

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EFEECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE FOSFITO DE POTASIO EN PAPA;**  
**SAN MARTIN SACATEPÉQUEZ, QUETZALTENANGO.**  
PROYECTO DE GRADO

**MARVIN EDUARDO CHOJOLÁN GONZÁLEZ**  
CARNET 15262-11

QUETZALTENANGO, NOVIEMBRE DE 2020  
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE FOSFITO DE POTASIO EN PAPA;**

**SAN MARTIN SACATEPÉQUEZ, QUETZALTENANGO.**

PROYECTO DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR

**MARVIN EDUARDO CHOJOLÁN GONZÁLEZ**

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIADO

QUETZALTENANGO, NOVIEMBRE DE 2020  
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTÍNEZ SALAZAR, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: MGTR. LESBIA CAROLINA ROCA RUANO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: LIC. JOSÉ ALEJANDRO ARÉVALO ALBUREZ  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. LUIS CARLOS TORO HILTON, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. JOSÉ FEDERICO LINARES MARTÍNEZ  
SECRETARIO GENERAL: DR. LARRY AMILCAR ANDRADE - ABULARACH

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
VICEDECANO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA  
SECRETARIO: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN  
DIRECTORA DE CARRERA: MGTR. EDNA LUCÍA DE LOURDES ESPAÑA RODRÍGUEZ

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

MGTR. MARCO ANTONIO MOLINA MONZÓN

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

ING. KENY ALEXÁNDER JUÁREZ SANTIAGO

## **AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO**

DIRECTOR DE CAMPUS: P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J.

SUBDIRECTORA ACADÉMICA: MGTR. NIVIA DEL ROSARIO CALDERÓN

SUBDIRECTORA DE INTEGRACIÓN  
UNIVERSITARIA: MGTR. MAGALY MARIA SAENZ GUTIERREZ

SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ

SUBDIRECTOR DE GESTIÓN  
GENERAL: MGTR. CÉSAR RICARDO BARRERA LÓPEZ

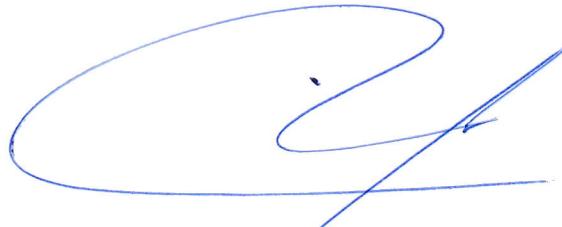
Quetzaltenango, 05 de agosto de 2020.

Honorable Consejo  
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Universidad Rafael Landívar  
Presente.

Distinguidos miembros del Consejo:

Por este medio hago contar que he procedido a revisar el informe final del Trabajo de Proyecto de Grado del estudiante Marvin Eduardo Chojolán González, que se identifica con carné 1526211, titulado: **“EFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE FOSFITO DE POTASIO EN PAPA; SAN MARTÍN SACATEPÉQUEZ, QUETZALTENANGO”**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'M' followed by a horizontal line and a diagonal stroke.

---

**Ing. Agr. Marco Antonio Molina Monzón**  
**Código URL 15550**



### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Proyecto de Grado del estudiante MARVIN EDUARDO CHOJOLÁN GONZÁLEZ, Carnet 15262-11 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 06225-2020 de fecha 13 de noviembre de 2020, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

#### **EFFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE FOSFITO DE POTASIO EN PAPA; SAN MARTIN SACATEPÉQUEZ, QUETZALTENANGO.**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 16 días del mes de noviembre del año 2020.



**MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN, SECRETARIO  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios: Por el don de la vida y la sabiduría, por su bondad y la voluntad de alcanzar una meta más.

A la Universidad: Rafael Landívar y la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, por contribuir en mi formación académica.

A mi asesor: Ing. Agr. Marco Antonio Molina Monzón, por su apoyo y asesoría en la elaboración de mi documento. Y por el apoyo brindando durante mi formación en la Universidad.

Al coordinador  
de la facultad: Mgtr. Marco Antonio Abac, por el apoyo brindado durante mi carrera en la Universidad Rafael Landívar

A mis Catedráticos: Por la enseñanza y apoyo en mi formación como profesional.

## DEDICATORIA

A Dios: Por la sabiduría que me brindaste durante mi estadía como estudiante en la Universidad Rafael Landívar; a ti sea la honra y gloria, por darme las fuerzas necesarias para salir adelante.

A mis padres: Tomasa González López. Porque siempre me apoyó y dio todo su esfuerzo para que pudiera alcanzar mis sueños profesionales, y porque quizás se quitó un bocado de pan en la boca para que yo tuviera lo necesario para poder estudiar.

Pedro Evelino Chojolán Huix (QEPD). Uno de sus anhelos fue verme recibir el título que me acredite como Ingeniero Agrónomo, lamentablemente ya no esta con nosotros, solo me queda agradecerle su esfuerzo y el apoyo que me dio para poder alcanzar esta meta.

A mi hermana: Gloria Azucena Chojolán González, Fue una pieza fundamental durante mi vida estudiantil, especialmente en mi carrera como perito agrónomo, te agradezco por tu gran apoyo, nunca lo voy a olvidar.

A mis hermanos

Y hermanas: Bety, Byron, José, Edwin, Esmeralda y Peter, Por su palabras y apoyo incondicional, durante mi carrera profesional, les agradezco porque siempre creyeron en mí.

A mi esposa e hija: Aura Salanic Cotí, por el apoyo incondicional en las últimas instancias de mi carrera, y a mi hija Estefany Larissa Chojolán Salanic, por ser el motor y el motivo para seguir adelante.

# ÍNDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 MARCO TEÓRICO .....	2
1.1.1 Cultivo de papa. ....	2
1.1.2 Nutrición vegetal.....	12
1.2 ANTECEDENTES .....	23
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	31
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	32
1.4.1 General .....	32
1.4.2 Específicos .....	33
2. DESARROLLO DEL PROYECTO .....	34
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	34
2.1.1 Contexto del proyecto. ....	34
2.1.2 Tipo de proyecto .....	35
2.1.3 Tamaño del proyecto.....	36
2.1.4 Descripción de la localización del proyecto .....	37
2.1.5 Procedimientos.....	38
2.2 INDICADORES Y MEDIOS DE VERIFICACIÓN .....	42
2.2.1 Indicadores de rendimiento. ....	42
2.2.2 Indicadores de crecimiento vegetativo.....	43
2.2.3 Incidencia de tizón tardío. ....	44
2.2.4 Indicadores económicos.....	44
2.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO .....	45
2.3.1 Indicadores de resultados.....	45
2.3.2 Indicadores de gestión.....	46
2.4 PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	46
2.5 CRONOGRAMA DE TRABAJO .....	47
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	48
3.1. EVALUACIÓN DEL PROYECTO.....	48

3.1.1. Aspectos técnicos.....	48
3.1.2. Aspectos económicos.....	78
3.2. MEDIOS DE VERIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	79
3.3. ANÁLISIS DE IMPACTOS DEL PROYECTO.....	81
3.3.1. Económico.....	81
3.3.2. Social.....	81
3.3.3. Ambiental.....	82
4. CONCLUSIONES.....	83
5. RECOMENDACIONES.....	85
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
7. ANEXOS.....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable rendimiento en kg/ha de tubérculos de primera, en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	49
Tabla 2.	Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador rendimiento en kg/ha de tubérculos de primera, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	50
Tabla 3.	Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable rendimiento en kilogramos por hectárea de tubérculos de segunda, en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	51
Tabla 4.	Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador rendimiento en kg/ha de tubérculos de segunda, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	52
Tabla 5.	Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable rendimiento en kilogramos por hectárea de tubérculos de tercera, en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de	

	fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	53
Tabla 6.	Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador rendimiento en kg/ha de tubérculos de tercera, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	53
Tabla 7.	Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable producción promedio por planta en kilogramos, en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	56
Tabla 8.	Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador producción promedio por planta en kilogramos, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	57
Tabla 9.	Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable altura por planta (cm), a los 30 días después de la siembra, en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	59
Tabla 10.	Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador altura por planta (cm), a los 30 días después de la siembra, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	59

Tabla 11.	Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable altura por planta (cm), a los 50 días después de la siembra, en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	60
Tabla 12.	Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador altura por planta (cm), a los 50 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	61
Tabla 13.	Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable altura por planta (cm), a los 70 días después de la siembra, en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	62
Tabla 14.	Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador altura por planta (cm), a los 70 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	62
Tabla 15.	Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable diámetro del tallo de la planta (mm), a los 30 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	64

