ecológico, (Kovach, Petzoldt, Degnil, y Tette, 1992)

El CIA es un modelo o estrategia fácilmente aplicable y un instrumento de ayuda extraordinaria para agrónomos de diferentes ramas. Este se puede utilizar eficientemente para medir y comparar varias estrategias o programas de control de enfermedades y plagas de un cultivo (Muhammetoglu y Uslu, 2007).

Tabla 1. Sistema de valoración de las variables del Coeficiente de Impacto Ambiental (CIA).

Variable	Símbolo	Valoración de la Variable		
		1	2	3
Toxicidad crónica	C	Poco o nada	Posible	Definido
Toxicidad dermal aguda (mg/kg)	DT	>2.000	200 – 2.000	0 - 200
Toxicidad aves(ppm)	D	>1.000	100 -1.000	1 – 100
Toxicidad abejas	Z	Relativamente no tóxico	Modernamente tóxico	Altamente tóxico
Toxicidad artrópodos beneficios	B	Bajo impacto	Impacto Moderado	Impacto severo
Toxicidad peces(ppm)	F	>10	1 -10	<1
Persistencia en el suelo	S	<30	30 -100	>100
Persistencia en la superficie de las plantas(semanas)	P	1	2 – 4	>4
Modo de acción	SY	No sistémico	Sistémico	
Potencial de filtración	L	Poco	Medio	Alto
Potencial perdida de suelo	R	Poco	Medio	Alto

(Kovach, Petzoldt, Degnil, & Tette, 1992). CIP-Quito, 2008.

La ecuación para establecer individualmente el CIA de cada pesticida se muestra a continuación. Las simbologías utilizadas en la ecuación se representan a continuación

$CIA = (\text{Efecto agricultor} + \text{Efecto consumidor} + \text{Efecto medioambiente}) / 3$

$\text{Efecto agricultor} = C \times [(DT \times 5) + (DT \times P)]$

$\text{Efecto consumidor} = C \times [(S + P)/2 \times SY] + (L)$

$\text{Efecto medioambiente} = (F \times R) + D \times [((S + P)/2 \times 3) + (Z \times P \times 3) + (B \times P \times 5)]$

Al principio, el CIA fue diseñado por especialistas del Manejo Integrado de Plagas (MIP) para ayudar a los productores de frutas y hortalizas del estado de Nueva York. La alternativa de control de plagas que provoque el menor impacto ambiental se seleccionó e implementó. En la actualidad la técnica se la ha ajustado para su uso en diferentes cultivos y además ha servido

para evaluar y comparar diferentes tipos de técnicas de manejo de cultivos como son tradicional, integrado y orgánico, (Barros, 2001).

2.2.1.5.2 Tasa de impacto Ambiental

La “Tasa de Impacto Ambiental” (TIA), es la aplicación práctica del CIA, sirve para examinar con precisión los sistemas de producción o tecnologías y las estrategias de manejo de plagas y enfermedades. Este técnica reúne variables como: dosificación (kilos o litros por hectárea), concentración del ingrediente activo en cada producto aplicado y el número de aplicaciones que se realiza por ciclo de cultivo en cada circunstancia particular (Kovach, Petzoldt, Degnil, y Tette, 1992).

La TIA se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$TIA = CIA \times Dosis/ha \times Formulación \times No. \text{ Aplicaciones}$$

Dónde: TIA = Impacto Ambiental

CIA = Coeficiente de impacto ambiental

La magnitud del CIA es el peligro potencial de un pesticida específico, mientras la magnitud del TIA es el peligro relacionado con la utilización de ese pesticida (Gavillan, Surgeoner, y Kovach, 2001).

Para analizar las diferentes estrategias de manejo de tizón tardío, los CIA del nivel de uso encampo y número de aplicaciones en todo el ciclo se determinan para cada Producto químico, y estos valores se suman para establecer el impacto ambiental estacional o TIA del tratamiento específico (Kovach, Petzoldt, Degnil y Tette, 1992)

2.2.2 Generalidades del cultivo de papa

2.2.2.1. La Papa. Origen

Nativa de la cordillera de los Andes en los límites entre Perú y Bolivia, con el desembarco de los españoles en América del Sur fue introducida en Europa a finales del siglo XVI. A partir del siglo XVII el intercambio comercial esparció su producción y consumo por todo el planeta (Ávila, 2015), en los Andes, las papas autóctonas siguen siendo producidas en las áreas altas de Perú, Bolivia, Ecuador, Colombia, Venezuela, Argentina e incluso Chile. (Chavez, 2008)

2.2.2.2. Distribución geográfica

La papa (*Solanum tuberosum*, L.) representa el cuarto cultivo dispuesto de manera significativa, después del trigo, el arroz y el maíz.” (Roberqui y Jeréz, 2015), aporta grandes cantidades de carbohidratos a la dieta de millones de personas en los países en desarrollo.

2.2.2.3. Cultivo de papa en Ecuador

La papa figura el 7% de la canasta básica familiar del Ecuador, en la región andina ecuatoriana la papa es el segundo cultivo agrícola más relevante después del maíz, figura la base del sustento de gran parte de la población ecuatoriana.

La papa es uno de los principales cultivos usuales en Ecuador, en la producción se relaciona a 82.000 productores en un total de 90 cantones” (Mancero, 2008).

2.2.2.4. Zonas productoras de papa

En Ecuador se distinguen tres importantes zonas productoras de papa: sierra norte, centro y sur (Pumisacho y Sherwood, 2002).

2.2.2.5. Cultivo de papa en la provincia del Carchi

Únicamente el Carchi ocupa el 25% de la superficie nacional comprometida con el desarrollo del cultivo de papa (15.000 ha.), la provincia origina el 40% de la cosecha anual del país; Carchi tiene una variedad de microclimas que permite el desarrollo de cultivos desde papa en la parte alta, hasta frutales en la parte baja. La zona papera de la provincia es apropiada a lo largo de las cordilleras oriental y occidental, entre los 2.800 hasta los 3.200 m.s.n.m. además con clima frío de alta montaña, la zona papera de la provincia se extiende sobre suelos *Dystrandept*, *Hapludolls*, *Duriuodolls* y *Arguidolls*.

Consistentemente en todo el año, las temperaturas máximas, medias y mínimas son muy comparables en los cuatro cantones con mayor territorio sembrado de papa: Tulcán, Montúfar, Espejo y Huaca. Las temperaturas medias comprenden alrededor de 11,8° y 12,1°C, con una leve disminución en periodos de junio y agosto (Pumisacho y Sherwood, 2002).

2.2.2.6. Taxonomía

2.2.2.6.1. Clasificación taxonómica

REINO: Plantae

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Magnoliopsida

ORDEN: Solanales

FAMILIA: Solanaceae

GÉNERO: Solanum L., 1753

ESPECIE: Tuberosum L., 1753 (Conabio, 2014).

2.2.2.6.2. Descripción Botánica

La papa está incluida en la familia de las solanáceas, las especies producidas son las Tetraploides ($2n=48$) que corresponden a las especies *Solanum tuberosum* y *Solanum andigenum*.

La especie *Solanum tuberosum* es la papa que llevaron los españoles a Europa y domesticada en esas regiones, en general es de ciclos breves; (90 a 100 días) de forma alargada, piel suave, ojos poco profundos, el color de la pulpa es amarillo crema y la piel rosada, roja o beige, y tiene estolones cortos. La *Solanum andigenum* es de ciclos largos de forma redonda, y ojos profundos, color de piel variable (púrpura, roja, blanca, negra y combinada); la pulpa es blanca o amarilla, y es cultivada por los países de Sur América. Existen variedades que son mezcla de ambas especies” (Romá, 2002).

Raíces: son fibrosas, excepcionalmente extendidas y ramificadas, delgadas y largas. Las raíces tienen un frágil poder de infiltración y únicamente llegan a desarrollarse con plenitud en un suelo mullido.

Tallos: son aéreos, gruesos, sólidos y precisos, se erigen al principio y con el tiempo se estiran hacia el suelo, los tallos se originan en la yerna del tubérculo y su altura varía entre 0,5 y 1 metro. Son de color verde oscuro debido a los pigmentos antociámicos relacionados con la clorofila, que están disponibles en todo el tallo.

Hojas: son compuestas, imparpinnadas y con foliolos primarios, secundarios e intercalares. Los nervios de las hojas están reticulados, con mayor grosor en los nervios y en los márgenes del limbo.

Inflorescencias: son cimosas, están situadas en la punta del tallo y sujetadas por un escapo floral. Es una planta autógama, siendo su androesterilidad muy habitual, a origen del aborto de los estambres o del polen dependiendo de las condiciones climáticas. Las flores poseen la corola rotácea gamopétala de varios colores tales como blanco, rosado, violeta, etc.

Frutos: en forma de baya redondeada de color verde de 1 a 3 cm de diámetro, que se vuelven amarillos al madurar” (Cepeda, 2005).

2.2.2.7. Variedades de papa cultivadas en Ecuador

Andrade (1998) declara que la papa se cataloga en dos conjuntos: variedades nativas y mejoradas. Las variedades nativas son la consecuencia de un proceso de domesticación, clasificación y conservación ancestral y las variedades mejoradas son el efecto de un proceso de mejora genético, estas variedades han adquirido un alto potencial en producción, aguante a enfermedades y alta calidad culinaria. En el Ecuador se presentan tres zonas de importancia en la producción de papa, en estas se cultivan variedades que encajan con los gustos del mercado local. (Suquilanda, 2009)

2.2.2.8. Variedad Súperchola

Esta variedad de papa se consume en fresco (sopas y puré) y es muy requerida para procesamiento (papa frita en hojuelas y tipo francesa). Los tubérculos no son muy grandes, curvados y ovalados. De piel rosada y suave, con ojos poco profundos y pulpa amarilla claro.



Figura 7. Tubérculos de Súperchola.

(Andrade H. , 1998)

2.2.2.8.1 Origen de la variedad

Esta variedad fue creada por el autodidacta Germán Bastidas, se origina a partir de los cruces realizados con las variedades (Curipamba negra x *Solanum demissum*) x (clon resistente con comida amarilla x chola seleccionada); liberada en 1984 (Cuesta, Monteros y Torres, 2011).

2.2.2.8.2. Características morfológicas

- Planta de desarrollo erecto, con varios tallos verdes con pigmentación púrpura, opulentos y pubescentes.
- Follaje frondoso de rápido desarrollo que alcanza a cubrir bien el terreno.
- Hojas verdes, abiertas. Poseen tres pares de folíolos primarios, tres pares de folíolos secundarios y cinco pares de folíolos terciarios.
- Floraciones moradas.
- Tubérculos con un tiempo de reposo de 80 días.

2.2.2.8.3 Características agronómicas

- Área recomendada: zonas centro y norte a partir de 2800 a 3600 m de altitud.
- Madurez: 180 días a 3.000 m de altitud.
- Producción : 30 t/ha

2.2.2.8.4 Características de calidad

- Materia seca: 24%
- Gravedad específica: 1.098

2.2.2.8.5 Reacción a enfermedades

Es susceptible a Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*), moderadamente resistente a roya (*Puccinia pittieriana*) e indulgente al nematodo del quiste de la papa (*Globodera pallida*). (Cuesta, Monteros y Torres, 2011)

2.2.2.9. Tecnología del cultivo de papa

Elección y preparación del suelo

2.2.2.9.1. Elección del terreno

Suquilanda (2009) menciona que debe tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

Elegir terrenos en los cuales anteriormente fueron cultivados por maíz, cereales y leguminosas, además que no haya presencia de plagas (insectos, nemátodos y patógenos) y que, en la medida de lo posible no sean vulnerables a sequías, heladas y granizadas, a fin de que el productor tenga seguridad en todo el desarrollo de su cultivo.

Que sean terrenos con un descanso prolongado y además profundos (más de 50 centímetros de profundidad) y con bastante aireación (franco y franco arenosos).

Que sean terrenos donde se incluya un modelo rotacional de cultivo, es decir, donde haya una sucesión de varios cultivos que giran a uno principal, cuya propósito es mantener un alto nivel de rendimientos mientras que se mejora la estructura del suelo, la capacidad de retención y absorción del agua, el incremento de la materia orgánica y se bajan las pérdidas generadas por la presencia de plagas.

2.2.2.9.2. Preparación del suelo

Se efectúa cuando el terreno está “a punto”, se puede dar cuenta cuando al tomar la tierra con la mano ésta no queda pegada; por otro lado, según antiguos agricultores, será esencial que este trabajo se ejecute cuando la luna este entre el tercer día de la etapa menguante y el tercer día de la nueva etapa (noche oscura), ya que esto contribuye a evadir la presencia de plagas y enfermedades.

2.2.2.9.3. Arada

Según, Suquilanda (2009) es imprescindible una preparación adecuada, que se logra con una labor de arado (25-30 centímetros), la misma que se debe realizarse con una anticipación de por lo menos dos a tres meses para poder enterrar el rastrojo o barbecho al suelo y lograr que se descomponga y de la misma manera permitir que los controladores naturales bióticos (aves, reptiles, sapos, insectos, arañas) y abióticos (los rayos solares y el frío), eliminen a las plagas del suelo.

Se recomienda utilizar para este trabajo el “arado cincel” que rompe el suelo, pero que no invierte los horizontes del mismo

En suelos con pendientes muy pronunciadas (sobre 25 %), resulta más conveniente arar con el arado de yunta, así se evitara la erosión del suelo

2.2.2.9.4. Rastrada y Nivelada

Las veces que se aplique la rastra dependerán al tipo de suelo y se harán de forma espaciada y de manera cruzada, hasta que quede bien mullido, la profundidad adecuada aproximada para esta labor es de 20 centímetros.

2.2.2.9.5. Drenajes

Dependiendo de la pendiente del suelo, se deben trazar zanjas para drenar los excesos de agua que pueden hacer daño al cultivo en el momento de su desarrollo y formación de tubérculos.

2.2.2.9.6. Elaboración de surcos

Se debe surcar de tal forma que al caer la lluvia o hacer el riego, el agua se deslice suavemente, para impedir la erosión del suelo y lograr que la tierra se remoje de una manera profunda y pareja.

2.2.2.10. Plagas y enfermedades que afectan al cultivo de papa

2.2.2.10.1. Plagas

- Gusano blanco, su nombre científico es *Premnotypes vorax*, es la plaga de más importancia en el Ecuador. Los adultos se comen las hojas y la base del tallo, los gusanos se alimentan del tubérculo creando galerías en estos.
- Polilla de la papa, en Ecuador hay tres especies: *Symmetrischema tangolias*, *Tecia solanivora* y *Phthorimaea*, es una de las plagas más severas de las papas plantadas y almacenadas en zonas calurosas y secas. Los gusanos de las tres polillas se comen los tubérculos y estos posteriormente se pudren.
- Pulguilla, su nombre científico es *Epitrix spp.* Los adultos se alimentan de los brotes y folíolos de la planta, mientras que los gusanos atacan a las raíces, estolones y tubérculos.

- Trips, su nombre científico es *Frankliniella tuberosi*. Los adultos y las ninfas dañan la epidermis del envés de las hojas inferiores, rayando y chupando el líquido celular provocando manchas de color plateado
- Mosca minadora, nombre científico: *Liriomyza spp.* Es originaria de América del sur y común en zonas donde se practica un uso intenso de insecticidas; se presenta en épocas y zonas secas, las larvas hacen túneles en las hojas, luego estas se secan lo que puede llegar a matar a la planta.
- Pulgones, *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*, Los adultos y ninfas devoran las hojas de la planta o de los brotes del tubérculo y pueden llegar a transmitir virus.
- Escarabajo de la papa (*Leptinotarsa decemlineata*) es una plaga austera con gran resistencia a los plaguicidas.
- Nemátodo del quiste (*Globodera pallida* y *rostochiensis*) es una plaga dañina del suelo en las regiones templadas, los Andes y otras zonas de altura.
- *Bactericera cockerelli* es el vector con mayor porcentaje de asociación con los fitoplasmas que contagian la papa.

2.2.2.10.2 Enfermedades

- Tizón tardío, la enfermedad más severa de la papa en todo el planeta, es ocasionada por *Phytophthora infestans*, un hongo de agua que devasta las hojas, tallos y tubérculos
- Roya, esta enfermedad es causada por el hongo *puccinia pittieriana*, se presenta como manchas blanco verdosas que posteriormente evolucionan en pústulas. Representa gran importancia en algunas zonas de Tungurahua.
- Rizoctoniasis, el agente causal es el hongo *Rhizoctonia solani*. Se presenta en el cuello de la planta como manchas negras con pelusilla blanca, en los tallos pueden emerger papas aéreas; en el tubérculo emergen costras negras y el follaje de algunas plantas se enrollan.

- Pudrición seca, enfermedad causada por el hongo *Fusarium spp*, se presenta principalmente en el almacenamiento, donde los tubérculos han sufrido heridas y el lugar se encuentre sin ventilación y alta humedad.
- Sarna polvorienta, el agente causal es el hongo *Spongospora subterranea*. En los tubérculos aparecen ampollas de color ladrillo, aparece a partir de la emergencia hasta la formación de los tubérculos, en la cosecha y almacenamiento.
- Carbón, causada por el hongo *Thecaphora solani* se presentan agallas en tallos, estolones y tubérculos. Se manifiesta al sembrar papa en el mismo campo por varios años.
- Pierna negro de la papa, es una infección bacteriana originada por *Pectobacterium* que causa pudrición de los tubérculos en el suelo y en almacén.
- “Los virus se dispersan en los tubérculos y logran bajar los rendimientos de hasta un 50%. Causando en los cultivos amarillamiento, mosaico, enrollamiento, crecimiento erecto, enanismo y deformaciones de los tubérculos (CIP, 2017).
- Punta morada, en el Carchi se han identificado a dos fitoplasmas como agentes causales de la PMP, *Candidatus Fitoplasma Aurentifolia* 16SrII y *Fitoplasma Asteris* 16SrIF, identificados por (Caicedo et al. 2015) y (Castillo et al. 2018).

2.2.2.11. Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

2.2.2.11.1. Taxonomía

El nombre *Phytophthora infestans*, se obtiene de las palabras griegas *phyto*=planta, *phthora*=destructor. Este patógeno, perteneciente a la clase oomycete, tiene un lugar en el reino cromista y se identifica filogenéticamente con las diatomeas y algas pardas. La pared celular de los oomycetes contiene en su mayor parte celulosa y β -glucanos en lugar de quitina y no tienen la capacidad de sintetizar los esteroides; estos atributos hacen suponer que los oomycetes han coevolucionado de varias líneas diferentes de los hongos superiores por ejemplo ascomycetos y basidiomicetos (Pérez y Forbes, 2008).

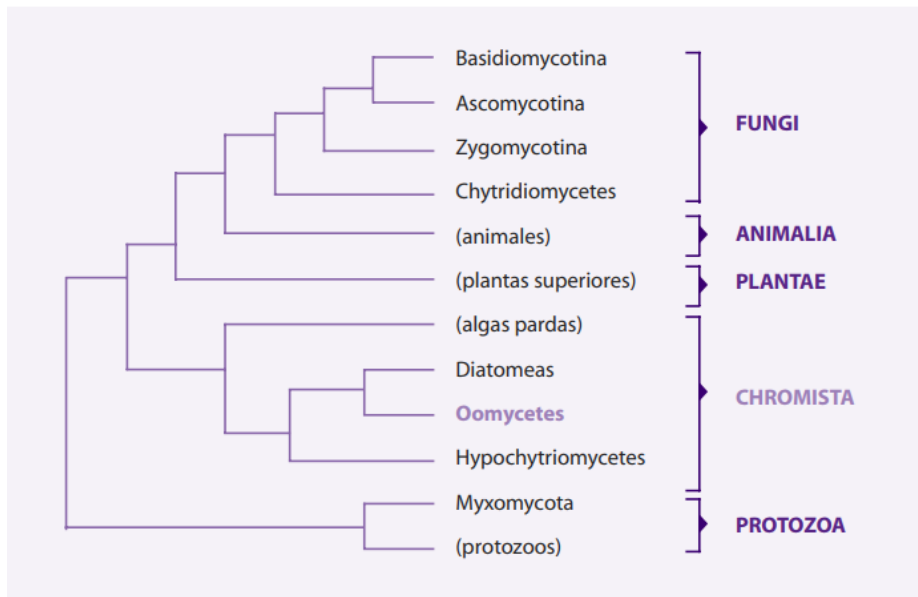


Figura 8. Diagrama esquemático de las relaciones filogenéticas entre los cinco reinos de eucariotas, destacando la situación de los Oomycetes. (Pérez y Forbes, 2008)

2.2.2.11.2. Clasificación taxonómica de *Phytophthora infestans* (Agrios, 2005).

Reino: Cronista

División: Heterokontophyta

Clase: Oomycetes

Orden: Phythiales

Familia: Phythiaceae

Género: '*Phytophthora*'

Especie: *infestans*

Nombre: *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary

2.2.2.11.3. Importancia del tizón tardío

El tizón tardío o conocido científicamente como *Phytophthora infestans*, se destaca entre las enfermedades de papa más devastadoras del mundo. En 1845 causó en Irlanda la pérdida total de los cultivos de papa, que eran la principal fuente de sustento en esa nación, lo que provocó la muerte de miles de individuos y la migración de numerosos sobrevivientes a diferentes lugares de Europa y Norte América (Pérez , 2017).

2.2.2.11.4. Origen

Se especula que el tizón tardío evolucionó en el centro de México y se extendió por todas las zonas paperas de América del Norte y Sur, Europa, Asia y África. Desde la década de 1950, se estableció en el Valle de Toluca (México) como punto focal de la enfermedad en *Solanum tuberosum*, ya que allí se estableció originalmente la presencia de dos diferentes tipos de cópula A1 y A2, lo cual admite la propagación sexual y provoca a una mayor variedad genética de *P. infestans*” (Yépez, 2016).

2.2.2.11.5. Descripción del patógeno

Se anunció por primera vez en el este de los Estados Unidos justo antes a los informes de su aparición en Europa. Anterior a ese tiempo, no se conocía en la ciencia occidental; en cualquier caso, su efecto destructor en papa y a la horrible desesperanza que causó lo hicieron siniestro. Las hojas, tallos y tubérculos son propensos a la enfermedad, es una especie heterotálica, con un único tipo de apareamiento (A1) que verdaderamente gobierna a la población total, excepto las poblaciones que radican en México; los dos tipos de apareamiento han existido en la zona focal de México durante bastante tiempo. Sea como sea, hacia el final del siglo XX migraciones procedentes de México transmitieron a Europa una población extremadamente compleja y heterogénea que contenía los tipos de apareamiento A1 y A2: las subpoblaciones posteriores se dispersaron de Europa a diferentes localidades. A modo de organismo asexual en el ecosistema o en la agricultura, *P. infestans* es básicamente un parásito obligado, con herramientas de sobrevivencia a corto plazo; los tubérculos de papa proporcionan un elemento de supervivencia a breve plazo si los tubérculos infectados se almacenan entre ciclos de crecimiento. Sin embargo, las recientes migraciones relativas de los ejemplares de apareamiento A1 y A2 aumentaron las posibilidades de propagación sexual y la creación de oosporas que representarían mecanismos de supervivencia a prolongado plazo para este patógeno devastador (Niklaus y Grünwald, 2010).

2.2.2.11.6. Morfología y ciclo de vida

Con bajas temperaturas y la presencia de neblina, los esporangios germinan furtivamente originando cerca de 8 - 12 zoosporas uninucleadas y biflageladas. Estas se desarrollan dentro del esporangio y son liberadas en el momento que la pared esporangial se rompe a nivel de su papila, lo cual posibilita a las zoosporas flotar libremente. Las zoosporas poseen dos flagelos

distintos: uno de ellos es largo y en forma de látigo, mientras que el otro es más corto y adamentado, con dos filas adyacentes de pelos en el extremo. Las zoosporas encuentran superficies sólidas, se enquistan sobre ellas y adquieren una forma redondeada y crean una pared celular. Prontamente, en presencia de humedad, llegan a desplegar un filamento germinativo, penetrando a los estomas de las hojas, o constituir el apresorio, de modo que la hifa de penetración entra directamente por la cutícula. Una vez dentro de la planta, el micelio crece intercelularmente produciendo haustorios dentro de las células. En Ocasiones se desarrollan haustorios de manera extracelular. Cuando la temperatura supera los 15° C, los esporangios llegan a germinar directamente, creando un tubo germinativo que penetra la epidermis en la hoja y contamina al hospedero (Pérez & Forbes, 2008).

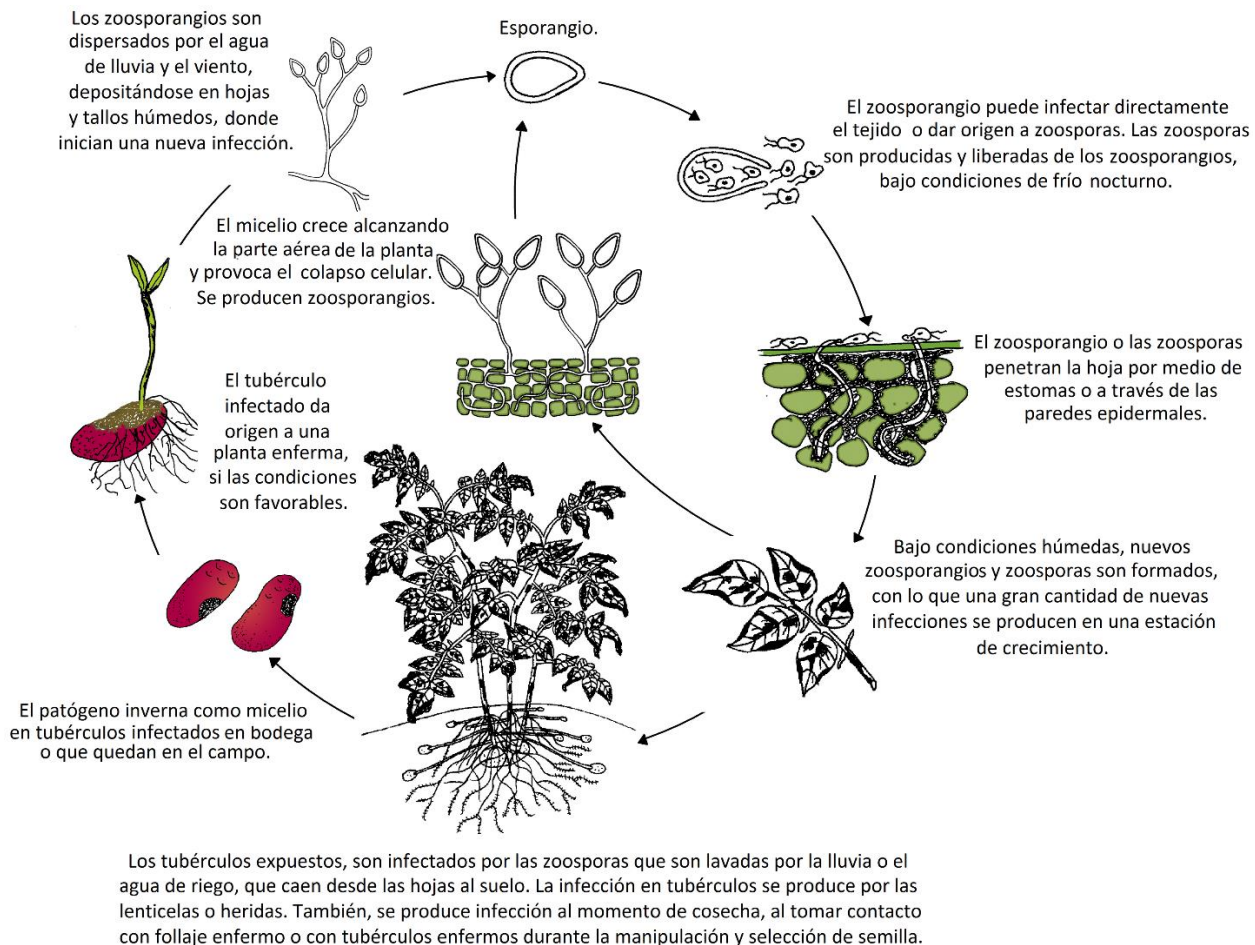


Figura 9. Ciclo de la enfermedad del tizón tardío causada por *Phytophthora infestans* en papa

(Acuña & Tejada, 2015).

2.2.2.11.7. Reproducción

Phytophthora infestan es un hongo oomycete, heterotálico, que produce tres tipos de esporas: esporangios, zoosporas, y oosporas. Los esporangios son esporas de reproducción vegetativa (asexual), producidas en gran cantidad durante la mayor parte del ciclo de la enfermedad. Bajo condiciones de clima cálido ($> 15^{\circ}\text{C}$), los esporangios germinan e infectan nuevos tejidos. En condiciones de clima frío ($< 15^{\circ}\text{C}$) y húmedo, los esporangios dan origen a zoosporas (Agrios 1988), las cuales son células flageladas capaces de desplazarse en medio líquido, en distancias cortas, e infectar la planta. Las oosporas son esporas de supervivencia y constituyen el producto de la unión de dos células gaméticas, oogonio y anteridio (reproducción sexual). En condiciones óptimas para la germinación, las oosporas dan origen a micelio y esporangios los cuales infectan las plantas. Como organismo heterotálico que es, *P. infestans* produce las dos células gaméticas en cepas separadas del hongo. Las esporas se forman sólo si dos cepas compatibles se encuentran en el mismo ambiente; al encontrarse, una de las cepas da origen a uno de los gametos, y la otra al gameto opuesto, estas cepas han sido convenientemente denominadas tipo de apareamiento a1 y tipo de apareamiento a2, si dos cepas con el mismo tipo de apareamiento (sea a1 o a2) se encuentran, no se producen las oosporas (Chacon, 2012).

2.2.2.11.8. Síntomas

De acuerdo con Henfling (1987) en una fase adelantada de la enfermedad, los efectos secundarios se producen por las heladas. Las plantas que presentan una elevada severidad por el tizón tardío emiten un aroma que las reconoce y que es la consecuencia del colapso del tejido vegetal. La enfermedad influye tanto en hojas, tallos y tubérculos.

Las hojas. En el campo, las principales manifestaciones de la enfermedad ocurren gran parte del tiempo en las hojas inferiores. Estos síntomas comprenden en pequeñas manchas que van desde color verde claro hasta verde oscuro que luego se transforman en lesiones de color pardo o negras según la humedad medioambiental. Las heridas de vez en cuando comienzan en las puntas y los bordes de las hojas, un halo verde claro o amarillo de un par de milímetros de ancho aísla el tejido sano del muerto, bajo estados de alta humedad y bajas temperaturas, las lesiones crecen rápidamente. La esporulación se puede ver en el reverso de las hojas como un moho blanco que abarca las llagas; puede resultar menos detectable en medio del día, mientras que las

lesiones se secan y se arrugan; en menos de siete días, la enfermedad se puede diseminar desde los principales foliolos contaminados en unas escasas plantas, hasta prácticamente cada una de las plantas en un campo; las hojas pueden caer.

Los tallos. Las lesiones pueden crearse por contaminación directa o por extensión a iniciar las hojas, peciolos y tallos, donde crecen longitudinalmente; los tallos contaminados se debilitan, pueden llegar a colapsar y morir por la lesión hacia lo alto.

Los tubérculos. Los tubérculos contaminados muestran una tinción superficial y esporádica; las heridas necróticas secas y de color oscuro penetran desde la superficie hacia el tubérculo, los patógenos secundarios (especialmente bacterias) llegan a transformar la casi inodora (tenue olor a vinagre) pudrición seca, propia de *P. infestans*, en una pudrición blanda mal oliente. El tizón tardío no se disemina habitualmente durante el almacenamiento; no obstante, las infecciones secundarias pueden infectar los demás tubérculos.

2.2.2.11.9. Situación de la resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

En el Ecuador los entornos agroecológicos imperantes de la sierra son generalmente adecuados para el progreso del cultivo durante todo el año; tristemente, también favorables para el desarrollo de epidemias de esta enfermedad, a modo ilustrativo citamos:

Condiciones climáticas ideales: en todas las áreas agroecológicas la presencia de precipitaciones y humedad con repartición monótonamente, favorecen el avance de la enfermedad.

Aparición de la nueva población: en estudios completados alrededor de 1995 y 1999, determinaron la presencia de una población nueva. ECI, con tipo de reproducción A1 que resulta ser más ofensiva que la población anterior, especializada en papas y capaz de influir más seriamente el cultivo.

Inoculo todo el año: la existencia del inóculo constante todo el año, debido a la constante siembra de papas, ayuda a que la enfermedad acabe siendo endémica.

Variedades susceptibles: casi el total de las variedades comerciales nativas han resultado ser extremadamente susceptibles ante el patógeno mientras que las variedades mejoradas como: Esperanza, María; Cecilia y Gabriela expresaron su resistencia vertical vencida.

Casi el total de variedades silvestres y cultivadas susceptibles: la extensa flora de solanáceas hospederas variadas como por ejemplo las berenjenas, tomates, pimientos, pepinos dulces y especies silvestres susceptibles, lo que da como resultado un alto nivel de inóculo durante todo el año.

Resistencia a Metalaxil: en el Ecuador se han dado casos de resistencia especialmente a Metalaxil en varias áreas paperas, sin embargo al controlar la resistencia en el siguiente ciclo esta cesó o redujo lo que ha llevado a suponer que la resistencia observada es producto de un intensivo uso de este fungicida. No se ha llegado a encontrar poblaciones de este patógeno que llegue a resistir al cymoxanil y al chlorotalonil.

Las condiciones descritas refuerzan la gran necesidad que tiene el programa a los trabajos enfocados a la obtención de variedades más resistentes y duraderas, como elemento principal en el progreso de un manejo integrado de la enfermedad” (Andrade, Cuesta y Oyarzún, 1999).

2.2.2.12. Manejo Integrado del tizón tardío

Los estados climáticos de la zona son muy diversos cada año, lo que ha provocado una inestabilidad en el control de la enfermedad en cuanto a la posibilidad de uso de fungicidas, teniendo, en varias veces, como resultado falta de control, control inapropiado o utilización innecesaria de plaguicidas.

Numerosos agricultores/as no llegan a controlar la enfermedad y pueden perder hasta la mitad de su cosecha en épocas propicias para el progreso del tizón. Esta circunstancia les obliga a cosechar y vender de una forma anticipada y rápidamente, con la merma de rendimientos y disminución en el precio que esto conlleva. En cambio, productores/as que realizan aplicaciones preventivas, utilizando químicos sistémicos-curativos, llegan a controlar la enfermedad, aunque a un elevado costo, disminuyendo la productividad de la cosecha. Otro conjunto de agricultores/as realizan aplicaciones de fungicidas cuando identifican a la enfermedad, pero utilizan un procedimiento de aplicación inútil, por aplicación retrasadas o el fungicida incorrecto, lo que conlleva costos, un bajo control y un alto peligro de provocar la multiplicación de genotipos de *P. infestans* resistentes a estos fungicidas. El avance de genotipos resistentes complica las de alternativas de manejo de epifitas de esta enfermedad.