Tabla 16.	Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador diámetro del tallo de la planta (mm), a los 30 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	64
Tabla 17.	Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable diámetro del tallo de la planta (mm), a los 50 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	66
Tabla 18.	Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador diámetro del tallo de la planta (mm), a los 50 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	66
Tabla 19.	Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable diámetro del tallo de la planta (mm), a los 70 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	68
Tabla 20.	Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador diámetro del tallo de la planta (mm), a los 70 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio,	

	en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	68
Tabla 21.	Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable número de tallos por planta, a los 30 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	70
Tabla 22.	Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador número de tallos por planta, a los 30 días después de la siembra, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	70
Tabla 23.	Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable número de tallos por planta, a los 50 días después de la siembra, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	71
Tabla 24.	Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador número de tallos por planta, a los 50 días después de la siembra, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....	72
Tabla 25.	Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable número de tallos por planta, a los 70 días después de la siembra, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo	

de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.  
.....73

Tabla 26. Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador número de tallos por planta, a los 70 días después de la siembra, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....73

Tabla 27. Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable porcentaje de incidencia de tizón tardío, a los 40 días después de la siembra con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....75

Tabla 28. Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador porcentaje de incidencia de tizón tardío, a los 40 días después de la siembra, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....75

Tabla 29. Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable porcentaje de incidencia de tizón tardío, a los 70 días después de la siembra con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....76

Tabla 30. Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador porcentaje de incidencia de tizón tardío, a los 70 días después de la siembra, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020. ....77

Tabla 31.	Costos del tratamiento con aplicación foliar de fosfito de potasio en el cultivo de papa; San Martin Sacatepéquez, Quetzaltenango.....	89
Tabla 32.	Costos del tratamiento sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa; San Martin Sacatepéquez, Quetzaltenango. ....	90
Tabla 33.	Programa fitosanitario-nutricional con aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa; San Martin Sacatepéquez, Quetzaltenango. ....	91
Tabla 34.	Programa fitosanitario-nutricional sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa; San Martin Sacatepéquez, Quetzaltenango. ....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Croquis de campo, efecto del Fosfito de potasio sobre el rendimiento del cultivo de papa; San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango.....36
- Figura 2. Distanciamiento entre plantas y surcos, efecto del Fosfito de potasio sobre el rendimiento del cultivo de papa; San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango.....37

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE FOSFITO DE POTASIO EN PAPA;  
SAN MARTIN SACATEPÉQUEZ, QUETZALTENANGO.**

**RESUMEN**

El presente proyecto se realizó en el municipio de San Martín, Sacatepéquez, Quetzaltenango, durante los meses de enero a junio de 2020, el objetivo fue determinar el efecto de la aplicación foliar de fosfito de potasio sobre el rendimiento en kg/ha del cultivo de papa. Se manejaron dos parcelas de 220.5 m<sup>2</sup>, en una de ellas se realizaron cinco aplicaciones de fosfito de potasio a dosis de un litro por hectárea, y en la otra solo el manejo del productor. Ambas parcelas fueron sometidas al análisis estadístico de prueba de medias, de muestras independientes, al cinco por ciento de error. Los indicadores de comparación fueron: kg/ha, producción promedio por planta, altura de la planta, diámetro del tallo, número de tallos por planta y porcentaje de incidencia de tizón tardío. Los resultados obtenidos mostraron que las aplicaciones de fosfito de potasio, incrementan el rendimiento, obteniendo 15,272.73 kg/ha de tubérculo de primera, 5,757.58 kg/ha de segunda y 3,272.73 kg/ha de tercera, con una rentabilidad de 73.79%. El testigo obtuvo un rendimiento de 11,757.58 kg/ha de primera, 3,636.36 kg/ha de segunda y 5,090.91 kg/ha de tercera, con una rentabilidad de 35.24%. Para los indicadores altura de la planta y diámetro del tallo, el tratamiento obtuvo diferencia estadística significativa, así como también la disminución del porcentaje de incidencia de tizón tardío. En conclusión, las aplicaciones de fosfito de potasio, influyen sobre el incremento en el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de papa, por lo que se recomienda su utilización.

# 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el cultivo de papa es uno de los cuatro cultivos alimenticios más importantes a nivel mundial, ocupando el cuarto lugar después de los cereales trigo, arroz y maíz. Según la FAO, la producción mundial de papa en el 2008 fue de 451.6 millones de toneladas debido a condiciones climáticas adversas, la producción del 2006 fue de siete millones de toneladas menos que la producción de los años 2005 y 2007 (Mollinedo, 2014).

Actualmente en Guatemala, se tienen cultivadas 20,370 hectáreas, produciendo aproximadamente 507,389 toneladas métricas, obteniendo rendimientos promedios de 24.91 t/ha. Se estima que el cultivo de papa se produce comercialmente en 10 departamentos del país, generando 176 jornales/ha. La producción nacional genera empleo rural de 3,585,120 jornales, equivalente a 13,278 empleos permanentes provocando una dinámica en la economía de los municipios donde se cultiva (Arango, 2018).

Las aplicaciones de fosfitos de potasio tienen varios beneficios sobre cualquier cultivo, ya que incrementa la resistencia de la planta contra las enfermedades, fortalece el tallo y las raíces contra ataques de *Mildiu* y *Phytophthora*, previene enfermedades y podredumbres típicas por las condiciones de alta humedad, en todo tipo de cultivos, aumenta la cantidad de citoquininas y amilasas en las plantas, principales exponentes de la autodefensa de la planta (Flores, 2017).

Según Canelos & Pusdá (2017), en su investigación titulada efecto del fosfito potásico en el control de tizón tardío en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), las aplicaciones de fosfito potásico + mandipropamid, sobre la variedad única, presentó la menor severidad de tizón tardío al haber presentado los valores más bajos de AUDPCr (0,06 y 0,05) y en cuanto al rendimiento, la variedad única con la estrategia de control (fosfito potásico + mandipropamid) obtuvo el mayor rendimiento total con una media de 46.34 t/ha.

Por tal motivo, se realizó un proyecto de adaptación de aplicaciones de fosfito de potasio en el cultivo de papa, dando como resultado una rentabilidad de 73.79%, con un rendimiento total de 15,272.73 kg/ha de tubérculo de primera, 5,757.58 kg/ha de segunda y 3,272.73 kg/ha de tercera. El testigo obtuvo un rendimiento de 11,757.58 kg/ha de primera, 3,636.36 kg/ha de segunda y 5,090.91 kg/ha, con una rentabilidad de 35.24%.

Por lo tanto, se recomienda las aplicaciones de fosfito de potasio en el cultivo de papa, debido a que demostró un incremento en el rendimiento del cultivo, derivado de un buen desarrollo en diámetro del tallo y altura de la planta, así como también una buena sanidad del cultivo.

## **1.1 Marco teórico**

### ***1.1.1 Cultivo de papa***

La papa (*Solanum tuberosum*), es el cuarto cultivo sembrado en más de 100 países, después del trigo, arroz y maíz y su producción anual asciende a más de 300 millones de toneladas. La papa ha significado la subsistencia para millones de personas durante los últimos tres siglos. Una ración diaria suplementada con pequeñas cantidades de leche, carne y pescado ha sido la piedra angular de la alimentación de gran parte de la población desde sur América hasta Europa. A nivel mundial, se producen 290 millones de toneladas métricas y se cultivan 13.85 millones de hectáreas (Casaca, 2005).

La papa (*Solanum tuberosum*) es una herbácea anual, que alcanza una altura de un metro y produce un tubérculo; la papa misma, con abundante contenido de almidón; ocupa el cuarto lugar mundial en importancia como alimento, después del maíz, el trigo y el arroz. La papa pertenece a la familia de floríferas de las solanáceas, del género *Solanum*, formado por otras mil especies por lo menos, como el tomate y la berenjena. El *Solanum tuberosum* se divide en dos subespecies apenas diferentes: la indígena, adaptada a condiciones de días breves, cultivada principalmente en

Los Andes, y *tuberosum*, la variedad que hoy se cultiva en todo el mundo y se piensa que desciende de una pequeña introducción en Europa de papas indígenas, posteriormente adaptadas a días más prolongados (Chávez E. , 2017).

Al crecer, las hojas compuestas de la planta de la papa producen almidón, el cual se desplaza hacia la parte final de los tallos subterráneos, también llamados estolones. Estos tallos sufren como consecuencia un engrosamiento y así se producen unos cuantos o hasta 20 tubérculos cerca de la superficie del suelo. El número de tubérculos que llegan a madurar depende de la disponibilidad de humedad y nutrientes del suelo. El tubérculo puede tener formas y tamaños distintos y por lo general pesa hasta 300 g.