La mejor táctica en el manejo de plagas y enfermedades es la ejecución de un control integrado. Los aspectos primordiales a considerar son:

2.2.2.12.1. Evitar la enfermedad prescindiendo de cualquier posible fuente del organismo

Es decir, utilizar semillas sanas; abstenerse de utilizar semillas provenientes de zonas donde hubo ataques de esta enfermedad; acabar con los desechos generados en cultivos anteriores, plantas voluntarias y hospederas; aplicar rotación de cultivos; prospectar los sembríos para distinguir focos de la enfermedad y descartar estas formas de contaminación antes de que se convierta en un problema.

2.2.2.12.2. Crear un programa de control cultural que no ayude al desarrollo de la enfermedad:

Por ejemplo cultivar, en lo posible, variedades más resistentes; aplicar una fórmula balanceada de fertilización nitrogenada conforme al objetivo de producción; manejar una densidad de plantas que ayude al con el flujo de aire entre hilera; impedir el daño a las plantas en los trabajos agrícolas; aplicar riego eficiente; realizar un aporque alto para evitar la contaminación a los tubérculos, entre otras.

2.2.2.12.3. Use fungicidas en el instante adecuado:

Cuando utilice fungicidas para controlar esta enfermedad es imperativo utilizar el producto correcto, en el momento oportuno y en la manera ideal, para ello tiene que conocer la eficiencia de control y la forma de acción del producto y, esencialmente, darse cuenta de cuando realizar la primera aplicación y su recurrencia. Esto último dependerá de la susceptibilidad de la variedad cultivada, las situaciones climáticas y la presencia del inóculo.

Además, debe considerarse que el tizón tardío es una enfermedad comunitaria, que se propaga velozmente e influirá en todos los cultivos de papa.

Se han perfeccionado métodos de alerta temprana, o pronosticadores, establecidos en modelos informáticos que utilizan información climática, para pronosticar las circunstancias propicias para el avance de la enfermedad. Este marco de datos es una herramienta que ayuda a tomar

decisiones, que permite que los agricultores lleguen a efectuar las aplicaciones de fungicidas en el instante más oportuno, eligiendo el producto indicado de acuerdo a su procedimiento productivo y fin de la producción.

La utilización de la información de alertas permite un tratamiento superior de la enfermedad y un uso más eficaz y racional de los agroquímicos accesibles para su control (Acuña, 2008).

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

La presente investigación se desarrolló dentro de un enfoque cualicuantitativo, pues en la variable severidad de tizón tardío se realizó observaciones en escala nominal, para luego cuantificarlas en porcentajes, y se dio valor numérico a los datos de producción, tasa de impacto ambiental, consumo de productos químicos, número de aplicaciones y costos de manejo del tizón tardío con el uso de la herramienta de apoyo a las decisiones. Con el objetivo de validar una estrategia de manejo integrado del Tizón Tardío.

3.1.2. Tipo de Investigación

Investigación de campo

Esta investigación se realizó con diferentes agricultores pertenecientes de las comunidades de Canchaguano, Monteverde, Atal y el Chamizo ubicadas en el cantón Montufar, Provincia del Carchi”, bajo las condiciones agroclimáticas presentes durante la fase de investigación de campo.

Investigación bibliográfica-documental

El desarrollo de la investigación de igual forma fue bibliográfica-documental a modo de un proceso secuencial y sistemático de recopilación, clasificación, selección, evaluación y análisis de contenido del material empírico impreso, gráfico, físico y/o virtual útil que sirvió de fuente

teórica, conceptual y/o metodológica para la investigación propuesta, que además fue usada para diferenciar con los resultados obtenidos.

Aplicada

El investigador implemento un diseño de dos grupos relacionados: con el grupo uno no hubo intervención y sirvió para comparar con un segundo grupo, el cual experimento la intervención; este, compuesto por agricultores que implementaron dicha estrategia especial con respecto a la variable independiente (uso del SAD). Para diferenciar estadísticamente a las dos estrategias se aplicó pruebas no paramétricas de Wilcoxon y Kruscal - Wallis al 5%.

3.2. HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER

3.2.1. Hipótesis alternativa:

La aplicación del sistema de apoyo a la decisión contribuye para el control de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

3.2.2. Hipótesis nula:

La aplicación del sistema de apoyo a la decisión no contribuye para control de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Hipótesis	Variable	Definición conceptual de la variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
La aplicación del sistema de apoyo a la decisión contribuye al control del tizón tardío.	V.I. Herramienta de apoyo a la decisión (SAD) para el manejo integrado de <i>Phytophthora infestans</i> .	Es un método técnico oportuno de toma de decisiones para el control de tizón tardío.	Selección de agricultores	A mediados del mes de enero de 2018 se seleccionó unidades elegibles de 39 individuos de una población pertenecientes a una zona productora de papa en el cantón Montufar,	Se aplicó la metodología de un diseño de dos grupos relacionados.	Lista de un estudio previo de los productores de papa de la provincia del Carchi, cuyo tamaño muestral fue de 302 productores.
			Clasificación de agricultores	A finales del mes de enero del 2018, se realizó la clasificación de estos en dos grupos: Grupo tratamiento (1): Quienes utilizaron el SAD. Grupo control (2): Propia experiencia. En manejo de TT.	Calculo de la potencia mediante la asignación aleatoria.	Formula de clasificación de diseño de dos grupos relacionados. $S_1, S_2 \dots S_{N-1}, S_N$
			Agricultores con uso del SAD. (Grupo 1)	El día 15 de marzo del 2018 se realizó la capacitación del uso del SAD y manejo integrado de tizón tardío de la papa a quienes conformaban el grupo que emplearía la estrategia en todo el ciclo del cultivo.	Charlas y exposiciones	Presentaciones de PowerPoint, Manual de uso del SAD y la herramienta.

			Agricultores sin uso del SAD. (Grupo 2)	En todo el ciclo de cultivo los 17 agricultores del grupo 2 basaron el control de tizón tardío mediante su propia experiencia y práctica.	Control de tizón tardío.	Conocimiento empírico
			Parcelas de Evaluación	Los días 16 hasta el 28 de marzo se realizó la implementación de las parcelas de evaluación con dos quintales de semilla a los 39 participantes pertenecientes al estudio.	Siembra en surcos.	Equipos de labranza
	V.D. Control de tizón tardío	El tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) es una de las enfermedades más importantes del cultivo de la papa por su incidencia y severidad, elevando la Tasa y Coeficiente de impacto ambiental lo que provoca la disminución de productividad.	Severidad del Tizón tardío	En cada parcela de evaluación con promedio de 302 m ² se tomó cinco surcos para la evaluación de severidad efectuada cada doce días a partir de la primera aplicación, para lo cual se empleó la escala de Henfling midiendo en % del área afectada.	Registro visual del porcentaje de follaje afectado por <i>Phytophthora infestans</i> .	Clave de campo para evaluar el tizón tardío de la papa llamada escala de evaluación de Henfling.
			Aplicaciones de productos químicos en el control de TT.	Durante todo el ciclo de cultivo se registró un promedio de 8,8 aplicaciones/ciclo con quienes no usaron el SAD y 8,6 aplicaciones/ciclo con quienes si emplearon el SAD en el manejo y control de TT.	Uso del sistema de Apoyo a la Decisión / Observación / Registro.	SAD/ Libros de campo digitales.

			Consumo en Kg de productos químicos en el control de TT.	En todo el ciclo del cultivo se registró un promedio de 2,07 kg aplicados/ciclo/parcela con quienes no usaron el SAD, y 1,20 kg aplicados/ciclo/parcela con quienes si emplearon el SAD en el manejo y control de TT.	Toma de datos, medición de dosis de productos en el control de TT.	Libros de campo digitales.
			Tipos de productos químicos en el control de TT.	En todo el ciclo de cultivo se registró un total de 16 formulaciones de productos químicos en el control de TT, para quienes no utilizaron el SAD y 30 formulaciones de productos para quienes si emplearon el SAD.	Registro/ Calculo	Libros de campo digitales.
			Costo de control de TT con el uso del SAD	Durante todo el ciclo de cultivo se registró un promedio de \$31,54/ciclo/parcela con quienes no usaron el SAD y 26,19/ciclo/parcela con quienes si emplearon el SAD en el manejo y control de TT.	Registro/ Calculo	Libros de campo digitales.
			Rendimiento.	Aproximadamente a los 180 días después de la siembra de cada una de las parcelas se llevó acabo la cosecha y el registro	Pesaje, Toma de datos, medición en qq/parcela. Observación/ conteo/ registro	Balanza.

				individual del total de quintales producidos..		
			Tasa de impacto ambiental (TIA)	Durante el ciclo del cultivo a partir de la primera aplicación de productos químicos para el control de tizón tardío se registró el coeficiente de impacto ambiental individual y se determinó la TIA con un promedio de 761,17 con quienes no usaron el SAD y 407,37 con quienes si emplearon el SAD	Observación y registro	Ecuación para determinar la tasa de impacto ambiental (TIA).
			Análisis de costo de producción.	Durante todo el Proyecto de investigación se llevó a cabo los costos de producción de las dos estrategias, se registró un CDP de \$201,48 con quienes no usaron el SAD y \$200,91 con quienes si emplearon el SAD	Registro/ Calculo ingresos, egresos	Matriz de costo de producción Programa (Excel)

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Localización del estudio

El presente estudio se llevó a cabo en las comunidades de Canchaguano, Monteverde, El Chamizo y Atal del cantón Montufar, Provincia del Carchi. Con los diferentes agricultores y sus parcelas comprendidas en las siguientes coordenadas:

Tabla 2. Coordenadas de los diferentes agricultores en el estudio.

#	Nombre	LATITUD - LONGITUD	Grupo
1	Angélica Cuasquer	0.55048,-77.79773	Con uso del SAD (1)
2	Antonio Cortez	0.53909,-77.78575	Sin uso del SAD (2)
3	Rosa Cuasquer	0.53883,-77.78567	Sin uso del SAD (2)
4	Pablo Cuasquer	0.55016,-77.79775	Con uso del SAD (1)
5	Guillermo Bolaños	0.55078,-77.79066	Sin uso del SAD (2)
6	Concepción López	0.55357,-77.79183	Con uso del SAD (1)
7	Cesar Guachagmira	0.55357,-77.79183	Con uso del SAD (1)
8	Alicia Guachagmira	0.52126,-77.80155	Con uso del SAD (1)
9	Judith Irua	0.54366,-77.79573	Con uso del SAD (1)
10	Nelson Guacales	0.54150,-77.79882	Con uso del SAD (1)
11	María Gualavisi	0.54141,-77.79877	Sin uso del SAD (2)
12	Segundo Díaz	0.53919,-77.79663	Sin uso del SAD (2)
13	Javier Guzmán	0.53217,-77.80979	Con uso del SAD (1)
14	Olga Ortega	0.54973,-77.81136	Con uso del SAD (1)
15	Cruz Elena Ayala	0.54804,-77.81080	Sin uso del SAD (2)
16	Esperanza Cuantipaz	0.54338,-77.80924	Con uso del SAD (1)
17	Alfredo López	0.53763,-77.81859	Con uso del SAD (1)
18	Carlos Rosero	0.53917,-77.81049	Con uso del SAD (1)
19	Luis Hurtado	0.53408,-77.81380	Sin uso del SAD (2)
20	Mariela Enríquez	0.54309,-77.81066	Con uso del SAD (1)
21	Fernando Suárez	0.54227,-77.81056	Sin uso del SAD (2)
22	Miguel Pantoja	0.51688,-77.79986	Con uso del SAD (1)
23	Víctor Paspuel	0.54340,-77.80008	Con uso del SAD (1)
24	Alcides Prado	0.54147,-77.81102	Con uso del SAD (1)
25	Luis Orbe	0.52834,-77.80770	Con uso del SAD (1)
26	Iván Guerrero	0.52835,-77.80743	Con uso del SAD (1)
27	Dóraly Rosero	0.60460,-77.82837	Sin uso del SAD (2)
28	Orlando Mallama	0.51279,-77.79957	Con uso del SAD (1)
29	Andrés Cuastumal	0.54105,-77.80429	Sin uso del SAD (2)
30	Luis Carrillo	0.54321,-77.80795	Sin uso del SAD (2)
31	José Zúñiga	0.51701,-77.79845	Sin uso del SAD (2)
32	Carlos Morales	0.51598,-77.79927	Sin uso del SAD (2)
33	Luis Guacales	0.54159,-77.79879	Sin uso del SAD (2)
34	Susana Enríquez	0.54290,-77.81086	Sin uso del SAD (2)
35	Magdalena Cabrera	0.589261,-77.82888	Sin uso del SAD (2)
36	Marlene Tupe	0.53299,-77.78491	Con uso del SAD (1)
37	Marta España	0.53515,-77.78262	Con uso del SAD (1)
38	Iván Méndez	0.555586,-77.794016	Con uso del SAD (1)
39	Ricardo López	0.543564,-77.808989	Sin uso del SAD (2)

3.4.2. Descripción y características del estudio

En esta investigación se utilizó un diseño muestral de dos grupos relacionados, se seleccionó un total de treinta y nueve productores de una población, y se asignaron veintitrés al grupo de intervención (uso del SAD) y diecisiete al grupo control (Sin uso del SAD), dando un total de treinta y nueve parcelas de evaluación, cada una con un promedio de 302m²; de las cuales fueron evaluados 5 surcos para la variable severidad de tizón tardío, para las demás variables se tomó en cuenta la parcela completa.

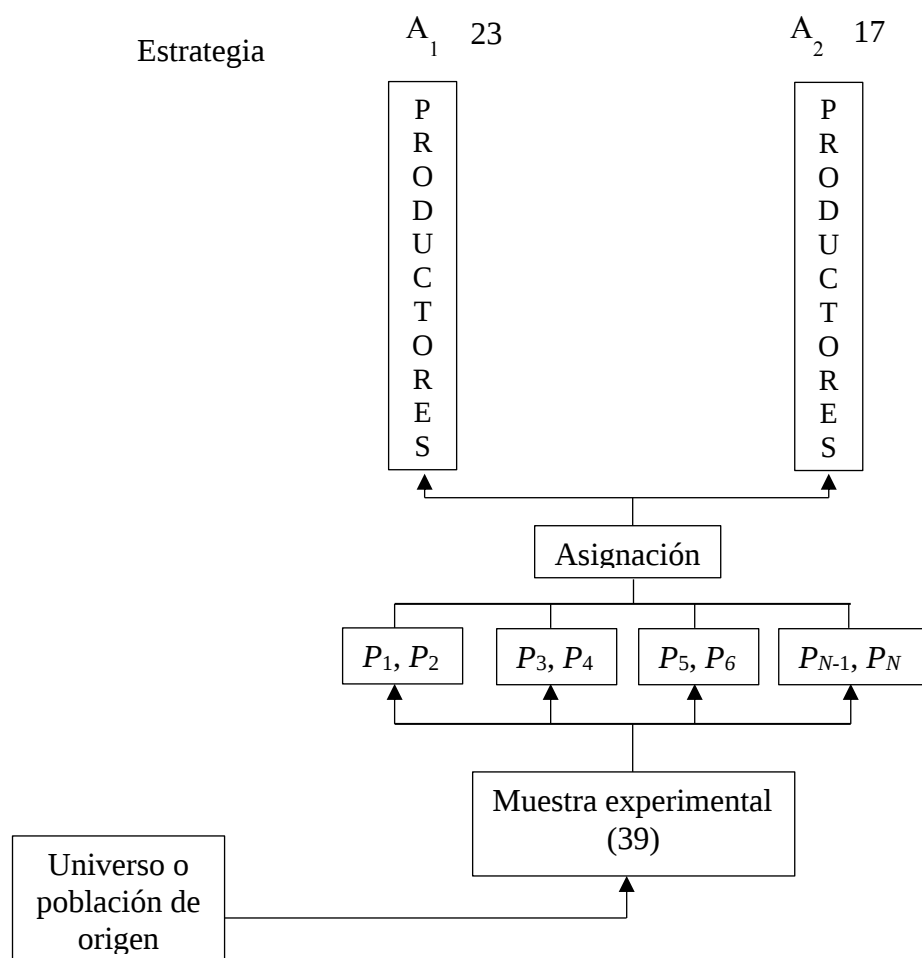


Figura 10. Diseño de dos grupos relacionados.

3.4.3. Selección de agricultores

A mediados del mes de enero de 2018 se seleccionó un grupo de agricultores de papa del cantón Montufar. Se conformó un grupo de trabajo con participantes provenientes del estudio post-cosecha de los productores de papa de la provincia del Carchi, cuyo tamaño muestral fue de 302 individuos, del cual se asignó 39 productores al estudio, para

implementar un diseño de dos grupos relacionados; con diferente tamaño en la muestra. Con una restricción inicial en la selección del tamaño de la muestra de evaluación, ya que esta fue seleccionada anteriormente en el estudio anteriormente mencionado.

3.4.4. Clasificación de los productores

A finales del mes de enero del 2018 tras la selección, se realizó la clasificación de los 39 productores que se encontraban dispersos (diferentes comunidades) en dos grupos. El grupo 1, con veintidós agricultores asignados, abarcó temas que brinden sustento para un correcto uso de la “herramienta de apoyo a la decisión para la aplicación de fungicidas”, e implementación de las parcelas y toma de datos. Con el grupo 2 con diecisiete agricultores asignados, únicamente se acompañó a la implementación del lote y la toma de datos.

3.4.4.1. Productores sin tecnología SAD

Los productores pertenecientes al grupo dos, efectuaron el control del tizón tardío basándose en su propia experiencia y práctica.