Al terminar el período de crecimiento, las hojas y tallos de la planta se marchitan y los tubérculos se desprenden de los estolones. A partir de este momento, los tubérculos funcionan como depósito de nutrientes que permite a la planta subsistir en el frío y posteriormente reverdecer y reproducirse. Cada tubérculo tiene de dos hasta 10 brotes laterales (los "ojos"), distribuidos en espiral en toda la superficie. De estos ojos brotan las nuevas plantas, cuando las condiciones vuelven a ser favorables (Mollinedo, 2014).

**a. Origen.** El centro de origen de la papa se ubica entre Perú y Bolivia, cerca del lago Titicaca para la subespecie *andigenum*, aunque existen muchas especies silvestres en México, Guatemala, Ecuador y Chile; en este último, la Isla Chiloe se considera el centro secundario de la subespecie *tuberosum*. En 1537 Juan de Castellanos hizo la primera referencia de la papa cultivada en el Perú (Cortez & Hurtado, 2002).

## **b. Clasificación taxonómica y botánica.**

Taxonomía de la papa (Chávez E. , 2017).

Reino: Vegetal

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Especie: *S. tuberosum* L.

La papa pertenece a la familia de las solanáceas. Las especies cultivadas son las Tetraploides ( $2n=48$ ) que pertenecen a las especies *Solanum tuberosum* y *Solanum andigenum*. La *Solanum tuberosum* es la papa que fue llevada a Europa por los españoles y domesticada en esos países, generalmente es de días y ciclo cortos; (90 a 100 días) de forma alargada, piel lisa, ojos superficiales, el color de la pulpa es crema a amarilla y la piel rosada, roja o beige, y tiene estolones cortos. La *Solanum andigenum* es de días largos, ciclo tardío (de forma redonda, y ojos profundos, color de piel variable (morada, 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 (Cortez & Hurtado, 2002).

La papa es una planta suculenta, herbácea y anual por su parte aérea, y perenne por sus tubérculos (tallos subterráneos) que se desarrollan al final de los estolones que nacen del tallo principal. Posee un tallo principal, y a veces varios tallos, según el número de yemas que hayan

brotado del tubérculo. Los tallos son de sección angular, y en las axilas de las hojas con los tallos se forman ramificaciones secundarias (Chávez E. , 2017).

Las hojas son alternas, igual que los estolones. Las primeras hojas tienen aspecto de simples, vienen después las hojas compuestas, imparipinadas con 3-4 pares de hojuelas laterales y una hojuela terminal. Entre las hojuelas laterales hay hojuelas pequeñas de segundo orden (Chávez E. , 2017).

Las raíces se desarrollan principalmente en verticilo, en los nudos del tallo principal. Su crecimiento es primero vertical dentro de la capa de suelo arable, luego horizontal de 25-50 cm, y a veces, cuando el suelo lo permite, nuevamente vertical hasta 90 cm. La planta de papa posee un sistema radicular fibroso muy ramificado. La inflorescencia es cimosa; las flores son hermafroditas, tetracíclicas, pentámeras; el cáliz es gamosépalo lobulado; la corola es rotácea pentalobulada de color blanco a púrpura, con cinco estambres. Cada estambre posee dos anteras de color amarillo pálido, amarillo más fuerte o anaranjado, que producen polen a través de un tubo terminal; gineceo con ovario bilocular (Mollinedo, 2014).

El fruto es una baya bilocular de 15-30 mm de diámetro, color verde, verde amarillento o verde azulado. Cada fruto contiene aproximadamente 200 semillas botánicas. El tubérculo de la papa es un tallo subterráneo ensanchado. En la superficie posee yemas axilares en grupos de 3-5 y protegidas por hojas escamosas (ojos). Una yema representa una rama lateral del tallo subterráneo. El tubérculo es un sistema morfológico ramificado; los ojos de los tubérculos tienen una disposición rotada alterna desde el extremo proximal del tubérculo (donde va inserto el estolón) hasta el extremo distal, donde los ojos son más abundantes. La yema apical del extremo distal es la que primero se desarrolla y domina el crecimiento de todas las otras. A este fenómeno se le ha denominado dominancia apical (Chávez E. , 2017).

**c. Morfología del cultivo.** La papa es una planta herbácea. Su hábito de crecimiento cambia entre las especies y dentro de cada una. Cuando todas, o casi todas las hojas se encuentran cerca de la base o en la base de tallos cortos, y están cerca del suelo, se dice que la planta tiene hábito de crecimiento arrosetado o semi arrosetado. Las especies *Solanum juzepzukii*, *Solanum curtilobum* y *Solanum ajanhuiri*, que resisten a las heladas, se caracterizan por tener esos hábitos de crecimiento. Entre las demás especies se pueden encontrar los siguientes hábitos de crecimiento: rastrero (tallos que crecen horizontalmente sobre el suelo), decumbente (tallos que se arrastran pero que levantan el ápice), semi erecto y erecto (Franco, 2002).

**c.1. Raíces.** Las plantas de papa pueden desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo. Cuando crecen a partir de semilla, forman una delicada raíz axonomorfa con ramificaciones laterales. Cuando crecen de tubérculos, forman raíces adventicias primero en la base de cada corte y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo. Ocasionalmente se forman raíces también en los estolones. En comparación con otros cultivos, la papa tiene sistema radicular débil. Por eso se necesita un suelo de muy buenas condiciones para el cultivo de la papa. El tipo de sistema radicular varía de delicado y superficial a fibroso y profundo. Las hojas aisladas, tallos y otras partes de la planta pueden formar raíces, especialmente cuando han sido sometidas a tratamientos con hormonas. Esta habilidad de las diferentes partes de la planta de papa para formar raíces es aprovechada en las técnicas de multiplicación rápida (Franco, 2002).

**c.2. Tallos.** El sistema de tallos de la papa consta de tallos, estolones y tubérculos. Las plantas provenientes de semilla verdadera tienen un solo tallo principal mientras que las provenientes de tubérculos-semilla pueden producir varios tallos. Los tallos laterales son ramas de los tallos principales. Las yemas que se forman en el tallo a la altura de las axilas de las hojas pueden desarrollarse para llegar a formar tallos laterales, estolones, inflorescencias y, a veces tubérculos. Morfológicamente descritos, los estolones de la papa son tallos laterales que crecen

horizontalmente por debajo del suelo a partir de las yemas de la parte subterránea de los tallos. La longitud de los estolones es uno de los caracteres varietales importantes. Los estolones largos son comunes en las papas silvestres. Los estolones pueden formar tubérculos mediante un agrandamiento de su extremo terminal. Sin embargo, no todos los estolones llegan a formar tubérculos (Franco, 2002).

Un estolón no cubierto con suelo, puede desarrollarse en un tallo vertical con follaje normal. Morfológicamente descritos, los tubérculos son tallos modificados y constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta de papa. Un tubérculo tiene dos extremos: el basal, o extremo ligado al estolón que se llama talón, y el extremo opuesto, que se llama extremo apical o distal. Los ojos se distribuyen sobre la superficie del tubérculo siguiendo una espiral, se encuentran hacia el extremo apical y están ubicados en las axilas de hojas escamosas llamadas “cejas”. Según la variedad, las cejas pueden ser elevadas, superficiales o profundas. Cada ojo contiene varias yemas. Los ojos del tubérculo de papa corresponden morfológicamente a los nudos de los tallos; las cejas representan las hojas y las yemas del ojo representan las yemas axilares. En la mayoría de las variedades comerciales, la forma del tubérculo varía entre redonda, ovalada y oblonga. Los brotes crecen de las yemas que se encuentran en los ojos del tubérculo. El color del brote es una característica varietal importante. Los brotes pueden ser blancos, parcialmente coloreados en la base o en el ápice, o casi totalmente coloreados. Los brotes blancos, cuando se exponen indirectamente a la luz, se tornan verdes (Franco, 2002).

**c.3. Hojas.** Las hojas están distribuidas en espiral sobre el tallo. Normalmente, las hojas son compuestas, es decir, tienen un raquis central y varios folíolos. Cada raquis puede llevar varios pares de folíolos laterales primarios y un folíolo terminal. La parte del raquis debajo del par inferior de folíolos primarios se llama pecíolo (Franco, 2002).

**c.4. Flores.** El pedúnculo de la inflorescencia está dividido generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se subdivide en otras dos ramas. De esta manera se forma una inflorescencia llamada cimosa. Las flores de la papa son bisexuales, y poseen las cuatro partes esenciales de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo (Franco, 2002).