3.4.4.2. Productores con tecnología SAD

Los productores pertenecientes al grupo uno, realizaron todas las actividades y labores de cultivo conforme lo realizan en cada sitio, además de esto enfocaron el uso de la “herramienta de apoyo a la decisión de aplicación de fungicidas” para el manejo integrado del tizón tardío. Este grupo recibió capacitación previa en tizón tardío de la papa (clima conductivo, resistencia varietal, control con fungicidas), la herramienta y el manual de usuario. Estas capacitaciones se realizaron por el investigador y un técnico del CIP. Para ello se implementó un CdC (Centro de Capacitación) que es el prerrequisito para una correcta implementación de las soluciones técnicas del MITT en campo y un paso importante para su disseminación. El CdC sigue un currículo específico que comprende experiencias de manejo básicas del MITT y principios educacionales no formales junto al ensayo de nuevas alternativas en el campo.

Durante el CdC los participantes fueron actualizados sobre biología, etología y ecología de *Phytophthora infestans*, síntomas de tizón tardío, uso de la resistencia genética y uso de fungicidas para el control de la tizón tardío de la papa y apoyo a la decisión para la aplicación de fungicidas. El MITT fue el enfoque conductor de estas capacitaciones. El énfasis fue dirigido hacia la capacidad de observación del lote y en el desarrollo y fortalecimiento de capacidades basada en procedimientos de educación informal de adultos.

De esta manera los participantes pudieron asimilar los elementos del MITT.

La capacitación del grupo uno abarcó temas que brindaron sustento para un correcto uso de la “herramienta de apoyo a la decisión para la aplicación de fungicidas”.

3.4.4.2.1. Implementación de parcelas de evaluación con agricultores

Para la siembra se utilizó semilla certificada de la variedad Súperchola, proporcionada por el CIP conjuntamente con la UPEC. Las parcelas tuvieron 2 quintales de tubérculos semilla para la siembra. Todas las actividades y labores de cultivo se realizaron conforme lo realizan en cada sitio. Únicamente el control de tizón tardío tuvo un enfoque integrado usando la “herramienta de apoyo a la decisión”. Luego se pasó a la fase de seguimiento y levantamiento de la información a medida que se fue generando en cada una de las parcelas.

3.4.5 Variables evaluadas:

a) Severidad de tizón tardío en el cultivo de papa mediante el uso de la escala de evaluación de Henfling (Anexo 1)

La evaluación en el campo de la tizón tardío, se realizó mediante la observación visual del grado o del porcentaje de follaje dañado por *Phytophthora infestans*, se tomó cinco surcos por cada parcela de evaluación, incluida la parcela de libre infestación en la cual no se efectuó ningún control de la enfermedad. De esta manera, se realizó las evaluaciones en intervalos regulares a partir de la primera aplicación, hasta la madurez fisiológica de la planta.

Se evaluó el porcentaje promedio de los daños de todo un surco. Así mismo, si el resultado fue un valor intermedio, se consideró tomar en cuenta la puntuación más alta. Se manejó la escala del CIP, donde no es necesario realizar transformaciones ya que esta escala fue elaborada con valores transformados logísticamente. Las lecturas se las realizó cada 12 días ya que la variedad de papa empleada en el estudio tiene un nivel de resistencia medio luego se calculó el Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) aplicando la fórmula.

b) Número de aplicaciones de productos químicos, protectantes y sistémicos en el cultivo de papa para el manejo integrado de tizón tardío

El cálculo de aplicaciones de fungicidas protectantes y sistémicos se realizó mediante el criterio del productor al aplicar la herramienta circular, que varía con las condiciones

climáticas del sitio donde se encontró la parcela de evaluación. Se registró un valor independiente por cada productor, estos se sumaron y se sacó un promedio, con este resultado pudimos determinar cuántas aplicaciones promedio se realizaron, para luego compararlas con el otro grupo que ejecuto las aplicaciones de fungicidas basándose en su propia experiencia, para determinar cuál de los dos grupos manejo menores aplicaciones.

c) Consumo de productos químicos protectantes y sistémicos en el cultivo de papa para el manejo integrado de tizón tardío

El cálculo sobre el consumo de productos químicos empleados en el manejo del tizón tardío se realizó conjuntamente con el cálculo de las aplicaciones, con un valor independiente por cada aplicación y productor; promediando un valor de Kg usados por parcela.

d) Tipos de productos químicos aplicados en el cultivo de papa para el control de tizón tardío bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión

A medida que los agricultores de los dos grupos realizaban las aplicaciones, se fue identificando las formulaciones químicas de los productos empleados en el control de tizón tardío, para posteriormente determinar el orden de mayor a menor uso según los kilogramos empleados de estas formulaciones químicas.

e) Costos de manejo integrado del tizón tardío con el uso de la herramienta de apoyo a las decisiones

En todo el ciclo de cultivo, se determinó e identifico de todas las aplicaciones los costos generados en el control de tizón tardío en las dos estrategias empleadas en el estudio. De modo que se estableció, el tiempo empleado en la aplicación y los productos utilizados como los únicos costos variables entre las dos tecnologías.

f) Rendimiento total

En cada parcela de evaluación se registraron los valores de rendimiento en quintales, dentro de estos valores se obtuvo los pesos de las respectivas categorías, de primera, segunda y tercera, datos importantes para los referentes análisis económicos.

g) Tasa de impacto Ambiental generado por el control de tizón tardío en el cultivo de papa bajo el sistema de apoyo a la decisión

Se calculó las TIA finales de cada pesticida, luego se sumaron para dar como resultado la “Tasa de Impacto Ambiental Total” (TIAT) de las dos estrategias de manejo de tizón tardío, y se pasó a comparar las TIAT por medio de procedimientos estadísticos y de esta manera establecer cuál fue la tecnología o estrategia que generó menos contaminación.

h) Análisis económico del control de tizón tardío con y sin el uso de la herramienta de apoyo a las decisiones

Posterior a la cosecha, se realizó el análisis económico, los cálculos se basaron en el método de comparación de costos de producción de las dos estrategias empleadas en el control de tizón tardío.

Con los resultados conseguidos tanto en rendimiento como precio de venta se sacó un promedio de las dos estrategias y se calculó el Beneficio Bruto (BB). De estos beneficios se restó el valor de los costos (C) dado como resultado el beneficio neto (BN). De esta manera se determinó cuál de las dos estrategias resultó la más rentable.

3.4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó estadística descriptiva para reportar lo que sucedió con el manejo del tizón tardío, la reducción de pérdidas y los beneficios obtenidos en cada grupo.

En las variables cuantitativas se realizó pruebas de Shapiro wilk para determinar la normalidad de los datos y diagramas de barras para describir el comportamiento en ambas situaciones evaluadas.

Se compararon con pruebas no paramétricas de Wilcoxon para identificar diferencias entre los dos grupos evaluados.

En la variable cualitativa área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) para determinar la severidad del tizón tardío, se compararon los dos grupos con pruebas no paramétricas de kruskal y Wallis.

Se utilizó el sistema estadístico Statistix en su versión 8.0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Control de *Phytophthora infestans* en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión

4.1.1.1. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de *Phytophthora infestans* en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión

Al realizar la prueba de Kruskal y Wallis para las estrategias evaluadas se registra el estadístico es $W=16,7506$, con valor $P=0,0002$ menor a $0,05$, lo que indica que hay diferencias estadísticas entre las estrategias; como lo indica la tabla 5 donde se observa dos rangos para el ABCPE de tizón tardío; diferentes letras indican que las estrategias difieren; la parcela sometida a libre infestación se ubicó en el primer rango con un promedio de $3602,74$ %-días de ABCPE, en el segundo rango se situaron las estrategias: uso del SAD con $628,30$ %-días y la estrategia del agricultor con $271,18$ %-días.

Tabla 3. Prueba de Kruskal-Wallis del ABCPE en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión para el control de tizón tardío.

Estrategia	Promedio ABCPE (%-Días)	Rangos	P valor
Libre infestación	3602,74	A	0,0002 **
Con uso del SAD	628,30	B	
Sin uso del SAD	271,18	B	
Promedio total de la investigación	550,88		

**: Muy Significativo.

SAD: Sistema de Apoyo a la Decisión para el control de tizón tardío.

ABCPE: Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad.

4.1.1.2. Severidad de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) durante el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión

En la figura 11, se puede observar el desarrollo de la enfermedad en las condiciones: con uso del SAD, sin uso del SAD y el desarrollo de la epidemia natural, quienes registraron un promedio de $5,52\%$; $2,21\%$ y $45,46\%$ de severidad respectivamente. La estrategia tradicional obtuvo mejores resultados en promedio, sin embargo estadísticamente no representan diferencias con la estrategia que uso el SAD.

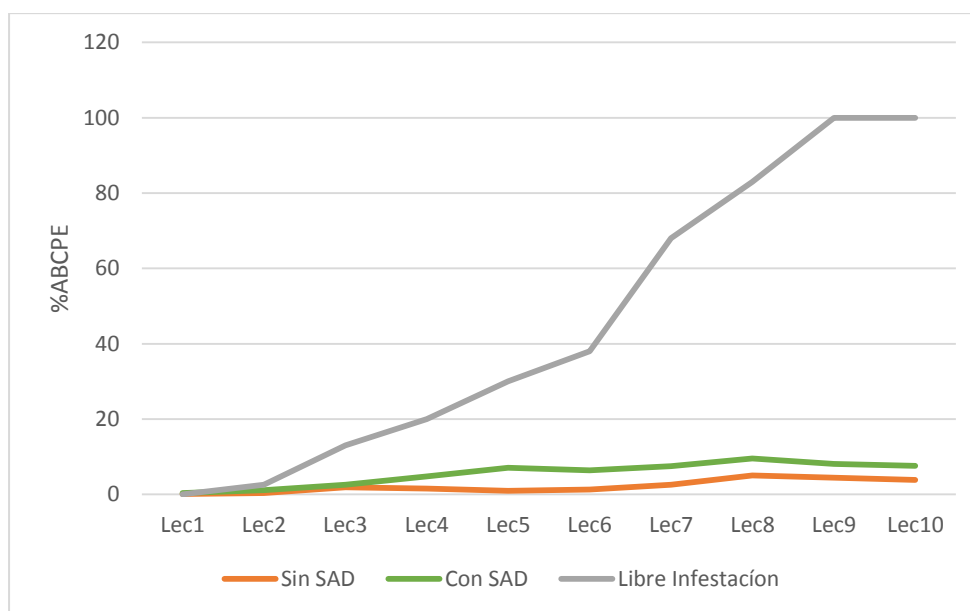


Figura 11. Severidad (%) con y sin el uso del SAD y libre infestación en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.

4.1.1.3. Aplicaciones de productos químicos para el control de tizón tardío en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión

Para la variable número de aplicaciones la prueba de Shapiro Wilk muestra que no se presenta una distribución normal en los datos obtenidos $P=0,0001$, por lo cual se empleó la prueba no paramétrica de Wilcoxon, con la cual se determinó que no hay diferencias estadísticas entre las estrategias estudiadas en el número de aplicaciones $P=0,7419$.

Tabla 4. Prueba de Wilcoxon para comparar el número de aplicaciones realizadas en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.

Estrategia	Promedio N° de aplicaciones/ciclo	P Valor
Sin uso del SAD	8,8	0,7419 ns
Con uso del SAD	8,6	
Promedio total de la Investigación	8,69	

ns: No significativo.

SAD: Sistema de Apoyo a la Decisión para el control de tizón tardío.

El promedio de aplicaciones sin el SAD fue de 8,8 aplicaciones/ciclo y para quienes utilizaron el SAD de 8,6 aplicaciones/ciclo.

En la figura 5, se puede observar que la estrategia sin el uso del SAD se ubica a 0,2 aplicaciones/ciclo sobre el uso de la estrategia SAD, existe diferencias en promedio pero estadísticamente no significativas al momento de realizar las aplicaciones de fungicidas en el control del tizón tardío, entre los dos grupos evaluados.

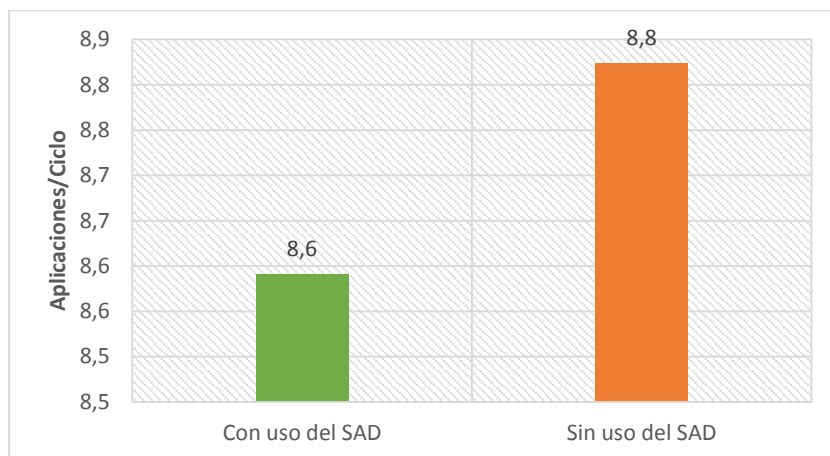


Figura 12. Aplicaciones (número/ciclo) de productos realizadas en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.

4.1.1.4. Consumo de productos químicos (kg/ciclo/parcela) en el cultivo de papa para el control de tizón tardío bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión

La prueba de Shapiro Wilk $P=0,0000$ indica que los datos no están dentro de una distribución normal y al aplicar la prueba de Wilcoxon $P=0,0187$ se determina que existe diferencias estadísticas entre los dos procesos evaluados.

Tabla 5. Prueba de Wilcoxon del consumo de productos químicos (kg/ciclo/parcela) aplicados en el cultivo de papa para el control de tizón tardío bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.

Estrategia	Promedio Kg aplicados/ciclo/Parcela	Valor P
Sin uso del SAD	2,07	0,0187*
Con uso del SAD	1,20	
Promedio total de la Investigación	1,58	

*: Significativo.

SAD: Sistema de Apoyo a la Decisión para el control de tizón tardío.

Las parcelas sin el uso del SAD registran un mayor consumo de productos químicos en el control de tizón tardío, con un valor promedio de 2,07 Kg/ciclo/parcela, mientras que el grupo que utilizó el SAD registró un uso promedio de 1,20 Kg; se presenta una disminución considerable de 0,87 Kg entre las estrategias evaluadas.

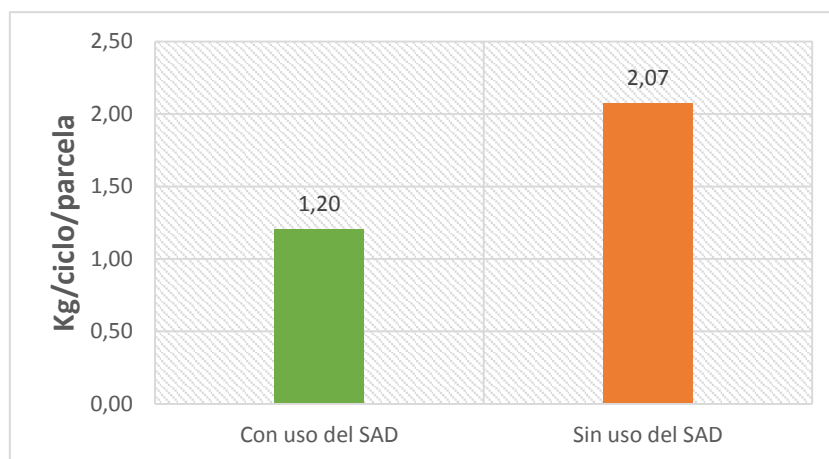


Figura 13. Consumo de productos químicos empleados en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.

4.1.2.3. Tipos de productos químicos aplicados en el cultivo de papa para el control de tizón tardío bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión

La figura 14, muestra que los agricultores que emplearon el SAD usaron 30 tipos de productos químicos para el manejo de tizón tardío de 31 productos aplicados en la investigación; ya que esta recomienda variabilidad en los productos a la hora de cada aplicación; se detallan a continuación en orden de mayor a menor uso, las moléculas más utilizadas resultaron las de Mancozeb + Cymoxanil con un promedio de 0,225 Kg/ciclo/parcela seguidas por la combinación propineb + Cymoxanil con 0,136 Kg/ciclo/parcela.

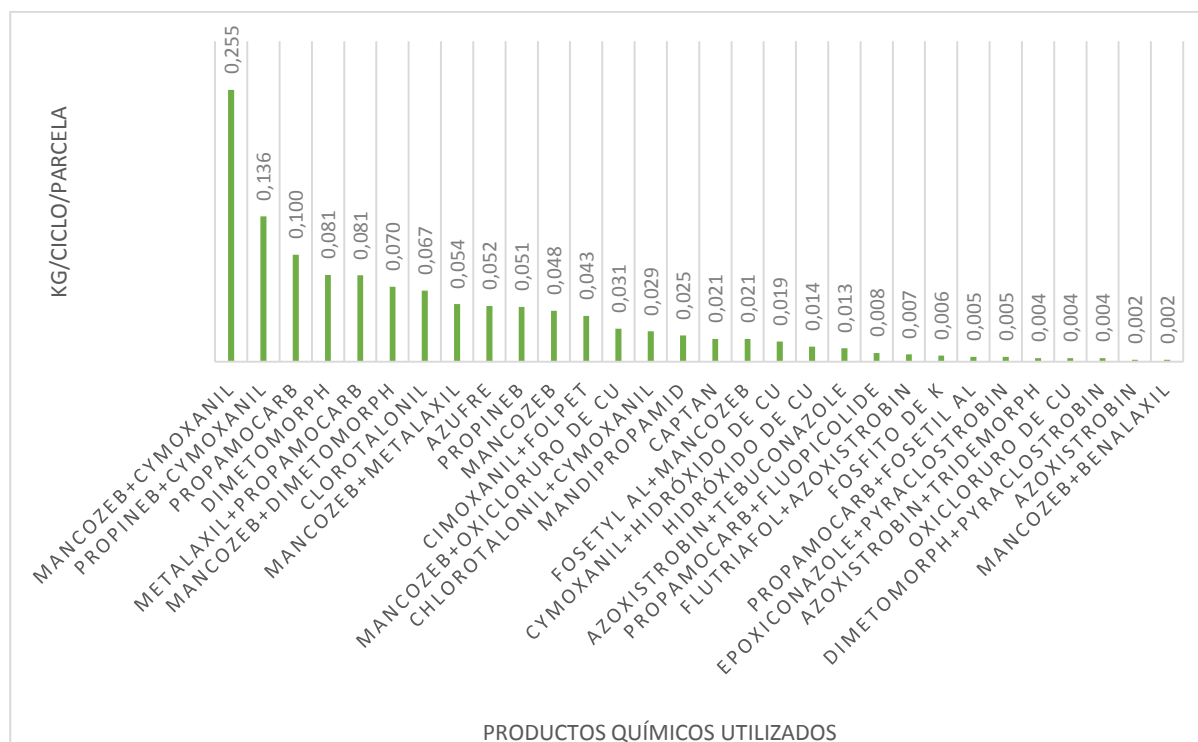


Figura 14. Productos químicos Kg/ciclo/parcela utilizados en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.

La figura 15, indica que los agricultores que no emplearon el SAD usaron 16 tipos de productos químicos para el manejo de tizón tardío de 31 aplicados en la investigación; ya que ellos efectúan una menor rotación de estos, se detallan a continuación en orden de mayor a menor uso, coincidiendo con el grupo que utilizó el SAD las moléculas de mayor uso fueron las de Mancozeb + Cymoxanil con un promedio de 1,065 Kg/ciclo/parcela seguidas por el Dimetomorph con 0,309 Kg/ciclo/parcela.

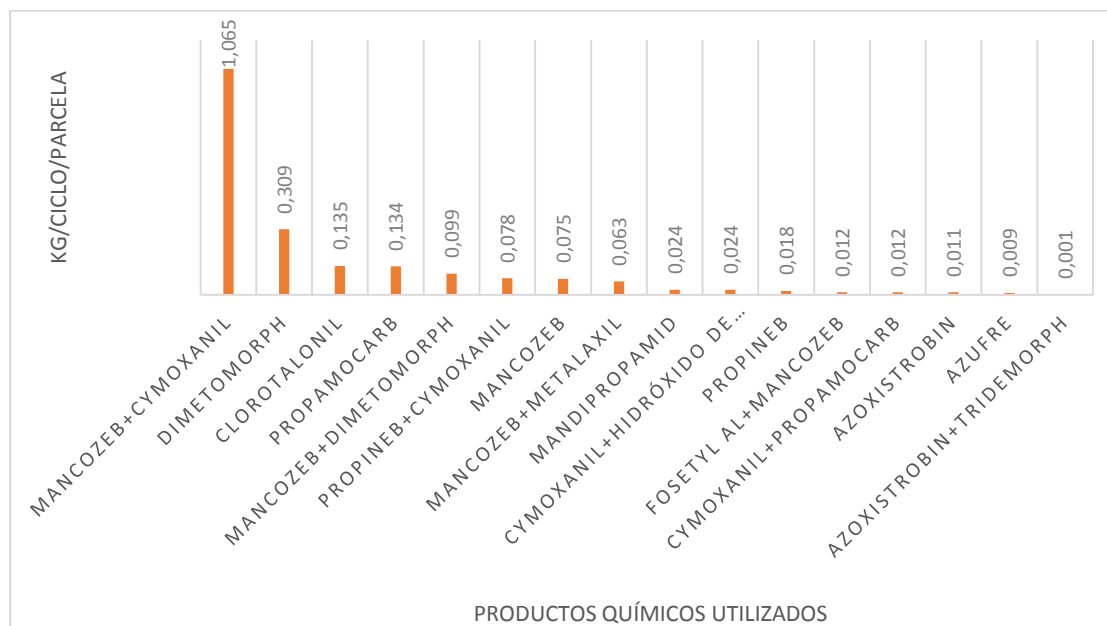


Figura 15. Productos químicos Kg/ciclo/parcela utilizados en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.

4.1.1.5. Impacto ambiental generado por el control de tizón tardío en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión.

En la variable de impacto ambiental la prueba de Shapiro Wilk ($P=0,0000$) indica que los datos no responden con una distribución normal y luego al realizar la prueba de Wilcoxon ($P=0,0084$) se establece que existen diferencias estadísticas en el impacto ambiental causado por las estrategias evaluadas.

Tabla 6. Prueba de Wilcoxon para el Impacto Ambiental causado en el cultivo de papa para el control de tizón tardío bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.

Estrategia	Promedio TIA	Valor P
Sin uso del SAD	761,17	0,0084*
Con uso del SAD	407,37	
Promedio total de la Investigación	561,59	

*: Significativo.

SAD: Sistema de Apoyo a la Decisión para el control de tizón tardío.

TIA: Tasa de Impacto Ambiental.

La figura 16, muestra el promedio de la tasa de impacto ambiental generado en los dos casos evaluados, el valor más bajo lo obtuvo la aplicación de la estrategia SAD con un promedio de 407,37; mientras que la estrategia del agricultor registro un valor de 761,17; dando así una reducción de 45,17% de la TIA.

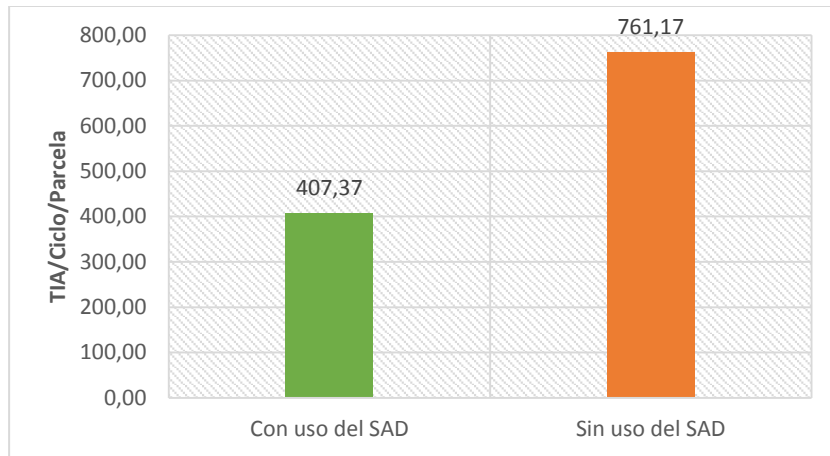


Figura 16. Tasa de Impacto Ambiental generado en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.

4.1.1.6. Costos empleados en el control de tizón tardío en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión.

La prueba de Shapiro Wilk ($P=0,0000$) indica que los datos no están dentro de una distribución normal y al aplicar la prueba de Wilcoxon ($P=0,7446$) se determina que no existe diferencias estadísticas entre los dos sistemas evaluados.

Tabla 7. Prueba de Wilcoxon para comparar el costo de aplicaciones realizadas en el cultivo de papa en el control de tizón tardío bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.

Estrategia	Promedio Costos del control de tizón tardío.	Valor P
Sin uso del SAD	\$31,54/Ciclo/Parcela	0,7446ns
Con uso del SAD	\$26,19/Ciclo/Parcela	
Promedio total de la Investigación	\$28,51/Ciclo/Parcela	

ns: No significativo.

SAD: Sistema de Apoyo a la Decisión para el control de tizón tardío.

En la figura 17 se muestra que el costo promedio más alto en la aplicación de Productos químicos para el control de tizón tardío resulta la estrategia sin SAD, \$ 5,35 más que la aplicación de la estrategia SAD, aunque estadísticamente no muestran diferencias significativas.

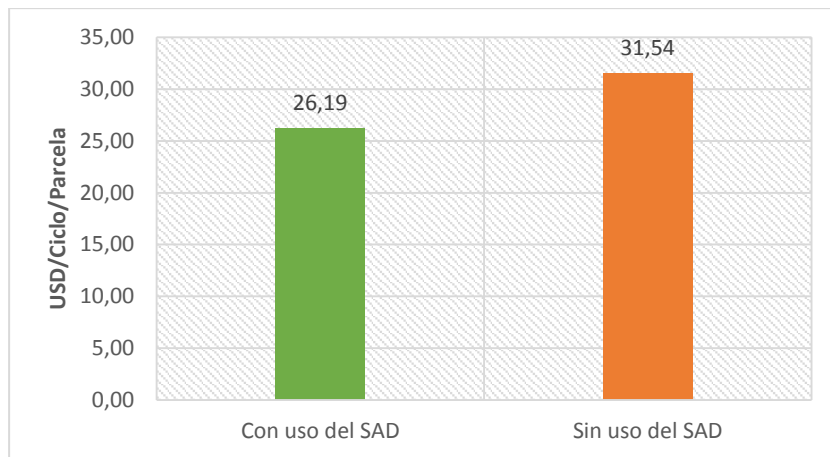


Figura 17. Costos del control de tizón tardío en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.

4.1.2. Rendimiento y análisis económico en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión.

4.1.2.1. Rendimiento en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión.

La prueba Shapiro Wilk ($P=0,0029$) revela que los datos no muestran una distribución normal y al aplicar la prueba de Wilcoxon ($P=0,6101$) se determinó que no existe diferencias estadísticas en el rendimiento total de los casos evaluados.

Tabla 8. Prueba de Wilcoxon del rendimiento en el cultivo de papa bajo el efecto del Sistema de Apoyo a la Decisión en el control de tizón tardío.

Estrategia	Promedio del rendimiento en qq/parcela	Valor P
Sin uso del SAD	40,8	0,6101ns
Con uso del SAD	39,7	
Promedio total de la Investigación	40,2	

ns: No significativo.

SAD: Sistema de Apoyo a la Decisión para el control de tizón tardío.

La figura 18 indica el promedio del rendimiento total en los dos casos evaluados, el rendimiento más alto lo registró la estrategia sin SAD con 40,8 qq/parcela y con un valor de 39,7 qq/parcela con la aplicación de la estrategia SAD.

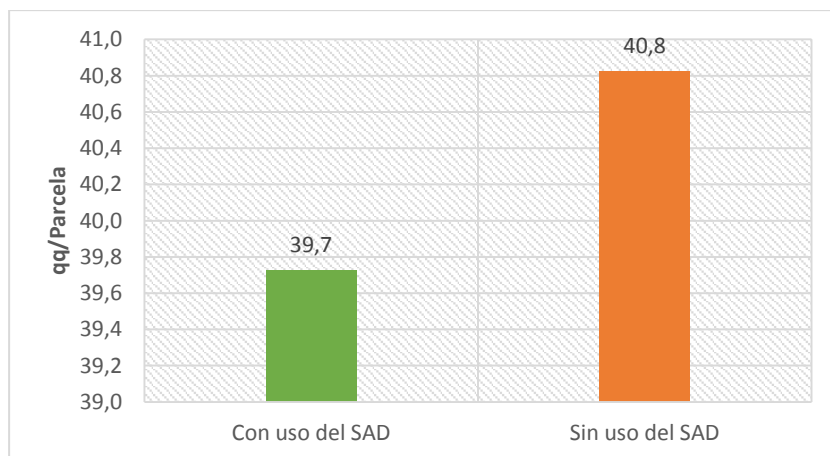


Figura 18. Rendimiento en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.

4.1.2.2. Análisis económico en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del sistema de apoyo a la decisión.

El análisis económico se lo realizó a través de la relación costo-beneficio. En el cual se detalla los costos de producción en promedio de las parcelas manejadas en el estudio, de las dos estrategias empleadas en el control de tizón tardío,

Se identificó los costos que varían en las dos estrategias, siendo estos: los productos utilizados y el tiempo empleado en las aplicaciones para el control de tizón tardío (Tabla 9). Además se identificó a los rendimientos en promedio como otra variante en el cálculo de la relación costo-beneficio.

Tabla 9. Variantes en el control de tizón tardío de las dos estrategias evaluadas en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.

Variantes	Con uso del SAD	Sin uso del SAD
Costos de Productos utilizados + tiempo empleado en el control de T.T. (promedio).	\$26,17/parcela	\$31,54/parcela
Rendimiento	39,7 qq/parcela	40,8 qq/parcela

SAD: Sistema de Apoyo a la Decisión para el control de tizón tardío.

T.T. Tizón Tardío.

En la tabla 10 se observa el análisis económico de los dos casos evaluados, para este análisis se consideró un precio promedio al cual se vendió el producto de cada categoría por parcela que resultó \$16,21; \$9,65; \$3,46; para primera, segunda y tercera respectivamente. Como se evidencia, las dos estrategias generaron rentabilidad independiente de la producción, quien obtuvo mayor utilidad resultó la estrategia tradicional del agricultor con \$1,66; seguida de

la estrategia SAD con \$1,58, lo que quiere decir, que por cada dólar invertido obtenemos una ganancia de \$0.66 y \$0,58 respectivamente. La estrategia tradicional se situó únicamente con \$0,08 por encima de la estrategia aplicada con uso del SAD.

Tabla 10. Relación costo-beneficio en el control de tizón tardío de las dos estrategias evaluadas en el cultivo de papa bajo el efecto del uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.

Estrategia	Costo de producción/ estrategia (\$)	Producción qq/parcela	Venta (\$)	Utilidad neta (\$)	Costo/beneficio (\$)
Con uso del SAD	200,91	39,7	518,33	317,42	1,58
Sin uso del SAD	206,48	40,8	549,93	343,44	1,66

4.2. DISCUSIÓN

De los resultados conseguidos en la variable de severidad de tizón tardío se observa que tanto, ya que no existen diferencias estadísticas entre las estrategias.

Las parcelas con el uso del SAD fueron las que recibieron mayor agresión de *Phytophthora infestans*, frente a las que no utilizaron el SAD; aun así se conservó un nivel bajo de la enfermedad durante el ciclo del cultivo. Esta situación coincide con los resultados de (Yepez, 2016) en su investigación “Validación de estrategias de manejo de tizón tardío de la papa” en los que se muestra que las técnicas aplicadas para el control de tizón tardío conservaron niveles bajos de la infección con relación al testigo absoluto, cabe señalar que en este no se realizó ningún control para el manejo del tizón tardío.

En la estrategia sin el uso del SAD el agricultor utilizó productos químicos de acuerdo a su criterio y las recomendaciones dadas por los proveedores de insumos en las casas comerciales, esto es varios productos con diferente nombre comercial pero que contienen el mismo ingrediente activo y en dosis superiores a las recomendadas por los fabricantes, aplicando en reiteradas ocasiones los mismos productos.

En la parcela de libre infestación observamos que la curva del progreso de la enfermedad ascendió hasta el 100%, sin embargo hasta la lectura seis no supera el 40%; esta severidad no tan elevada se debe a que en ese lapso el cultivo se mantenía en pleno crecimiento activo. De esta manera se aumenta el área foliar, provocando un porcentaje bajo de la infección, esto coincide con (Barona, 2009), quien expone que en su investigación existió un bajo porcentaje de infección hasta los 55 días en sus parcelas testigo.

De los resultados obtenidos en la variable de aplicaciones de productos químicos para el control de tizón tardío en el cultivo de papa se determinó que existe una tendencia más elevada a la aplicación de productos químicos para el manejo del tizón tardío en el grupo que no utilizó el SAD, estadísticamente no existe diferencias significativas en el número de aplicaciones, sin embargo al reducir en tan solo el 2,27% el promedio del número de aplicaciones con el SAD este ayuda a disminuir considerablemente la tasa de impacto ambiental de las aplicaciones de productos químicos.

Se logra apreciar la cantidad de 62,008 Kg de fungicidas aplicados para el manejo de tizón tardío en todo el estudio y un total de 31 formulaciones químicas diferentes, aunque se utilizó varios productos de distintos nombres comerciales pero de igual ingrediente activo.

Habitualmente el uso de Mancozeb con otro ingrediente activo como cymoxanil predominan en los agricultores, esto lo podemos evidenciar ya que esta combinación fue la más consumida dando un total de 23,442 kg/ciclo/estudio.

Quien registró mayor número de Kg a la hora de la aplicación de productos químicos para el manejo de tizón tardío fue la estrategia sin el uso del SAD, esto se debió sustancialmente a que el agricultor normalmente se guía en su experiencia y a las recomendaciones de los

técnicos de las casas comerciales al momento de realizar las fumigaciones, por ello se presentó varios casos donde aplicaron el mismo producto y dosis mayores a la adecuada, aumentando el número de kg de productos químicos y por ende la tasa de impacto ambiental.

Debido a que los agricultores que no utilizaron el SAD manejaron los cultivos a su criterio, estos no realizaron rotación de productos llegando a aplicar únicamente 16 de las 31 formulaciones químicas usadas en el control de tizón tardío; esto podría generar resistencia a dichos productos en poblaciones de *P. infestans*. (Riveros, Sotomayor, Rivera, Secor, & Espinoza, 2003) Esta resistencia deriva de la consecuencia a mutaciones estables que se pueden heredar a las siguientes generaciones.