**c.5. Frutos, semilla.** Al ser fertilizado, el ovario se desarrolla para convertirse en un fruto llamado baya, que contiene numerosas semillas. El fruto es generalmente esférico, pero algunas variedades producen frutos ovoides o cónicos. El número de semillas por fruto llega a más de 200, según la fertilidad de cada cultivar. Las semillas son también conocidas como semilla verdadera o botánica, para distinguirlas de los tubérculos-semillas o sea tubérculos utilizados para producir cosechas de papa (Franco, 2002).

#### **d. Plagas.**

**d.1. Paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc).** El daño lo causa al alimentarse ya que inyecta toxinas provocando amarillamiento del follaje, también puede transmitir enfermedades asociadas a la punta morada en el follaje y zebra-chip del tubérculo, trasmite la enfermedad cuando se alimenta de una planta enferma y luego lo hace en una sana (Sandoval, Guzmán, & Siliezar, 2018).

**d.2. Minador de la hoja (*Liriomyza huidobrensis*).** Al alimentarse de la epidermis de las hojas se observan minas en forma de serpentinadas que en poblaciones altas causan quemazón del follaje. Se sugiere realizar muestreos con red entomológica efectuando 10 pasos de red y si se encuentran 15 adultos antes de la floración, o 20 adultos después de la floración ameritan control. Cuando se requiere disminuir la población de la plaga, se utilizan trampas amarillas de 0.4 x 0.5 m a razón de 30 a 50 trampas por manzana, distribuidas en toda la parcela desde el momento de la emergencia del cultivo (Sandoval et al., 2018).

**d.3. Nematodo dorado (*Globodera sp.* y *Heterodera sp.*).** Aun cuando se conocen varias especies de nematodos que afectan al cultivo de papa, el nematodo quiste de la papa es el más importante porque se encuentra en muchas zonas productoras de papa en la sierra del Perú. Las larvas del nematodo quiste causan lesiones en las raíces y estolones lo que favorece el ingreso y desarrollo de bacterias y hongos. Son como pequeños gusanos incoloros (translúcidos); se encuentran en los pelos radiculares de las raíces de la planta, su aparato bucal es en forma de un estilete, el cual introduce a las células y succiona la savia de la planta.

El cuerpo de los nematodos hembra adquiere forma de un globo, mide de 0.5 a un milímetro y presenta color blanco que al madurar adquiere color marrón. Una hembra madura adquiere el nombre de quiste y en su interior contiene hasta 600 huevos.

Las plantas afectadas son de menor porte y menor vigor y producen menor número tubérculos de menor tamaño. Los síntomas que presentan las plantas afectadas son similares a los producidos por deficiencia de agua o nutrientes (Egúsquiza, 2013).

**d.4. Nemátodo *meloidogyne* (*Meloidogyne sp.*).** Los tubérculos infectados desarrollan agallas que le dan unas apariencias de verrugas, en las plantas, las raíces muestran agallas o nódulos, debido a que los tejidos alrededor del nemátodo sufren crecimiento desordenado de las células, causando abultamientos radicales. Las plantas presentan síntomas de marchitez y clorosis en estado avanzado, provocando la muerte posterior de la planta (Sandoval et al., 2018).

## **e. Enfermedades.**

**e.1. Tizón tardillo (*Phytophthora infestans*).** Un ataque fuerte de tizón tardío puede matar un cultivo completo en cuestión de días, pues el proceso de reproducción es muy rápido cuando existen los factores ambientales favorables para el desarrollo y difusión del hongo en el cultivo. La

enfermedad se propaga cuando las condiciones favorables se presentan cuando en un término de 10 días el total de lluvias alcanza 27mm o más. La temperatura ideal para la producción de los esporangios está comprendida entre 15° y 18° C o sí durante siete días el promedio de temperatura es de 25°C o menos. La aparición de esporangios sobre los tejidos infectados se da cuando la humedad relativa es de 91 a 100%. Bajo condiciones ideales, las esporas con producidas en un término de 14 horas (Chávez I. , 2005).

**e.2. Tizón temprano (*Alternaria solani*).** Afecta las hojas produciendo lesiones más o menos circulares con anillos concéntricos de color marrón oscuro. La enfermedad se inicia en las hojas inferiores y cuando hay condiciones favorables avanza a las hojas superiores. Con el daño avanzado las hojas se vuelven cloróticas, se secan y mueren.

Las condiciones favorables son temperaturas que fluctúan de 20 a 25 °C y la humedad relativa ligera. Presencia de lluvias ligeras pueden estimular el desarrollo de la enfermedad (Egúsqüiza, 2013).

**e.3. Rizoctonia (*Rhizoctonia solani*).** La enfermedad afecta solo los tejidos jóvenes de brotes, tallos y estolones, los brotes del tubérculo de la semilla en los estados de pre y post emergencia. Los brotes afectados muestran en la base lesiones necróticas de color marrón, que cuando son profundas los estrangulan. Sin embargo, aún en este estado, la planta puede desarrollar desde la parte inferior del tallo estrangulado, brotes nuevos, que si no son afectados emergen finalmente del suelo. Si las lesiones son más o menos superficiales, la planta afectada se muestra débil y crece lentamente. Posteriormente, cuando las plantas llegan a ser adultas, las lesiones necróticas llamadas también chancros, interfieren en el normal movimiento de nutrientes dando lugar a la formación de tubérculos aéreos en las axilas de las hojas (Torres, 2002)

**e.4. Sarna (*Streptomyces scabiei*).** La enfermedad afecta a los órganos subterráneos de la planta. En casos muy severos las plantas detienen su crecimiento y puede causar marchitez. Los

tubérculos son los más afectados y los síntomas más comunes son: a) pústulas o lesiones levantadas de forma circular, aspecto corchoso, color marrón y entre 5-10 mm de diámetro en la superficie de los tubérculos. Las pústulas pueden unirse y formar superficies afectadas más grandes; b) lesiones hundidas o cavidades semi profundas. Los diferentes síntomas que muestran los tubérculos de papa, están asociados a la tolerancia o susceptibilidad de las variedades. Los síntomas pueden cubrir el 100% de la superficie de los tubérculos afectados. No se han observado síntomas en el follaje, pero experimentalmente se ha obtenido infección en hojas de papa y otras plantas (Torres, 2002).

**f. Importancia económica.** Actualmente la papa es uno de los cuatro cultivos alimenticios más importantes a nivel mundial, ocupando el cuarto lugar después de los cereales trigo, arroz y maíz. Según la FAO, la producción mundial de papa en el 2008 fue de 451.6 millones de toneladas; debido a condiciones climáticas adversas, la producción del 2006 fue de siete millones de toneladas menos que la producción de los años 2005 y 2007. Mientras la producción y el consumo de papas vienen creciendo en las regiones en desarrollo; en los países desarrollados estas decrecen paulatinamente. Ya en el 2005 la producción total en las regiones en desarrollo, por primera vez superó a la de los países de Europa, América del Norte y la ex Unión Soviética juntas (Mollinedo, 2014).

La situación actual del cultivo de papa en Guatemala, es la siguiente: se tienen cultivadas 20,370 hectáreas, 507,389 toneladas métricas producidas, con un rendimiento promedio de 24.91 t/ha, 81,480 unidades productivas, produciéndose comercialmente en 10 departamentos del país. Se estima que una hectárea cultivada de papa, genera 176 jornales, la producción nacional genera empleo rural de 3,585,120 jornales, equivalente a 13,278 empleos permanentes provocando una dinámica en la economía de los municipios donde se cultiva. La inversión requerida en promedio es de Q. 48,000.00/ha, aportando al PIB nacional el 0.55% y al PIB agrícola el 4.68%.

Este cultivo tiene una mayor producción por área que otros cultivos utilizados para la alimentación humana, con ciclos de producción cortos, según las variedades, de tres a cuatro meses.

La papa junto al trigo, maíz y arroz, contribuyen a la alimentación de la población mundial, siendo importante en la seguridad alimentaria. El 88% de la producción nacional se consumen en Guatemala, el 12% se exporta a El Salvador. En Guatemala se utilizan variedades liberadas a excepción de los productores que tienen contratos con la empresa Pepsico, que utiliza variedades protegidas. La principal variedad cultivada es la Loman, seguida de la ICTA Chiquirichapa e ICTA Frit; no se cuenta con variedades especializadas según su uso (Arango, 2018).

Según el Centro Internacional de la Papa (CIP), se estima para el año 2020 una tasa de crecimiento anual promedio del 2.7 %. En el comercio mundial y regional de la papa han ocurrido importantes cambios, con una participación cada vez mayor de los países en desarrollo. Las cifras de exportaciones de papa a nivel mundial revelan que el porcentaje de la producción que es exportado se ha visto incrementado desde menos de 1% a principios de los sesenta hasta casi 4 % a fines de la década pasada. Entre los países exportadores más importantes figuran los del norte de África que exportan a Europa Occidental fuera de la estación. En América Latina los mayores importadores de papa son Brasil, Venezuela, México y Cuba y los principales exportadores son Argentina, Colombia y Guatemala (Mollinedo, 2014).

### ***1.1.2 Nutrición vegetal***

La nutrición puede definirse como el suministro y la absorción de compuestos químicos necesarios para el crecimiento y el metabolismo de las plantas y los nutrientes como los compuestos químicos requeridos por un organismo. Los mecanismos por el cual los nutrientes se convierten en material celular o suministro de energía, son llamados procesos metabólicos. El término metabolismo comprende una serie de variadas reacciones que ocurren en una célula viva para

mantener la vida y el crecimiento. Así, la nutrición y el metabolismo están relacionados entre sí. Los nutrientes vegetales pueden dividirse en macronutrientes y micronutrientes. Las plantas necesitan los macronutrientes en cantidades relativamente elevadas. El contenido del N, como macronutriente en los tejidos de las plantas, por ejemplo, es superior en varios miles de veces al contenido de nutriente Zinc. Bajo esta clasificación, basada en la cantidad del contenido de los elementos en el material vegetal, puede definirse como macronutrientes los siguientes elementos: C, N, H, O, S, P, K, Ca, Mg, Na y Si. Los micronutrientes son: Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B y Cl (Mengel & Kirkby, 2000).

**a. Fisiología vegetal.** Las plantas germinan, crecen, se desarrollan, maduran, se reproducen y mueren. La fisiología vegetal es el estudio de esos procesos, del cómo y por qué cada planta se comporta de una manera propia y peculiar; es el estudio de la organización y operación de los procesos que ordenan su desarrollo y comportamiento. Cada planta es el producto de su información genética modificada por su ambiente, y cada parte u órgano vegetal se modifica adicionalmente por el estado fisiológico, o ambiente interno de la planta, del cual forma parte. La fisiología vegetal trata sobre la reciprocidad de todos estos factores en la vida de la planta (Bidwell, 1990).

**a.1. Metabolismo energético.** Es de máxima importancia entender las reacciones químicas, no solo porque todos los organismos están hechos de sustancias que deben sintetizarse y metabolizarse por reacciones químicas, sino también porque toda la energía utilizada en hacer dichas sustancias y en efectuar trabajos en las células es adquirida, almacenada, metabolizada y utilizada por la adquisición de sustancias y la operación de reacciones químicas. Las reacciones más comunes para la metabolización de la energía son las de oxidación y reducción. La oxidación de un compuesto se efectúa por la liberación de uno o, por lo general dos electrones. La reducción

se lleva a cabo adicionando electrones. En efecto, oxidación y reducción son la pérdida o ganancia de electrones respectivamente. Es evidente, dado que los electrones y otras partículas con carga no pueden existir independientemente, que cuando una sustancia se oxida otra debe reducirse. Una reacción en la que los electrones se transfieren de una molécula a otra, durante lo cual un compuesto se oxida y el otro se reduce se denominan una reacción redox (Bidwell, 1990).

*a.1.1. Producción de ATP.* Todos los compuestos contienen energía potencial almacenada en los enlaces de su estructura que pueden liberarse cuando aquellos se rompen. Los sistemas biológicos obtienen energía por un rompimiento oxidativo controlado de los enlaces en moléculas energéticas y utilización de la energía resultante para hacer nuevos enlaces químicos o para efectuar trabajo útil. La oxidación controlada de un enlace carbono-carbono con transferencia directa de electrones al oxígeno (dando formación de agua) libera toda la energía del enlace como calor, que normalmente es útil para los sistemas biológicos. Parte de esta energía se conserva al usarse para hacer nuevos enlaces en compuestos especializados que pueden usarse subsecuentemente para dirigir otras reacciones. Estos enlaces se denominan enlaces de alta energía. Uno de los más importantes de ellos es el enlace anhídrido fosfato-fosfato en el trifosfato de adenosina (ATP) (Bidwell, 1990).

**b. Fitorreguladores.** Se entiende por fitorregulación la modificación del desarrollo vegetal por medio de productos químicos en sus diversos estadios: germinación de semillas o yemas, desarrollo vegetativo, floración y fructificación. La fitorregulación se logra en muchos casos por la aplicación de hormonas sintéticas o de productos parecidos a ellas, que caen dentro de la misma familia química, considerándose que su acción es similar a la de los grupos hormonales: auxinas, giberelinas y citocininas (Silva, 1998).

***b.1. fitorreguladores hormonales.*** Los fitorreguladores hormonales (fitohormonas) son reguladores producidos por las mismas plantas que, en bajas concentraciones, regulan los procesos fisiológicos de aquéllas. Los fitorreguladores hormonales conocidos se pueden clasificar en auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, y abscisinas. Existen otros grupos hormonales menos conocidos como lo son: las poliaminas y brasinoesteroides; y entre las fitohormonas dudosas se encuentran el florigén, las antesinas y el vernalín (Silva, 1998).

*b.1.1. Auxinas.* La auxina se sintetiza principalmente en el ápice del tallo y ramas jóvenes, en las yemas y hojas jóvenes y en general en los meristemas. El AIA es transportado como IAA-inositol principalmente. El transporte de las auxinas endógenas es basipétalo por el floema con los productos fotosintetizados. Así en el lugar donde va a actuar se desliga y pasa a auxina libre que se adhiere a la proteína receptora para efectuar su acción. Cuando se sintetiza en el ápice de la raíz tiene transporte acropétalo (Silva, 1998).

*b.1.2. Giberelinas.* Las giberelinas se definen como el grupo de compuestos que estimulan la división, la elongación celular o ambas cosas. Se sintetizan principalmente en hojas jóvenes y en las semillas en cuyo endospermo se ha encontrado un receptor no identificado. El nivel de GA aumenta conforme se desarrolla el embrión y luego decrece cuando la semilla madura. La biosíntesis se presenta a partir del ácido mevalónico. El transporte es a través del floema cuyo flujo parece estar activado por las giberelinas las cuales existen en forma libre y conjugada (Silva, 1998).

*b.1.3. Citocininas.* Las citocininas como sustancias del crecimiento de las plantas que provoca la división celular. Se sintetizan principalmente en la raíz, y su presencia en las yemas del tallo, donde tienen efecto hormonal, puede ser por transporte de la raíz, pero, hay informes de su síntesis en las hojas. Por tener adenina en su molécula, se cree que provengan parcialmente de productos de hidrólisis de fracciones de ácidos nucleicos; en el callo de tabaco se ha visto que otra fracción proviene del isopentilfosfato (Silva, 1998).

*b.1.4. Etileno.* Es una hormona de crecimiento vegetal volátil, tiene una estructura molecular muy sencilla que es capaz de estimular la maduración del fruto. Se produce en gran cantidad en los tejidos de los frutos carnosos al madurar, pero también se ha comprobado su síntesis en el tallo y flores; se forma a partir del aminoácido metionina, un aminoácido que contiene azufre (Silva, 1998).

*b.1.5. Ácido abscísico.* La abscisina, llamada también dormina, es el ácido metil (hidroxilo) trimetil-2 pentadienoico; hoy se denomina ácido abscísico (ABA). Se sintetiza en la planta a partir del farnesilpirofosfato, directamente del carotenoide violaxantina. Se encuentra en todos los órganos de la planta. El ABA actúa en la abscisión o caída de las hojas, es decir, induce envejecimiento, induce letargo (dormina) durante el invierno, es inductor de resistencia al frío (gracias a lo cual los árboles frutales deciduos soportan el invierno); inhibe el crecimiento de órganos de muchas plantas, induce estrés fisiológico (Silva, 1998).

**c. Elicitores.** Las plantas desarrollan frente a los organismos patógenos mecanismos de defensas muy complejos y variados. Estos mecanismos pueden ser constitutivos o inducibles. Los inducibles se pueden activar sistémicamente en células y tejidos alejados, adquiriendo la inmunidad fisiológica de la planta. En este sentido, el resultado es la inducción conocida como resistencia sistémica adquirida (SAR) y con ello, de un conjunto de proteínas y compuestos de defensas que incluyen enzimas involucradas en la vía de síntesis de los fenilpropanoides, fenilalanina amonio liasa (PAL); peroxidasas, glicoproteínas, relacionadas con el reforzamiento de la pared celular, glucanasas y quitinasas que hidrolizan las paredes celulares de los hongos. Los elicitores más utilizados en la agricultura son: acibenzolar-S- metil, fosfito de potasio, quitosano (Sanhueza, 2018).