La resistencia al metalaxyl es uno de los precedentes más claros y que se ha reportado dentro de poblaciones de *P. infestans* a escala mundial, constituyéndose en un factor limitante en el uso de este fungicida (Pérez & Forbes, 2008). Otro ejemplo representativo que podemos citar en cuanto a resistencia de poblaciones de este patógeno a productos químicos deriva ante el ingrediente activo Dimetomor, ubicado en el segundo puesto de uso por los productores que no utilizaron el SAD; esta resistencia resulta poligénica y aditiva, presentando cepas que se producen de forma natural y muy rara vez (Erwin & Ribeiro, 1996)

La estrategia SAD registra 30 de las 31 formulaciones químicas utilizadas para el control de tizón tardío en todo el estudio, ya que esta recomienda alternar productos tanto sistémicos como protectantes y la incorporación de nuevos ingredientes activos en el control de *P. infestans*. Se presenta una disminución considerable del 24,88% de Kg de productos químicos frente a quienes no utilizaron el SAD; de igual modo prevaleció el uso de Mancozeb y Cymoxanil con un total de 5,345 Kg, no se presentó diferencias estadísticas respecto a quienes no utilizaron el SAD en cuanto a severidad, ratificando estos resultados con una investigación previa en Carchi (Ochoa, 2013), En cambio sí ayudo a reducir los costos y la tasa de impacto ambiental y un mejor control en quienes utilizaron más de cuatro ingredientes activos, Confirmando resultados obtenidos en Montufar por (Pozo, 2015). Donde la utilización de la rotación de un número mayor de ingredientes activos, aportó de manera positiva al control de *P. infestans*.

En los dos casos evaluados la tasa de impacto ambiental resulto muy alta según la escala de (Fernández, 2016) quien determina en su investigación que la TIA >250 en cultivos similares es muy alta; en estos casos la estrategia sin el SAD registro un promedio de la tasa de impacto ambiental total de 761,17 mientras que la estrategia que uso el SAD alcanzó un valor de 407,37 una reducción considerable en comparación con la que logró la estrategia del agricultor consiguiendo una reducción de 46,48% de TIA.

La disminución de la Tasa de Impacto Ambiental corresponde especialmente al bajo uso de pesticidas altamente perjudiciales y por la sustitución con otros fungicidas de baja toxicidad, además del empleo de la variedad súper chola con resistencia media a la enfermedad. (Gavillan, Surgeoner, & Kovach, 2001)

Cabe indicar que los agricultores que no utilizaron el SAD desconocen totalmente el grado de susceptibilidad de la variedad súper chola a *P. infestans*. De este modo ellos realizaron las fumigaciones basándose en su experiencia o conforme a las indicaciones de las casas comerciales, esta condición favoreció al incremento de la Tasa de Impacto Ambiental ya que los agricultores aplicaron mezclas de diferentes productos y sobre dosificaciones. Esto concuerda con el mayor consumo de productos químicos realizado para el manejo de tizón tardío por los agricultores de este grupo, caso contrario de quienes utilizaron el SAD donde se evidencio una TIA y consumo menores, entre menor sea el uso de productos de igual modo se reduce el impacto ambiental. Como lo indica la herramienta, coincidiendo con los estudios elaborados por (Gavillan, Surgeoner, & Kovach, 2001) en el que concluyen que la aplicación de un manejo integrado de plagas ayuda a disminuir el impacto ambiental frente a un manejo convencional sin importar el cultivo.

De esta manera se determina la importancia de utilizar el SAD o cualquier otra tecnología en el manejo integrado de plagas, indudablemente la afectación a la salud del agricultor se reduce, el producto resulta más sano y se causa un impacto ambiental más bajo.

Los resultados conseguidos en la variable costos de aplicación de productos químicos para el control de tizón tardío mostraron que la estrategia sin SAD tiene un promedio de \$31,54 mientras que el uso del SAD un promedio de \$26,19 llegando a determinar que el uso de la estrategia SAD disminuye en un 16,92% el promedio del costo de la aplicaciones de fungicidas, una disminución no considerable ya que estadísticamente no representa diferencias significativas.

En los dos casos evaluados se evidencia que no se presentó diferencias significativas en el rendimiento, la estrategia del uso del SAD alcanzo valores similares a los presentados por la estrategia del agricultor. Aunque si se evidencian una reducción mínima del promedio de un 2,7%. Esto pude deberse a que en promedio la estrategia SAD mostro mayor afectación de severidad, por consiguiente el área foliar afectada por la enfermedad carece de la capacidad de captar la radiación solar.(Barona, 2009) Señala la estrecha relación de cómo influye la radiación interceptada frente a la biomasa almacenada en el cultivo de papa, conforme a la biomasa total, y la materia seca del tubérculo. Y de cómo interviene la intercepción de la radiación solar sobre el rendimiento de papa.

Situación que concuerda con (Yopez, 2016) en su investigación donde se determina que la disminución del área foliar dañada por presencia de tizón tardío influyo en parte a la reducción del rendimiento.

Al realizar el análisis económico llegamos a determinar beneficios similares, ciertamente en cualquier caso las dos estrategias son rentables.

El emplear la estrategia con el uso del SAD le permite al agricultor conseguir beneficios netos similares a los conseguidos por la estrategia tradicional como lo muestra la tabla 10, con iguales costos empleados en el control de tizón tardío.

Sin embargo al productor le interesará la estrategia con la mayor utilidad que, en este caso, es la estrategia sin SAD. Pero limitarse a esa estrategia le impide al agricultor producir productos más sanos y mantener un ambiente más saludable.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Al realizar el estudio sobre la evaluación del sistema de apoyo a la decisión generado por el Centro Internacional de la Papa (CIP) para el Manejo Integrado de Tizón Tardío (MITT) en las comunidades de Canchaguanu, Monteverde, El Chamizo y Atal del cantón Montufar provincia del Carchi podemos concluir que:

1. Al comparar las dos estrategias utilizadas en el control del tizón tardío (*Phitophthora infestans*) en los dos grupos de agricultores, se concluye que el uso del SAD resulta eficiente en el control y manejo de *P infestans*, logrando mantener niveles bajos de esta enfermedad, con costos y número de aplicaciones estadísticamente similares a la estrategia del agricultor local.
2. En relación a los kilogramos de productos químicos utilizados en el estudio se determinó que existen diferencias estadísticas entre los dos grupos evaluados, la estrategia del agricultor mostro un incremento considerable en el número de kg de aplicados, mientras que el uso del SAD ayudo a disminuir la cantidad de productos químicos en un promedio de 0,87 kg por parcela.
3. De las 31 formulaciones químicas usadas en el control de tizón tardío apenas 16 fueron utilizadas por los agricultores que no emplearon el uso del SAD, mientras que quienes utilizaron el SAD llegaron a utilizar 30, eso se debió a que la herramienta recomienda alternar productos tanto sistémicos como protectantes y la incorporación de nuevos ingredientes activos en el control de *P. infestans*.
4. Con relación a la Tasa de Impacto Ambiental se determina una disminución considerable al utilizar el SAD con respecto a la estrategia del agricultor, debido a la rotación de fungicidas y al uso de estos con bajo coeficiente de impacto ambiental, dando así una disminución de 46,48% de la TIA frente a la estrategia del agricultor; lo que indica que la estrategia SAD es mucho más amigable con el ambiente.

5. Del análisis de rendimiento se establece que al utilizar el SAD se consigue un promedio de 39,7 qq/parcela, un rendimiento menor comparado con el obtenido por el otro grupo que obtuvo 40,8 qq/parcela, sin embargo, esto no representa diferencias estadísticas.
6. En el análisis económico la estrategia del agricultor resulto obtener más beneficios netos, con una utilidad de \$0,08 por encima de la estrategia aplicada con uso del SAD.

5.2. RECOMENDACIONES

Para la aplicación del Sistema de Apoyo a la Decisión a nivel práctico de campo se recomienda una previa capacitación a los agricultores en el uso de esta herramienta, así les ayudará a tomar las mejores decisiones en el cultivo de papa para el control de tizón tardío de acuerdo a las condiciones del sitio donde este se desarrolle.

Utilizar el Sistema de Apoyo a la Decisión en el cultivo de papa, ya que se demostró que es mucho más amigable con el ambiente, con menor uso de productos químicos que la estrategia tradicional del agricultor, y sus costos de manejo de tizón tardío y rendimientos resultan similares.

Difundir este Sistema de Apoyo a la Decisión en localidades donde aún no se conoce de esta herramienta para el control de *P. infestans*.

A fin de mejorar el Sistema de Apoyo a la Decisión, incorporar una herramienta única para la variedad Súperchola y específica para condiciones climáticas de la zona en el que se realizó la investigación y adjuntar las mismas recomendaciones presentes en el SAD amarillo.

Incluir medidores de lluvia con materiales resistentes ante las condiciones climáticas, en todas las ruedas del Sistema de Apoyo a la Decisión.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, I. (2008). *inia.cl*. Obtenido de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR35165.pdf>
- Agrios, G. N. (2005). *Fitopatología*. Editorial Limusa S.A. De C.V., .
- Andrade, H. (1998). *Variedades cultivadas en el Ecuador*. Quito: INIAP/PNRT.
- Andrade, H., Cuesta, X., & Oyarzún, P. (1999). Mejoramiento en Ecuador: desafiando el incremento en la patogenicidad de *Phytophthora infestans*. *Revista informativa del INIAP*, 13-14.
- Ávila, I. E. (2015). *Manual PAPA*. Obtenido de Camara de Comercio de Bogotá: <https://www.ccb.org.co/content/download/13727/175111/file/Papa.pdf>
- Barona, D. (2009). *Evaluación del impacto ambiental de tecnologías para producción de papa*. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Bustamante, N., Pérez, W., & Aragón, L. (2008). Control químico del tizón tardío (‘*Phytophthora infestans*’) de la papa ‘canchán’ en Huasahuasi, Junín. *Fitopatología* 43.
- Cambell, C., & Madden, L. (1990). *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. Conneticut: U.S.A: John Wiley & Sons.
- Cepeda, R. E. (2005). *Servicios y Almacigos S.A*. Obtenido de <http://allmacigos.cl/bt/EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20PAPA.pdf>
- Chacon, M. (2012). *Aprendamos de FITOPATOLOGIA: Hongo de genero Phytophthora*. Obtenido de <http://fitopatologiamanuelchacon.bligoo.es/hongo-de-genero-phytophthora#.VInEcfmGuh>
- CIMMYT. (1988). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos . *Un manual metodológico de evaluacion economica* . México D.F., México.

- CIMMYT. (1988). Manual metodológico de evaluación económica. *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos*. México.
- CIP, I. P. (2017). *CIP INTERNATIONAL POTATO CENTER*. Obtenido de <https://cipotato.org/es/lapapa/plagas-y-enfermedades-de-la-papa/>
- Conabio. (20 de 9 de 2014). *CONABIO.GOB*. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/20914_sg7.pdf
- Cremlyn, R. (1990). *Plaguicidas modernos y su acción bioquímica*. México: Editorial Limusa.
- Cuesta, X., Monteros, C., & Torres, J. R. (2011). *International Potato Center*. Obtenido de <https://cipotato.org/es/cip-quito/informacion/inventario-de-tecnologias/variedades/>
- E, W., Niklaus, F. J., & Grünwald. (2010). *Introducción a los Oomicetes*. Obtenido de <https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/PathogenGroups/Pages/IntroOomycetesEspaol.aspx>
- Erwin, D., & Ribeiro, O. (1996). *Phytophthora Diseases Worldwide*. Minnesota, USA: The American Phytopathological Society.
- Fernández. (2016). *INA.gob.ar*. Obtenido de <https://www.ina.gob.ar/legacy/pdf/CRA-IIIIFERTI/CRA-RYD-6-Fernandez.pdf>
- Forbes, G. A. (2012.). *Using Host resistance to manage Potato Late Blight with Particular Reference to Developing Countries*. Lima: Potato Research.
- Forbes, G. A., & Landeo, J. (2006). Late Blight. *Handbook of Potato Production, Improvement, and Postharvest Management*, editado por J. Gopal andy Khurana S. M. P., eds., 279–314. . Binghamton, .
- Forrer, H. R., Gujer, H., & Fried, P. (1993). Phytobre: A Comprehensive Information and Decision Support System for Late Blight in Potatoes. *En in Workshop on Computer Based DSS on Crop Protection*.

- Fry, W., Forbes, G., & Shtienberg, D. (2009). Late blight simulation and forecasting: Bells and whistles or real tools for researchers and farmers. *Acta Horticulturae (ISHS), Proceedings of the tThird International Late Blight Conference*.
- Fry, W. E., Apple, A., & Bruhn, J. (1983). Evaluation of potato late blight forecasts modified to incorporate host resistance and fungicide weathering. *Phytopathology* 73.
- Gavillan, G., Surgeoner, G., & Kovach, J. (2001). *Pesticide risk reduction on crops in the province of Ontario*. Ontario, Canada: Envairomental Quality.
- Gavillan, G., Surgeoner, G., & Kovach, J. (2001). Pesticide risk reduction on crops in the province of Ontario. Envioronmental Quality.
- Gleason, M. L., MacNab, A., Pitblado, R., Ricker, M., East, D., & Latin, R. (1995). Disease-warning systems for processing tomatoes in eastern North America: Are we there yet. *Plant Disease* 79.
- Grünwald, N. J., Romero Montes, G., Saldaña, L., Rubio Covarrubias, A., & Fry, W. (2002). Potato late blight management in the Toluca Valley: Field validation of SimCast modified for cultivars with high field resistance. *Plant Disease* 86: 1163–68.
- Haverkort, A., Struik, P. C., Visser, R. G., & Jacobsen, E. (2009). *Applied biotechnology to combat Late late blight in potato caused by Phytophthora iInfestans*. Potato Research.
- Henfling, J. (1987). *El tizón tardío de la papa*. Lima: Centro Internacional de la Papa.
- Hijmans, R., Forbes, G., & Walker, T. (1999). *A global assessment of late blight severity*.
Obtenido de http://research.cip.cgiar.org/typo3/web/fileadmin/Pdfs_Archive/38hijman.pdf.
- Jiménez, A. (2013). *Dialnet*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4792227.pdf>
- Kleinhenz, B., & Gutsche, V. (1996). Validation and utilization of the forecasting models SIMCERC and SIMPHYT in plant protection advice. *SP Rapport Statens Planteavlfsorsog*.

- Kovach, J., Petzoldt, C., Degnil, J., & Tette, J. (1992). *A method to measure the enviromental impact of pesticides*. New York: Food and Life Sciences.
- Krause, R. A. (1975). Blitecast: a computerized forecast of potato late blight. *Plant Disease Reporter* 59.
- Kromann, P., Bernal, G., Ochoa, J., Galarza, V., Forves, G., & F, J. (8 de Julio de 2015). Libro de memorias . *VI congreso Ecuatoriano de la papa* . Ibarra, Imbabura, Ecuador: Ficaya, UTN.
- Kromann, P., Miethbauer, T., Ortiz, O., Gregory, A., & Forbes., A. (2014). *Review of Potato Biotic Constraints and Experiences with Integrated Pest Management Interventions*. Obtenido de http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-7796-5_10.
- Kromann, P., Pradel, W., Cole, D., Taipe, A., & Forbes, G. (2011). Use of the environmental impact quotient to estimate health and environmental impacts of pesticide usage in Peruvian and Ecuadorian potato production. *Journal of Environmental Protection*.
- Kromann, P., Taipe, A., Perez, W., & Forbes, G. (2009). Rainfall thresholds as support for timing fungicide applications in the control of potato late blight in Ecuador and Peru. *Plant Disease* 93.
- Mancero, L. (2008). *FAO.ORG*. Obtenido de http://www.fao.org/fileadmin/templates/esa/LISFAME/Documents/Ecuador/cadena_papa.pdf
- Morales, M. (2002). *Google books*. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=GIczAQAAMAAJ&pg=PA1&lpg=PA1&dq=tesis+manejo+inadecuado+de+fungicidas&source=bl&ots=UWsg46wnHE&sig=wJq4aVxUCThtWHkxWcNTc9IP3Vc&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwioLZGQ8qPZAhVthuAKHQUxD0cQ6AEIOjAB#v=onepage&q=tesis%20manejo%20in>
- Muhammetoglu, A., & Uslu, B. (2007). *Aplication of enviromental impac quotientmodel to Kumluca region, Turkey to determine enviromental impc of pesticides*. New York: Water Sciences & Tecnology.