**c.1. acibenzolar-S- metil.** Pertenece al grupo químico benzotiadiazol y funciona como un análogo funcional del ácido salicílico. Ha demostrado una buena eficacia contra enfermedades bacterianas, incluida la mancha bacteriana (*Xanthomonas axonopodis*) y la mancha bacteriana (*P. syringae* pv. Tomato) en tomate, la niebla del peral y del manzano (*Erwinia amylovora*) en manzanas y tizón foliar de xanthomonas (*x. axonopodis* pv. Allii) en cebolla. Sin embargo, aunque los elicitores pueden ser muy efectivos en condiciones controladas, la respuesta del huésped puede ser muy variable en el campo, lo que genera dudas sobre su potencial para el manejo de la enfermedad. Los factores genéticos y ambientales de las plantas pueden afectar los beneficios y costos relativos (Sanhueza, 2018).

**c.2. Fosfito de potasio.** Los fosfitos son compuestos resultantes de la reacción del ácido fosforoso con iones de metales alcalinos como el K, Ca, Mg y Na, considerados como fuente importante de nutrimentos para los cultivos. Los fosfitos de potasio se caracterizan por ser más solubles en agua y móviles en la planta, tanto en sentido ascendente como descendente, que los fosfatos ( $PO_4$ ). Se obtiene a partir de fosfato de origen mineral. Al evaluar el ácido fosforoso y los fosfitos de potasio como una fuente de fósforo en cítricos, descubrieron la eficiencia del fosfito de potasio el control de *Phytophthora palmivora*, agente causal de la gomosis en cítricos. También otro estudio del fosfito de potasio es usado como fungicida para el control de pseudohongos de la clase oomycetes. A partir de entonces, diferentes trabajos han confirmado la eficiencia del fosfito de potasio en el control de esta clase de fitopatógenos en diferentes cultivos, demostrando su poder como potenciador de la activación del sistema inmunológico de las plantas y bioestimulante del crecimiento de éstas y tiene un gran efecto sistémico en la planta, corriendo por el sistema floemático casi en forma inmediata, pudiendo inducir las mismas respuestas que los elicitores bióticos (Sanhueza, 2018).

**c.3. Quitosano.** Es un polisacárido obtenido a partir de la quitina extraída del exoesqueleto de los crustáceos. Es capaz de estimular e inducir reacciones de defensa en algunas plantas, sensibilizándolas para responder más rápidamente al ataque de patógenos. Entre las sustancias cuya inducción se ve favorecida por la presencia de quitina o quitosano, así como también muchos de sus derivados, incluyen las fitoalexinas: pisantina, risitina, orchinol y genistein; proteínas relacionadas a la patogénesis; ligninas, que favorecen a la lignificación de las hojas dañadas.

Otros estudios más recientes con quitosano en plantas de Kiwi inoculadas con hongos patógenos, dejaron al descubierto un aumento significativo en el nivel de expresión de las proteínas antimicrobianas, relacionadas con la señalización de defensas (Sanhueza, 2018).

**d. Fosfito de potasio.** El fósforo (P) es un elemento esencial requerido por todos los organismos vivos. El fosforo en forma elemental no aparece en la naturaleza porque es muy reactivo, se combina rápidamente con otros elementos como oxígeno (O) e hidrógeno (H). Cuando se oxida completamente, el P se une con cuatro átomos de O para formar la conocida molécula de fosfato. Sin embargo, cuando no se oxida completamente un átomo de H ocupa el lugar del O y la molécula resultante se denomina fosfito. Este aparentemente simple cambio en la estructura molecular causa diferencias significativas que afectan la solubilidad relativa del material y afectan la absorción y metabolismo de las plantas (Flores, 2017).

**e. Propiedades agronómicas.** Los fosfitos de potasio ofrecen varias propiedades sobre cualquier cultivo; dentro de las características agronómicas se hace mención: incrementa la resistencia de la planta contra las enfermedades, fortalece el tallo y las raíces contra ataques de mildiu y phytophthora, previene enfermedades y podredumbres típicas por las condiciones de alta

humedad; en todo tipo de cultivos, aumenta la cantidad de citoquininas y amilasas en las plantas, principales exponentes de la autodefensa de la planta (Flores, 2017).

**f. Funciones del fosfito de potasio.** El potasio regula la apertura estomática, por ende, regula la respiración y transpiración en la planta. Participa en la formación de proteínas e hidratos de carbono (almidón y celulosa). Mejora la resistencia a la sequía, heladas y enfermedades, aumenta la resistencia mecánica de los tallos, mejora el sistema radicular, provee floración, llenado y maduración de los frutos (Flores, 2017).

Flores (2017), indica que un producto comercial (una sal de fosfanato de aluminio denominado fosetyl-A), demostró que se movía desde las hojas hacia las raíces por el floema en forma de fosfito y proporcionaba control de algunas enfermedades radiculares. Existe evidencia que el fosfito se adsorbe o fija en menor grado que el fosfato a los minerales del suelo. Esta propiedad podría usarse para mejorar la movilidad del P aplicado en banda o por medio de un emisor de goteo en el suelo. Este posible beneficio no se ha investigado en detalle; sin embargo, se ha utilizado la mayor solubilidad en la formulación de fertilizantes basados en fosfito como fosfitos de calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K). Se han realizado varios estudios para determinar la efectividad de fosfito aplicado al suelo como fuente de nutrientes para los cultivos. Los primeros trabajos con estos materiales se enfocaron en los efectos tóxicos del fosfito y ácido fosforoso cuando se usan como fuente principal de P en una variedad de cultivos.

**g. Beneficios del fosfito de potasio.** Un primer efecto produce una respuesta sistémica inducida por los fosfitos hacia la formación de elicitores, que inducen la producción de defensas naturales en la planta, provocando un retardo en el desarrollo y/o control del patógeno.

Induciendo la producción de fitoalexinas, ácidos salicílicos, clorogénico, caféico y ciertas enzimas hidrolíticas, estas sustancias actúan en defensa de la planta frente al ataque de hongos.

Estimulan el crecimiento y actúan sobre los mecanismos de autodefensa de las plantas, protegiendo a las plantas en tronco, cuello y raíz contra muchas enfermedades, causadas por bacterias u hongos.

La gran movilidad de los fosfitos en la planta confiere característica sistémica, siendo aplicados en las hojas actúa en toda la planta, incluso en las raíces. Con una alta inducción a mayor síntesis de proteínas patogénicas que reducen un ataque fúngico limitando o eliminando los procesos infecciosos (Flores, 2017).

**h. Diferencia entre fosfatos y fosfitos.** Las formas aprovechables del fósforo por las plantas, son el fosfato diácido ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) y el fosfato monoácido ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ). El primero es el preferido por las plantas y predomina en ambiente ácido, mientras que el segundo se encuentra en el pH alcalino. Estos aniones son muy reactivos en el suelo, participando de los procesos de adsorción y precipitación. La adsorción de los fosfatos se presenta con el aluminio en la superficie de los coloides del suelo ácido y con el  $\text{Ca}_2^+$  en la superficie de los coloides del suelo alcalino. La precipitación de los fosfatos se desarrolla principalmente con el  $\text{Al}_3^+$  que se encuentra en solución en el suelo ácido y con el  $\text{Ca}_2^+$  disuelto en suelo alcalino. La adsorción y precipitación, provocan los bajos de fosfatos encontrados en la solución nutritiva del suelo (0.06 a 0.1 mg/L). Con base en lo anterior, el abastecimiento del fosfato del suelo a la raíz es predominantemente por difusión, la cual es efectiva solo a distancias cortas (mm), por lo que la nutrición fosfórica de las plantas depende de los fosfatos que se encuentren en su rizósfera. La adsorción y precipitación de los fosfatos, explican la eficiencia relativamente baja (alrededor del 30%) de los fertilizantes fosfóricos, es decir de cada 100 kg de P adicionado al suelo, solo 30 kg podrán ser absorbidos por

las plantas, mientras que los 70 kg restantes están siendo adsorbidos y precipitados por el suelo. Lo anterior se logra con un buen manejo del fertilizante, lo que significa adicionar toda la dosis a la siembra, lo más cerca posible de donde se establecerán las raíces de las plantas. Este efecto residual, con el paso de los años, promueve el enriquecimiento del suelo con fósforo, hasta el punto de que los métodos analíticos (Bray y Olsen) detectan niveles altos de formas aprovechables de este nutrimento.

Recientemente, se han introducido al mercado de los agroquímicos el ácido fosforoso ( $\text{H}_3\text{PO}_3$ ) y sus aniones los fosfitos ( $\text{H}_2\text{PO}_3^-$ ,  $\text{HPO}_3^{2-}$ ). La ventaja de los fosfitos es que no presentan la problemática de los fosfatos en el suelo, es decir, la adsorción y precipitación es menos intensa. Adicionalmente los fosfitos pueden ser absorbidos por los cultivos. Sin embargo, no pueden ser utilizados en las rutas metabólicas de los fosfatos en las plantas, es decir, no pueden sustituir al fosfato en la nutrición de los cultivos, debido a las diferencias en la conformación espacial de ambos aniones (Rodríguez, 2017).

**i. Los fosfitos en la nutrición vegetal.** En el ámbito de la nutrición de los cultivos, los fosfitos han actuado como bio-estimulantes. Este efecto es evidente en los cultivos que no presentan deficiencias de fósforo, es decir cuándo se maneja la dosis adecuada de fosfato. Un resumen de estos efectos en horticultura es el siguiente: en el apio se incrementó el rendimiento; en lechuga se produjo mayor biomasa y contenido de fósforo; en cebolla se aumentó el tamaño jumbo; en papa se logró mayor rendimiento y calidad grado uno, se presentaron más fitoalexinas y quitinasas, se observó una pared celular reforzada, se tuvo una mejor emergencia y crecimiento, se midió mayor colonización de micorriza, más clorofila y mejor protección contra UV; en pimiento se presentó mayor rendimiento y tamaño grado uno; en jitomate se logró mayor biomasa y contenido de fósforo; en aguacate se tuvo mayor rendimiento y tamaño de fruto; en plátano mayor

biomasa, área foliar y contenido de fósforo; en cítricos aumento el rendimiento y calidad del fruto; en fresa se promovió mayor crecimiento de raíces y tallos, se incrementó de clorofila, los aminoácidos y proteínas en hoja, se elevó el contenido de antocianinas en fruto; en tomate se produjo mayor biomasa y contenido de fósforo. Estos efectos se lograron, tanto con el ácido fosforoso, como con el fosfito de potasio. En el primer caso el efecto se atribuye exclusivamente de los fosfitos, mientras que, en el segundo caso, el efecto es la combinación de los fosfitos y del macro nutrimento potasio. Existen en el mercado fosfitos asociados con otros cationes, tales como el magnesio y el calcio, así como con el cobre y el zinc, de tal manera que pueden constituirse en transportadores de esos nutrimentos en la nutrición foliar de los cultivos (Rodríguez, 2017).

**j. Los fosfitos y su acción fungicida.** Actualmente, el uso principal de los fosfitos es el control de enfermedades fungosas, sobre todo aquellas causadas por oomycetos, como *Phytophthora*, *Pseudoperonospora*, *Peronospora*, *Pythium*, *Albulgo* y *Bremia*. Para lograr eficazmente esta actividad, no deben existir deficiencias de fósforo en las plantas, ya que en caso contrario se presentan efectos contraproducentes. La acción fungicida de los fosfitos, puede ser explicado mediante dos vías. Un efecto indirecto relacionado con el incremento de la resistencia de la planta, ya que los fosfitos intervienen en el metabolismo de la planta como elicitores, estimulando la vía del ácido shikímico, con lo cual promueven la formación de peroxidasas, fitoalexinas y la acumulación de polímeros fenólicos, además de lignina, en el sitio de infección. Otra vía de acción de los fosfitos es el efecto directo, es decir, el fosfito absorbido por el hongo compete con el fosfato en diversas rutas metabólicas catalizadas por enzimas fosforilativas, pero no cumple plenamente su función debido a las diferencias en su estructura tridimensional, fracasando la construcción del DNA, la estructuración de las membranas con fosfolípidos, en la formación del ATP. Adicionalmente, se han tenido efectos diferentes en la acción fungicida de los

fosfitos, en función del catión acompañante. Se han realizado evaluaciones de fosfitos de potasio, de calcio, de magnesio, de zinc y de cobre, en el control de *Phytophthora* en el cultivo de papa, obteniendo los mejores resultados con el zinc y el cobre. Esto puede variar en función de las deficiencias que presente el suelo. Una planta bien abastecida con cobre, promoverá más eficazmente las enzimas que darán lugar a la producción de fitoalexinas y melaninas de acción fungicida y de la lignina que puede fortalecer a las paredes celulares contra la invasión de patógenos (Rodríguez, 2017)

## **1.2 Antecedentes**

Canelos & Pusdá (2017). Efecto del fosfito potásico en el control de tizón tardío en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) En Santa Martha de Cuba, provincia del Carchi, Ecuador. El objetivo principal fue determinar la efectividad del fosfito potásico en el control de Tizón Tardío en tres variedades de papa. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 15 tratamientos (T1: variedad superchola+manejo convencional; T2: variedad superchola+fosfito de potasio; T3: variedad superchola+fosfito de potasio con azoxistrobin; t4: variedad superchola+fosfito de potasio con mandipropamid; t5 variedad superchola+fosfito de potasio con dimetomorph; t6: variedad única+manejo convencional; T7: variedad unica+fosfito de potasio; T8: variedad única+fosfito de potasio con azoxistrobin; t9: variedad única+fosfito de potasio con mandipropamid; t10 variedad única+fosfito de potasio con dimetomorph; t11: variedad capiro+manejo convencional; T12: variedad capiro+fosfito de potasio; T13: variedad capiro+fosfito de potasio con azoxistrobin; t14: variedad capiro+fosfito de potasio con mandipropamid; t15 variedad capiro+fosfito de potasio con dimetomorph) y 4 repeticiones; con un arreglo factorial AxB. Como resultado se obtuvo que la variedad única con el manejo (Fosfito Potásico + Mandipropamid) presentó la menor severidad de tizón tardío al haber presentado los

valores más bajos de AUDPCr (0,06 y 0,05). En cuanto al rendimiento, la variedad única con la estrategia de control (fosfito potásico + mandipropamid) obtuvo el mayor rendimiento total con una media de 46.34 t/ha. En conclusión, el uso de fosfito potásico es una alternativa como fuente de nutrición complementaria y como medio de prevención del tizón tardío en el cultivo de papa.

Velandia (2012). Efecto del fosfito de potasio en combinación con el fungicida metalaxyl + mancozeb en el control de mildew veloso (*Peronospora destructor* berk) en cebolla de bulbo (*Allium cepa* l.), en Boyacá, Colombia. El objetivo fue la determinación de la eficiencia de Fosfito de potasio en combinación con el fungicida, para el control de *Peronospora destructor*. Los tratamientos consistieron en una aplicación de fosfito, alternada con una de fungicida; dos y tres aplicaciones consecutivas de fosfito alternadas con una de fungicida; una aplicación de fungicida alternada con una de fosfito; dos y tres aplicaciones consecutivas de fungicida alternadas con una de fosfito; aplicaciones de sólo fosfito y sólo fungicida y un testigo. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Las principales variables de respuesta fueron la incidencia y severidad de la enfermedad. Los resultados mostraron que las aplicaciones de fosfito de potasio durante dos semanas consecutivas alternadas en la tercera semana con una de fungicida y las aplicaciones semanales de sólo fosfito, tuvieron efectos altamente significativos en el control de la incidencia y severidad de *P. destructor* y diferencias significativas en el peso de los bulbos de primera (28,1 y 27,9 t/h) y peso total de bulbos (55,5 y 52,1 t/h), representando en relación al testigo, un incremento de 200 y 196% en el peso de los bulbos de primera y de 55 y 45,7% en el peso total de bulbos. Se concluye que con el fosfito de potasio se reduce la aplicación de fungicidas, siendo una alternativa viable para el manejo ecológico de *P. destructor*.