- Ochoa, J. (2013). *Desarrollando principios de manejo del tizón de la papa en Ecuador*; *Memorias del V Congreso Ecuatoriano de la Papa y, IV congreso Iberoamericano Sobre Investigación y Desarrollo en Papa*. Riobamba, Ecuador.
- Orozco, F., & Cole, A. (2009). Monitoring adherence to the International Code of Conduct: Highly hazardous pesticides in Central Andean agriculture and farmers' rights to health. *International Journal of Occupational and Environmental Health* 15.
- Ortiz, O., Garrett, K., Heath, J., Orrego, R., & Nelson, R. (2004). Management of potato late blight in the Peruvian highlands: evaluating the benefits of farmer field schools and farmer participatory research. *Plant Disease* 88.
- Ortiz, O., Thiele, G., & Forbes, G. (13-16 de February de 2003). Farmers' knowledge and practices on relation to fungicide use for late blight control in the Andes. *in En Proceedings of the Iinternational Workshop*. . Cochabamba, Bolivia.
- Oyarzún, P. J., Garzón, C., Leon, D., Andrade, I., & Forbes, G. (2005). Incidence of potato tuber blight in Ecuador. *American Journal of Potato Research*. Quito: International Potato Center.
- Parraguez, C. (Marzo de 2017). *PMG Business Improvement*. Obtenido de <https://www.pmgchile.com/nuevas-tecnologias-en-el-agro-11-tendencias-mundiales/>
- Pastaz, J. S. (2015). *DSPACE. UTB. EDU.EC*. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/752/1/T-UTB-FACIAG-AGR-000153.pdf>
- Perez , W., Forbes, G., Chujoy, E., & Bonierbale, M. (2006). Resistance to late blight in potato varieties released by National Agricultural Research Systems (NARS), 2004. *Plant Disease Management Reports* , (pág. 61).
- Pérez, W. (5 de Marso de 2017). Como prevenir, controlar y eliminar el tizón tardío de la papa. (J. L. G, Entrevistador)
- Pérez, W. (5 de Marzo de 2017). *POTATO PRO*. Obtenido de <https://www.potatopro.com/news/2017/como-prevenir-controlar-y-eliminar-el-tiz%C3%B3n-tard%C3%ADo-de-la-papa>

- Pérez, W., & Forbes, G. (Marzo de 2008). *CIPOTATO.ORG*. Obtenido de <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/004271.pdf>
- Pérez, W., & Forbes, G. (2008). *Manual Técnico El tizón tardío de la papa*. Lima-Peru: Gáfica Sucre.
- Pozo, M. (2015). *Evaluación de la efectividad de estrategias convencionales y alternativas para el manejo de tizón tardío (phytophthora infestans (mont.) de bary) en papa (solanum tuberosum l.), Montúfar - Carchi*. quito: universidad central del ecuador.
- Pumisacho y Sherwood. (2002). *El cultivo de papa en Ecuador*. Quito-Ecuador: CIP e INIAP.
- Raatjes, P., Hadders, J., Martin, D., & Hinds, H. (2004). PLANT-Plus: turn-key solution for disease forecasting and irrigation management. *Decision support systems in potato production: bringing models to practice*.
- Realpe, J. (2010). *Evaluación de la eficiencia de fungicidas protectantes y sistémicos para el control de tizón tardío (Phytophthora infestans) en el cultivo de papa en san pedro de huaca provincia del carchi*. Ibarra.
- Ridder, J. K., Bus, C., & Schepers, H. (1995). Experimenting with a Decision Support System against Late Blight in Potatoes (ProPhy) in The Netherlands. *En Phytophthora iInfestans*.
- Riveros, F., Sotomayor, R., Rivera, V., Secor, G., & Espinoza, B. (Abril de 2003). *resistencia de phytophthora infestans (montagne) de bary a metalaxil, en cultivo de papas en el norte de chile*. obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0365-28072003000200001&script=sci_arttext&tlng=en
- Rivillas, C., Serna, C., Cristacho, M., & Gaitan, A. (2011). *Cenicafe*. Obtenido de <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/594/1/036.pdf>
- Romá, M. (Diciembre de 2002). *Centa.gob*. Obtenido de <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Papa.pdf>

- Schepers, H. (2001). *research.cip.cgiar.org*. Obtenido de https://research.cip.cgiar.org/confluence/download/attachments/37192020/3.3_Avances_en_sistemas_de_apoyo_para_la_toma_de_decisiones_en_el_controlOK.pdf?version=1&modificationDate=1273615764000
- Suquilanda, M. B. (2009). *FAO.ORG*. Obtenido de www.fao.org/fileadmin/user.../1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf
- Taipe, A. (2017). *Perdidas en la cadena productiva de la papa*. Quito: CIP.
- Ullrich, Johannes, V., & Schrodter, H. (1966). Das problem der vorhersage des auftretens der kartoffelkrautfaule (Phytophthora infestans) und die moglichkeit seiner losung durch eine negativprognose. *Pflanzens-chutzdienst (Braunschweig)* 18.
- Winstel, K. (1992). Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel - eine neue Prognosemöglichkeit. [Late blight of potatoes (Phytophthora infestans) - a new prognosis method]. *Gesunde Pflanzen* 44.
- Winters , P., Ortiz , O., & Fano, H. (1999). La percepcion de los agricultores sobre el problema de tizon tardio o rancho (Phytophthora infestans) y su manejo : Estudio de casos en Cajamarca, Perú. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 97–120.
- Yanggen, D., Crissman, C., & Espinosa, P. (2003). Los plaguicidas: Impactos en produccion, salud y medio ambiente en Carchi, Ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador: International Potato Center; Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias. Quito , Ecuador. .
- Yepez, L. (2016). *Validación de estrategias de manejo del tizón tardío*. Quito.

VII. ANEXOS

7.1 Escala para determinación de severidad del tizón tardío de la papa

Valores escala del CIP	Tizón (%)		Síntomas
	Media	Limites	
1	0		No se observa tizón tardío.
2	2.5	Trazas - < 5	Tizón tardío presente. Máximo 10 lesiones por planta.
3	10	5 - < 15	Las plantas parecen sanas, pero las lesiones son fácilmente vistas al observar de cerca. Máxima área foliar afectada por lesiones o destruida corresponde a no más de 20 foliolos.
4	25	15 - < 35	El tizón fácilmente visto en la mayoría de las plantas. Alrededor del 25 % del follaje está cubierto de lesiones o destruido.
5	50	35 - < 65	La parcela luce verde, pero todas las plantas están afectadas; las hojas inferiores muertas. Alrededor del 50% de área foliar está destruido.
6	75	65 - < 85	La parcela luce verde con manchas pardas. Alrededor del 75% de cada planta está afectado. Las hojas de la mitad inferior de las plantas están destruidas.
7	90	85 - < 95	La parcela no está predominantemente verde ni parda. Solo las hojas superiores están verdes. Muchos tallos tienen lesiones extensas.
8	97.5	95 - < 100	La parcela se ve parda. Unas cuantas hojas superiores aun presentan algunas áreas verdes. La mayoría de los tallos están lesionados o muertos.
9	100		Todas las hojas y los tallos están muertos.
La descripción de síntomas se basa en plantas con 4 tallos y 10 hojas por tallo.			

Fuente: (Henfling, 1987).

7.2 Datos de evaluaciones y toma de decisiones de cada agricultor para la aplicación de fungicida con uso del SAD en las comunidades de Atal, Canchaguano, Monteverde y el chamizo del cantón Montufar, 2018.

Alicia Guachagmira

Evaluación	Fecha	Súperchola				Uso del SAD
		Lluvia	Última	Total	aplicación de:	
inicio	18/04/2018				Sistémico	Productor y Técnico
1º	02/05/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
2º	18/05/2018	3	5	8	Sistémico	Productor
3º	05/06/2018	3	5	8	Sistémico	Productor y Técnico
4º	28/06/2018	3	5	8	Sistémico	Productor
5º	11/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
6º	25/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
7º	10/08/2018	3	5	8	Sistémico	Productor

Cesar Guachagmira

Evaluación	Fecha	Súperchola				Uso del SAD.
		Lluvia	Última	Total	aplicación de:	
inicio	18/04/2018				Sistémico	Productor y Técnico
1º	02/05/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
2º	18/05/2018	3	5	8	Sistémico	Productor
3º	05/06/2018	3	5	8	Sistémico	Productor y Técnico
4º	28/06/2018	3	5	8	Sistémico	Productor
5º	11/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
6º	25/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
7º	10/08/2018	3	5	8	Sistémico	Productor

Ivan Gerrero

Evaluación	Fecha	Súperchola				Uso del SAD
		Lluvia	Última	Total	aplicación de:	
inicio	14/05/2018	-	-	-	Sistémico	Productor y Técnico
1º	26/05/2018	3	3	6	Sistémico	Productor y Técnico
2º	20/06/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
3º	23/07/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
4º	20/08/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
5º	08/09/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
6º	21/09/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
7º	03/10/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.

Marlene Tupe

Evaluación	Fecha	Súperchola				Uso del SAD
		Lluvia	Última	Total	aplicación de:	
inicio	19/05/2018	-	-	-	Sistémico	Productor, Técnico
1º	05/06/2018	3	5	8	Sistémico	Productor
2º	18/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
3º	30/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
4º	12/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
5º	24/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
6º	06/08/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
7º	28/08/2018	3	5	8	Sistémico	Productor

Miguel Pantoja

Ey	Fecha	Súperchola			
----	-------	------------	--	--	--

		Lluvia	Última	Total	aplicación de:	Uso del SAD.
inicio	08/05/2018	-	-	-	Sistémico	Productor.
1º	20/05/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
2º	07/06/018	3	3	6	Sistémico	Productor.
3º	18/06/2018	3	1	4	Protectante	Productor.
4º	26/06/2018	3	1	4	Protectante	Productor.
5º	07/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
6º	15/07/2018	3	1	4	Protectante	Productor.
7º	24/07/2018	3	1	4	Protectante	Productor.
8º	05/08/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
9º	17/08/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.

Nelson Guacales

Evaluación	Fecha	Súperchola				Uso del SAD
		Lluvia	Última	Total	aplicación de:	
inicio	06/04/2018	-	-		Sistémico	Productor
1º	02/05/2018	3	5	8	Sistémico	Productor
2º	16/05/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
3º	01/06/2018	3	5	8	Sistémico	Productor
4º	12/06/2018	3	1	4	Protectante	Productor
5º	01/07/2018	3	5	8	Sistémico	Productor
6º	18/07/2018	3	5	8	Sistémico	Productor
7º	09/08/2018	3	5	8	Sistémico	Productor

Olga Ortega

Evaluación	Fecha	Súperchola				Uso del SAD
		Lluvia	Última	Total	aplicación de:	
inicio	08/04/2018	-	-	-	Sistémico	Técnico y productor
1º	24/04/2018	3	5	8	Sistémico	Productor
2º	04/05/2018	3	1	4	Protectante	Productor
3º	15/05/2018	3	1	4	Protectante	Productor
4º	01/06/2018	3	5	8	Sistémico	Productor
5º	18/06/2018	3	5	8	Sistémico	Productor
6º	05/07/2008	3	5	8	Sistémico	Productor

Pablo Cuasquer

Evaluación	Fecha	Súperchola				Uso del SAD.
		Lluvia	Última	Total	aplicación de:	
inicio	11/04/2018	-	-	-	Sistémico	Productor.
1º	20/04/2018	3	1	4	Protectante	Productor.
2º	02/05/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
3º	12/05/2018	3	1	4	Protectante	Productor.
4º	24/05/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
5º	05/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
6º	14/06/2018	3	1	4	Protectante	Productor.
7º	26/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
8º	03/07/2018	3	1	4	Protectante	Productor.
9º	16/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.

Mariela Enriquez

Ey	Fecha	Súperchola			
----	-------	------------	--	--	--

		Lluvia	Última	Total	aplicación de:	USO SAD
inic	11/06/2018	-	-	-	Sistémico	Técnico
1º	23/06/2018	3	3	6	Sistémico	Agricultor
2º	05/07/2018	3	3	6	Sistémico	Agricultor
3º	18/07/2018	3	3	6	Sistémico	Agricultor
4º	30/07/2018	3	3	6	Sistémico	Agricultor
5º	14/08/2018	3	3	6	Sistémico	Agricultor
6º	30/08/2018	3	3	6	Sistémico	Agricultor
7º	12/09/2018	3	3	6	Sistémico	Agricultor
8º	25/09/2018	3	3	6	Sistémico	Agricultor
9º	08/10/2018	3	3	6	Sistémico	Agricultor

Angélica Cuasquer

Evaluación	Fecha	Lluvia	Última	Total	aplicación de:	Uso del SAD.
inic	11/04/2018	-	-	-	Sistémico	Productor.
1º	20/04/2018	3	1	4	Protectante	Productor.
2º	02/05/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
3º	12/05/2018	3	1	4	Protectante	Productor.
4º	24/05/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
5º	05/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
6º	14/06/2018	3	1	4	Protectante	Productor.
7º	26/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
8º	03/07/2018	3	1	4	Protectante	Productor.
9º	16/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.

Victor Paspuel

Evaluación	Fecha	Lluvia	Última	Total	aplicación de:	Uso del SAD.
inic	14/04/2018	-	-	-	Sistémico	Productor
1º	25/04/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
2º	10/05/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
3º	23/05/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
4º	05/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
5º	20/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
6º	03/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
7º	16/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
8º	30/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
9º	15/08/2018	3	3	6	Sistémico	Productor

Judith Irua

Evaluación	Fecha	Lluvia	Última	Total	aplicación de:	Uso del SAD.
inic	15/04/2018	-	-	-	Sistémico	Productor.
1º	24/04/2018	3	1	4	Protectante	Productor.
2º	11/05/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
3º	28/05/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
4º	10/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
5º	26/06/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
6º	10/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
7º	24/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.

Esperanza Cuantipaz

Ey	Fecha	Súperchola
----	-------	------------

		Lluvia	Última	Total	aplicación de:	Uso del SAD.
inic	24/04/2018	-	-	-	Sistémico	Productor.
1º	06/05/2018	3	3	6	Sistémico	Productor+ Técnico
2º	21/05/2018	3	5	8	Sistémico	Productor+ Técnico
3º	11/06/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
4º	30/06/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.

Orlando Mallama

Evaluación	Fecha	Lluvia	Última	Total	aplicación de:	Uso del SAD.
inic	23/04/2018	-	-	-	Sistémico	Productor.
1º	05/05/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
2º	17/05/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
3º	30/05/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
4º	12/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
5º	25/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
6º	06/07/2018	3	1	4	Protectante	Productor.
7º	20/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
8º	18/08/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
9º	29/08/2018	3	1	4	Protectante	Productor.

Marta España

Evaluación	Fecha	Lluvia	Última	Total	aplicación de:	Uso del SAD.
inic	05/05/2018	-	-	-	Sistémico	Productor.
1º	17/05/2018	3	3	6	Sistémico	Productor-Técnico
2º	29/05/2018	3	5	8	Sistémico	Productor-Técnico
3º	14/06/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
4º	03/07/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
5º	15/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
6º	27/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
7º	16/08/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
8º	30/08/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.

Javier Guzman

Evaluación	Fecha	Lluvia	Última	Total	aplicación de:	Uso del SAD.
inic	01/05/2018	-	-	-	Sistémico	Productor.
1º	19/05/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
2º	01/06/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
3º	13/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
4º	25/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
5º	07/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
6º	19/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
7º	01/08/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
8º	15/08/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.

Alcides Prado

Ey	Fecha	Súperchola
----	-------	------------

		Lluvia	Última	Total	aplicación de:	Uso del SAD.
inic	25/05/2018	-	-	-	Sistémico	Productor.
1º	06/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
2º	17/06/2018	3	1	4	Protectante	Productor.
3º	27/06/2018	3	1	4	Protectante	Productor.
4º	07/07/2018	3	1	4	Protectante	Productor.
5º	19/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
6º	03/08/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
7º	24/08/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
8º	08/09/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
9º	29/09/2018	1	5	6	Sistémico	Productor.

Carlos Rosero

		Lluvia	Última	Total	aplicación de:	Uso del SAD
inic	04/06/2018	-	-	-	Sistémico	Productor
1º	16/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
2º	25/06/2018	3	1	4	Protectante	Productor
3º	03/07/2018	3	1	4	Protectante	Productor
4º	17/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
5º	03/08/2018	3	5	8	Sistémico	Productor
6º	18/08/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
7º	30/08/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
8º	21/09/2018	3	5	8	Sistémico	Productor

Ivan Mendez

		Lluvia	Última	Total	aplicación de:	Uso del SAD.
inic	29/04/2018	-	-	-	Sistémico	Productor
1º	22/05/2018	3	5	8	Sistémico	Productor
2º	02/06/2018	3	5	8	Sistémico	Productor
3º	15/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
4º	30/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
5º	14/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor
6º	30/07/2018	3	5	8	Sistémico	Productor
7º	18/08/2018	3	5	8	Sistémico	Productor

Alfredo López

		Lluvia	Última	Total	aplicación de:	Uso del SAD.
inic	01/05/2018	-	-	-	Sistémico	Productor.
1º	19/05/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
2º	01/06/2018	3	5	8	Sistémico	Productor.
3º	13/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
4º	25/06/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
5º	07/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
6º	19/07/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
7º	01/08/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.
8º	15/08/2018	3	3	6	Sistémico	Productor.

Concepción López

		Lluvia	Última	Total	aplicación de:	Uso del SAD
inic	25/06/2018				Sistémico	Agricultor
1º	07/07/2018	3	3	6	Sistémico	Agricultor
2º	19/07/2018	3	3	6	Sistémico	Agricultor
3º	01/08/2018	3	3	6	Sistémico	Agricultor
4º	14/08/2018	3	3	6	Sistémico	Agricultor
5º	02/09/2018	3	5	8	Sistémico	Agricultor
6º	14/09/2018	3	3	6	Sistémico	Agricultor
7º	12/10/2018	3	5	8	Sistémico	Agricultor

7.3 Ingredientes activos de los productos químicos utilizados en el control de tizón tardío y sus Coeficientes de Impacto Ambiental (CIA).

Ingrediente Activo	CIA
Azoxistrobin	26,92
Azufre	32,66
Benalaxil	30,24
Captan	15,77
Chlorotalonil	37,42
Cymoxanil	35,48
Dimetomorph	24,01
Epoxiconazole	57,70
Fluopicolide	26,00
Flutriafol	82,60
Folpet	31,73
Fosetyl Al	12,00
Fosfito de K	8,67
Hidróxido de Cu	33,2
Mancozeb	25,72
Mandipropamid	27,14
Metalaxil	19,07
Oxicloruro de Cu	33,2
Propamocarb	23,89
Propineb	16,90
Pyraclostrobin	27,01
Tebuconazole	40,33
Tridemorph	25,15

7.4 Promedio de las lecturas de severidad (%/días) de las parcelas involucradas en el estudio.

Nombre Agricultor	Estrategia	Severidad de tizón tardío según la escala de Hemfling (%/Días).																				
		DDS	Lec1	DDS	Lec2	DDS	Lec3	DDS	Lec4	DDS	Lec5	DDS	Lec6	DDS	Lec7	DDS	Lec8	DDS	Lec9	DDS	Lec10	AUDPC
Alicia Guachagmira	1	43	0	57	0,2	71	1	83	1	97	0,5	108	0,8	113	1,2	127	1	143	6,2	160	10,6	260,25
Cesar Guachagmira	1	43	0	57	0,2	71	1	83	1	97	0,5	108	0,8	113	1,2	127	1	143	6,2	160	10,6	260,25
Ivan Guerrero	1	43	0	59	0,64	75	1	89	2,8	103	2	117	0,1	134	2,8	152	1,4	164	1,6	178	3	205,79
Marlene Tupe	1	47	0,26	60	2,2	74	2,8	85	10	97	8,8	109	8	125	5,2	137	7,2	151	6,4	162	6,6	681,69
Miguel Pantoja	1	44	0,2	56	0,12	64	4,6	79	2,4	93	9	107	4,8	117	4,8	128	8	145	12	159	4,2	351,995
Nelson Guacales	1	32	0,42	44	1	58	0,6	72	0,4	83	0	95	0,06	107	2,2	121	3	135	5	153	9,6	266,64
Olga Ortega	1	31	3	45	4,6	57	5	68	10	80	10	94	10	108	15	122	18	134	25	145	28	1408,8
Pablo Cuasquer	1	51	0,42	65	0,9	79	5	93	10	105	29	119	25	130	20	142	30	154	21	165	15	1819,04
Mariela Enriquez	1	28	0	40	0	51	0,44	63	0,5	75	1	89	0	100	1	112	0,8	126	1	141	3	82,96
Angelica Cuasquer	1	51	0,42	65	0,9	79	5	93	9,2	105	25	119	23	130	20	142	28	154	23	165	15	1730,64
Victor Paspuel	1	45	1	57	0,3	69	0,18	84	0,1	97	1,4	111	3	125	0,6	139	4,4	155	4,6	171	4,8	260,73
Judith Irua	1	47	0,8	56	1,6	70	0,18	82	12	96	11	110	5	124	3	138	13	150	28	161	17	1030,84
Esperanza Cuantipaz	1	44	0	58	1,8	77	8	93	28	111	41	128	40	138	68	147	67		0		0	2850,7
Orlando Mallama	1	49	0,22	63	0,04	76	0	89	0,9	103	1	116	2,4	130	2,4	141	3	153	6,4	169	5,2	255,83
Marta España	1	57	0,1	81	3,8	88	11	101	2,6	116	4	128	4,8	143	7	156	4,8	170	6,6	181	7,6	612,4
Javier Guzman	1	57	0,02	69	0,06	85	0,34	99	0,72	111	1,6	120	4	134	2,2	148	5	162	8,8	177	7,2	360,62
Alcides Prado	1	44	0,6	58	0,1	72	0	86	3,8	100	1,4	116	1,2	126	0,62	144	0,4	156	0,2	171	0,3	115,03
Carlos Rosero	1	44	0	56	0	67	0,14	79	1	91	0,2	105	1	116	3	128	4,2	140	2	154	3	160,61
Ivan Mendez	1	47	1,2	61	5	75	10	87	5	102	5	117	2,4	129	1,2	144	3	157	3,4	166	5	501,4
Luis Orbe	1	43	0	59	0,64	75	1	89	2,8	103	2	117	0,1	134	1,4	152	1,4	164	2,6	178	3	194,29
Alfredo Lopez	1	57	0	69	0,02	85	0,06	99	0,34	111	0,6	120	4	134	2,2	148	5	162	8,8	177	8,8	371,06
Concepción Lopez	1	30	0	44	0,1	58	0,275	72	0,625	91	1	105	0	122	0,1	134	1,25		0		0	41,0125
Andrés Cuastumal	0	37	0	51	0,34	65	8,6	79	5	93	1	107	2,2	121	3,8	134	5	147	12,2	161	6,2	564,36
Fernando Suares	0	38	0	50	0	64	0	76	0	87	1	99	3,8	113	3	127	4,6	139	2	155	0,9	197,9

Luis Carrillo	0	37	0	51	0,34	65	8,6	79	5	93	1	107	2,2	121	3,8	134	5	147	12,2	161	6,2	564,36
Rosa Cuasquer	0	39	0	53	0,04	67	0,04	80	0,2	95	1,2	107	0,2	122	1,6	139	0	149	0,2	166	1,2	61,3
María Gualavisi	0	42	0	54	0	66	0	78	0,06	90	0	106	0,4	120	1	134	4,6	146	1,6	157	0,6	102,22
Susana Enriquez	0	38	0	50	0	64	0	76	0	87	1	99	3,8	113	3	127	4,6	139	2	155	0,9	197,9
Luis Hurtado	0	38	0	52	3	59	0,02	73	0,4	87	0,6	99	0	110	0,6	124	0,8		0		0	58,21
Segundo Díaz	0	44	0	58	0	72	0,08	86	3	98	0,08	109	0	121	0	133	2,6	144	5	158	7,8	188,04
Guillermo Bolaños	0	56	0	72	0	84	0,04	97	0,02	112	0,28	126	0	147	0,1	159	3,4	174	3	191	4,2	136,09
Luis Guacales	0	32	0,42	44	1	58	0,6	72	0,4	83	0,4	95	0,1	107	1,8	121	3,6	135	5	153	8,6	265,92
Ricardo López	0	36	0	48	0,2	62	0	83	0	97	0	109	0,2	119	1,2	133	5,6	147	3,8	158	4,6	170,4
Cruzelen Ayala	0	35	0	46	0	58	0,5	72	0,26	84	0,1	98	0	109	1,4	121	2,6	135	1,8	149	0,9	92,58
Doraly Rosero	0	42	0,54	57	0,04	71	0	85	0,52	94	1,6	113	0,7	125	0,4	136	1,8	150	0,7	163	1,8	92,11
José Zuñiga	0	45	0,26	59	0,7	71	2,2	85	6	101	5	113	5,6	129	15	143	29	156	10	166	9,2	1055,42
Luis Cortez	0	40	0,5	51	1	63	2,4	75	0	91	0,1	105	0	126	3	138	3,6	153	2,6	170	8	252,25
Carlos Morales	0	58	0	70	0	93	0	102	0	116	1,6	128	1,6	140	0,34	149	5	161	6,2		0	133,27
Magdalena Cabrera	0	37	0	51	0,34	65	8,6	79	5	93	1	107	2	121	3,8	134	4,2	147	8	161	3,8	477,66
Libre Infección	2	41	0	55	2,6	64	13	76	20	81	30	92	38	105	68	115	83	130	100	142	100	3602,74

1: Uso del Sistema de Apoyo a la Decisión.

0: Estrategia tradicional del agricultor.

2: Parcela de libre infestación.

DDS: Días después de la siembra.

Lec: Lectura.

7.5 Costo de producción del cultivo de papa con uso del sistema de apoyo a la decisión.

COSTO DE PRODUCCIÓN POR PARCELA CON USO DEL SAD				
PROVINCIA: Carchi		CANTÓN: Montúfar		
CULTIVO: Papa, variedad Súperchola		SISTEMA: SEMITECNIFICADO		
FECHA: 28 / 05 / 2019				
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1.- COSTOS DIRECTOS				
SEMILLA				
Variedad Súperchola	2	qq/Parcela	22	44
FERTILIZANTE				
Fertipapa siembra (11-32-11-3-4)	1	qq/Parcela	32	32
MANO DE OBRA				
Surcado/siembra	1	Jornal	11,5	11,5
Retape y fertilización	1	Jornal	11,5	11,5
Deshierba y segunda fertilización	1	Jornal	11,5	11,5
Aporque	1	Jornal	11,5	11,5
Fumigación	8,6	Aplicación	0,95	8,15
Cosecha/acarreo	1	Jornal	11,5	11,5
				141,65
FITOSANITARIO (control T.T.)			PRECIO-PROM	
Mancozeb+Cymoxanil	0,255	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	3,65
Propineb+Cymoxanil	0,136	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	1,95
Metalaxil+Propamocarb	0,100	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	1,44
Propamocarb	0,081	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	1,17
Dimetomorph	0,081	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	1,16
Mancozeb+Dimetomorph	0,070	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	1,01
Clorotalonil	0,067	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,96
Mancozeb+Metalaxil	0,054	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,78
Azufre	0,052	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,75
Propineb	0,051	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,74
Mancozeb	0,048	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,68
Cimoxanil+Folpet	0,043	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,62
Mancozeb+Oxicloruro de Cu	0,031	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,44
Chlorotalonil+Cymoxanil	0,029	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,41
Mandipropamid	0,025	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,36
Captan	0,021	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,31
Fosetyl Al+Mancozeb	0,021	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,31
Cymoxanil+Hidróxido de Cu	0,019	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,27
Hidróxido de Cu	0,014	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,21
Azoxistrobin+Tebuconazole	0,013	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,18
Propamocarb+Fluopicolide	0,008	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,12
Flutriafol+Azoxistrobin	0,007	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,10
Fosfito de K	0,006	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,08

Propamocarb+Fosetil Al	0,005	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,07
Epoxiconazole+Pyraclostrobin	0,005	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,07
Azoxistrobin+Tridemorph	0,004	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,05
Oxicloruro de Cu	0,004	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,05
Dimetomorph+Pyraclostrobin	0,004	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,05
Azoxistrobin	0,002	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,03
Mancozeb+Benalaxil	0,002	Kg/Ciclo/Parcela	14,4	0,03
	1,257			18,04
FITOSANITARIOS (Plagas)				
Permetrina	0,125	Kg/Ciclo/Parcela	7,5	0,9375
Lambda cialotrina	0,1	Kg/Ciclo/Parcela	11,46	1,146
Bifenthin	0,375	Kg/Ciclo/Parcela	9,75	3,65625
Thiodicarb	0,25	Kg/Ciclo/Parcela	14	3,5
Fipronil	0,25	Kg/Ciclo/Parcela	2,45	0,6125
Tebuconazole	0,25	Kg/Ciclo/Parcela	9,54	2,385
Ácidos Humicos-K	0,5	Kg/Ciclo/Parcela	5,8	2,9
Carbosulfan	0,2	Kg/Ciclo/Parcela	5	1
Thiofanato Metil	0,2	Kg/Ciclo/Parcela	4,5	0,9
Tiabensazol	0,01	Kg/Ciclo/Parcela	5,97	0,0597
Boscalid	0,01	Kg/Ciclo/Parcela	10,7	0,107
Deltamethrin	0,125	Kg/Ciclo/Parcela	5,2	0,65
Permethrin	0,625	Kg/Ciclo/Parcela	10,8	6,75
Abamectin	0,25	Kg/Ciclo/Parcela	6,25	1,5625
Tiabensazol	0,5	Kg/Ciclo/Parcela	5,97	2,985
Difeneconazole	0,25	Kg/Ciclo/Parcela	8,5	2,125
				31,27645
POSCOSECHA				
Paja plástica	1	Rollo	2	2
Empaques	39,7	qq	0,2	7,94
				9,94
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN				200,91
Rendimiento (qq-prom, primera)	24	Precio prom.	16,21	390,53
Rendimiento (qq-prom. segunda)	12	Precio prom.	9,65	114,92
Rendimiento (qq-prom, tercera)	4	Precio prom.	3,46	12,88
Ingreso Bruto (Total (\$)				518,33
Utilidad Neta Total (\$)				317,42
Relación: Beneficio/Costo(B/C)				1,58
Rentabilidad (%)				157,99
Costo de producción por unidad (\$/qq)				5,06066835

7.5 Costo de producción del cultivo de papa sin uso del sistema de apoyo a la decisión.

COSTO DE PRODUCCIÓN POR PARCELA SIN USO DEL SAD				
PROVINCIA: Carchi		CANTÓN: Montúfar		
CULTIVO: Papa, variedad Súperchola		SISTEMA: SEMITECNIFICADO		
FECHA: 28 / 05 / 2019				
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1.- COSTOS DIRECTOS				
SEMILLA				
Variedad Súperchola	2	qq/Parcela	22	44
FERTILIZANTE				
Fertipapa siembra (11-32-11-3-4)	1	qq/Parcela	32	32
MANO DE OBRA				
Surcado/siembra	1	Jornal	11,5	11,5
Retape y fertilización	1	Jornal	11,5	11,5
Deshierba y segunda fertilización	1	Jornal	11,5	11,5
Aporque	1	Jornal	11,5	11,5
Fumigación	8,8	Aplicación	0,95	8,34
Cosecha/acarreo	1	Jornal	11,5	11,5
				141,84
FITOSANITARIO (control T.T.)			PRECIO PROMEDIO	
Mancozeb+Cymoxanil	1,065	Kg/Ciclo/Parcela	11,2	11,95
Dimetomorph	0,309	Kg/Ciclo/Parcela	11,2	3,47
Clorotalonil	0,135	Kg/Ciclo/Parcela	11,2	1,52
Propamocarb	0,134	Kg/Ciclo/Parcela	11,2	1,51
Mancozeb+Dimetomorph	0,099	Kg/Ciclo/Parcela	11,2	1,11
Propineb+Cymoxanil	0,078	Kg/Ciclo/Parcela	11,2	0,88
Mancozeb	0,075	Kg/Ciclo/Parcela	11,2	0,84
Mancozeb+Metalaxil	0,063	Kg/Ciclo/Parcela	11,2	0,70
Mandipropamid	0,024	Kg/Ciclo/Parcela	11,2	0,26
Cymoxanil+Hidróxido de Cu	0,024	Kg/Ciclo/Parcela	11,2	0,26
Propineb	0,018	Kg/Ciclo/Parcela	11,2	0,20
Fosetyl Al+Mancozeb	0,012	Kg/Ciclo/Parcela	11,2	0,14
Cymoxanil+Propamocarb	0,012	Kg/Ciclo/Parcela	11,2	0,13
Azoxistrobin	0,011	Kg/Ciclo/Parcela	11,2	0,12
Azufre	0,009	Kg/Ciclo/Parcela	11,2	0,10
Azoxistrobin+Tridemorph	0,001	Kg/Ciclo/Parcela	11,2	0,02
	2,067			23,2
FITOSANITARIOS (Plagas)				

Permetrina	0,125	Kg/Ciclo/Parcela	7,5	0,9375
Lambda cialotrina	0,1	Kg/Ciclo/Parcela	11,46	1,146
Bifenthin	0,375	Kg/Ciclo/Parcela	9,75	3,65625
Thiodicarb	0,25	Kg/Ciclo/Parcela	14	3,5
Fipronil	0,25	Kg/Ciclo/Parcela	2,45	0,6125
Tebuconazole	0,25	Kg/Ciclo/Parcela	9,54	2,385
Ácidos Humicos-K	0,5	Kg/Ciclo/Parcela	5,8	2,9
Carbosulfan	0,2	Kg/Ciclo/Parcela	5	1
Thiofanato Metil	0,2	Kg/Ciclo/Parcela	4,5	0,9
Tiabensazol	0,01	Kg/Ciclo/Parcela	5,97	0,0597
Boscalid	0,01	Kg/Ciclo/Parcela	10,7	0,107
Deltamethrin	0,125	Kg/Ciclo/Parcela	5,2	0,65
Permethrin	0,625	Kg/Ciclo/Parcela	10,8	6,75
Abamectin	0,25	Kg/Ciclo/Parcela	6,25	1,5625
Tiabensazol	0,5	Kg/Ciclo/Parcela	5,97	2,985
Difeneconazole	0,25	Kg/Ciclo/Parcela	8,5	2,125
				31,27645
POSCOSECHA				
Paja plástica	1	Rollo	2	2
Empaques	41	qq	0,2	8,2
				10,2
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN				206,48
Rendimiento (qq-prom, primera)	27	Precio prom.	16,210561	436,73
Rendimiento (qq-prom. segunda)	11	Precio prom.	9,6497326	101,61
Rendimiento (qq-prom, tercera)	3	Precio prom.	3,4565508	11,59
Ingreso Bruto (Total (\$)				549,93
Utilidad Neta Total (\$)				343,44
Relación: Beneficio/Costo(B/C)				1,66
Rentabilidad (%)				166,33
Costo de producción por unidad (\$/qq)				5,05793658



Figura 19. Instalación de las parcelas.



Figura 20. Instalación de medidores de lluvia en las parcelas que usaron el SAD.



Figura 21. Instalación y revisión de sensores de lluvia y temperatura en la zona de estudio.



Figura 22. Lectura y registro de datos.



Figura 23. Labores efectuadas por los agricultores en sus parcelas.



Figura 24. Lecturas de severidad en las parcelas.



Figura 25. Cosecha de las parcelas.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERIA EN DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN DE:

NOMBRE: ANDRES EDISSON CANGAS ORTEGA

CÉDULA DE IDENTIDAD: 0401668553

NIVEL/PARALELO: 0

PERIODO ACADÉMICO: ABRIL - AGOSTO 2019

TEMA DE

"Evaluación de la herramienta Sistema de apoyo a la decisión generado por el Centro Internacional de la Papa (CIP) para el manejo integrado de tizón tardío (MITT) en las comunidades de canchaguano, Monteverde, El chamizo, Y

INVESTIGACIÓN:

Atal del cantón Montufar provincia del Carchi"

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

PRESIDENTE: MSC. JULIO JAIRO PEÑA

LECTOR: MSC. SEGUNDO RAMIRO MORA

ASESOR: MSC. DAVID HERRERA

De acuerdo al artículo 21: Una vez entregados los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director de Carrera integrará el Tribunal de Pre-defensa del informe de investigación, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

EDIFICIO DE AULAS: 4 **AULA:** 101

FECHA: lunes, 17 de junio de 2019

HORA: 16H30

Obteniendo las siguientes notas:

1) Sustentación de la predefensa: 6,07

2) Trabajo escrito 2,60

Nota final de PRE DEFENSA 8,67

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo acatar el siguiente artículo:

Art. 24.- De los estudiantes que aprueban el Plan de Investigación con observaciones. - El estudiante tendrá el plazo de 10 días laborables para proceder a corregir su informe de investigación de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcan el lunes, 17 de junio de 2019


MSC. DAVID HERRERA
TUTOR


MSC. JULIO JAIRO PEÑA
PRESIDENTE


MSC. SEGUNDO RAMIRO MORA
LECTOR

Adj.: Observaciones y recomendaciones