Flores (2017). Evaluación de tres dosis de fosfito de potasio para prevención de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), en el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*), en finca “La Vega”, Retalhuleu. El objetivo de la investigación fue evaluar tres dosis de Fosfito de Potasio para la

prevención de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*); se utilizó el diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. La variable evaluada fue el porcentaje del promedio ponderado de la infección de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), en el área foliar de plátano y rendimiento en kg/ha de plátano (*Musa paradisiaca*). Como resultado se determinó que el efecto del Fosfito de Potasio no tuvo ningún resultado positivo en la resistencia de la planta a la enfermedad, presentándose en el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*), de igual forma en cada uno de los cuatro tratamientos adicionados al mancozeb. En conclusión, el mejor rendimiento obtenido en promedio fue con el tratamiento cuatro (500 ml de Meister Plus), presentando un peso de 52,272.44 kilogramos de plátano por hectárea, siguiéndole el tratamiento tres el cual fue con un litro de Fosfito de Potasio por hectárea, con un rendimiento promedio de 49,691.925 (kg/ha). El mayor beneficio neto se obtuvo con el tratamiento cuatro que fue el testigo (500 ml de Meister Plus por hectárea) de USD/h de 21,557.54 y un costo anual de USD/h de 603.52, y el menor costo por hectárea se obtuvo con el tratamiento uno el cual fue con fosfito de potasio (300 ml por hectárea) con un beneficio de USD/h de 17,4333.74 y un costo anual de USD/h 568.32.

Telenchana (2011). Evaluación de fosfitos potásicos (fitoalexin y atlante) en la prevención de enfermedades foliares del cultivo de cebolla (*Allium cepa*) en Ambato, Ecuador. El objetivo principal de la investigación fue desarrollar tecnologías en el cultivo de cebolla de bulbo (*Allium cepa*), que contribuyan a la adopción de prácticas culturales más limpias, disminuyendo la afectación al ambiente. Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar, con arreglo factorial de  $2 \times 3 \times 3 + 1$ , con tres repeticiones y 18 tratamientos que recibieron aplicación de productos más un testigo. Los mejores resultados se obtuvieron aplicando fosfitos potásicos en la dosis de 10 y seis cc/l (D3), disminuyendo la incidencia de enfermedades foliares, tanto a los 70 días (62,53%) y a los 90 días (97,71%), como también la severidad se redujo tanto a los 70 días (48,53%), como a los 90 días (62,49%), obteniéndose así mismo los mejores rendimientos (8,37

t/h). Aplicando los fosfitos con la frecuencia de cada 10 días (F1), se observó menor incidencia de enfermedades foliares, tanto a los 70 días (64,26%) y a los 90 días (98,71%), como menor severidad tanto a los 70 días (49,04%), como a los 90 días (64,40%), por lo que las plantas desarrollaron bulbos de mayor diámetro polar (4,46 cm) y produjeron mayor rendimiento (8,43 t/h). En conclusión, la aplicación de Atlante, redujo la incidencia de *Peronospora destructor*, *Botrytis squamosa* y *Alternaria porri*, al comparar con el testigo, tanto a los 70 días del trasplante (65,29%), como a los 90 días (98,52%). Igual respuesta se obtuvo con la severidad a los 70 días (47,29%) y a los 90 días (65,03%).

Cua (2015). Evaluación de tres dosis de fosfito potásico (i.a.) en el control de *Phytophthora* spp. en plantación de macadamia (*Macadamia integrifolia*), en finca plantaciones Altamira, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. La investigación se realizó con el objetivo de contribuir con la parte fitosanitaria de la finca, a través de la evaluación de dosis de Fosfito Potásico que presenten mejor resultado en cuanto al control o disminución de la mortandad de la plantación. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones para un total de 20 unidades experimentales. Las variables fueron: porcentaje de incidencia, porcentaje de severidad y la estimulación de crecimientos de raicillas. Como resultado se obtuvo que las dosis de fosfito potásico evaluados, ninguna presenta un resultado significativamente superior respecto a incidencia y severidad, sin embargo, el tratamiento regional fue estadísticamente superior. El tratamiento regional consistió en la mezcla de fosfito potásico (Atlante) y cymoxanil más mancozeb, con dosis de cinco mililitros y 2.5 gramos por litro de agua respectivamente. En conclusión, se tiene que ningún tratamiento redujo la incidencia de la enfermedad provocada por *Phytophthora* en la macadamia, por tal motivo se rechaza la hipótesis alternativa uno. En porcentaje de severidad se reduce con el tratamiento cinco, por lo que se acepta la hipótesis alternativa dos.

De las tres dosis de fosfito potásico, ninguna tuvo efecto sobre la estimulación de crecimiento de raicillas en los árboles afectados por *Phytophthora* spp., por lo que se acepta la hipótesis nula tres.

García, Camacho, & Mata (2018). Efecto de fosfitos de potasio sobre *Phytophthora* sp. y parámetros de crecimiento en plantas de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), en Alajuela, Costa Rica. El objetivo de la evaluación fue determinar el efecto de tres formulaciones de fosfitos de potasio sobre el agente causal de la pudrición del corazón (*Phytophthora* sp). Los tratamientos se distribuyeron en bloques completamente al azar, estableciendo siete tratamientos compuestos por las formulaciones 0-30-20, 0-48-40, 0-28-26 en la dosis alta, baja y un testigo absoluto; las variables fueron: porcentaje de incidencia, longitud de la raíz, peso fresco y seco de la parte aérea y radical. Como resultado se determinó que el porcentaje de incidencia evidenció diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados ( $p = 0,0037$ ); mediante una prueba de contrastes no ortogonales se comprobó que el tratamiento testigo presentó diferencias estadísticas ( $p = 0,0015$ ) con respecto a los demás, sobresaliendo para esta variable el tratamiento 0-28-26 dosis alta. Con base en el vector de medias para los parámetros de crecimiento, se conformaron tres grupos de tratamientos, mismos que mostraron diferencias estadísticas (ANAVAM, Wilks  $p < 0,0001$ ), siendo la formulación 0-28-26 y 0-30-20 en dosis baja los tratamientos promisorios. En conclusión, se evidenciaron diferencias estadísticas en el porcentaje de incidencia de *Phytophthora* sp. entre los tratamientos con fosfitos de potasio frente a las plantas no tratadas. El tratamiento 0-28-26 (T6, dosis alta) presentó la menor incidencia de *Phytophthora* sp., en la semana cuatro después de la inoculación, lo cual demostró que la plantación del tratamiento retrasó el inicio del desarrollo de la enfermedad en un 52% con respecto al testigo.

González (2017). Fosfitos de potasio en el manejo de *Peronospora sparsa berkeley* en el cultivo de rosas, variedad samourai bajo invernadero, en Tenancingo, México. El objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad biológica de formulaciones a base de fosfito de potasio en el

control de *Peronospora sparsa*, y determinar el efecto de la aplicación de éstos sobre el largo y diámetro de tallos y botones florales. Se probaron cinco tratamientos y un testigo. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar con seis repeticiones. Los productos se aplicaron vía foliar cada 15 días durante un ciclo de producción ( $60 \pm 10$  días). Se evaluó la incidencia (%) y severidad (%) de la enfermedad en 10 tallos al azar por unidad experimental cada ocho días, las variables de calidad se midieron en 60 tallos por tratamiento. Como resultado se obtuvo que la incidencia de la enfermedad fue del 100 % en el caso del testigo y del 18.3 % para el tratamiento con FosiMax 40-20, 21.6 % para Phos-K, 28.3 % para Atlante, 25.0 % para Multi-ProteK y 25.0 % para Defence Ax. Solo el tratamiento con Defence Ax® mejoró las variables diámetro y largo de botón floral siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos con un incremento de 3.21% y 4.65%, respectivamente en relación al testigo. En conclusión, las cinco formulaciones a base de fosfito de potasio evaluadas mostraron una efectividad biológica en un intervalo de 79.71 a 91.40% habiendo diferencias respecto al testigo, siendo estas recomendables para el manejo de *Peronospora sparsa* sobre el cultivo de Rosa var. samourai.

Masache (2014). Estudio sobre dos épocas de aplicación de cinco niveles de fosfito potásico en arroz (*Oryza sativa* L.) en Ecuador. El objetivo de la investigación fue determinar la mejor época de aplicación y dosis de cinco niveles de fosfito potásico en la variedad de arroz INIAP-15. Para la evaluación se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial ( $2 \times 5 + 1$ ), con cuatro repeticiones, los factores evaluados fueron: dos épocas de aplicación: 25 y 50 días después del trasplante, con cinco dosis de fosfito de potasio: 0, 500, 1000, 1500, 2000 y 2500 ml/h. Las variables de evaluación fueron: días a floración, días a cosecha, altura de plantas, número de panículas por planta, granos por panícula, porcentaje de granos vanos, rendimiento en kg/ha. Como resultado se obtuvo que hubo un incremento en la altura de la planta por aplicación de fosfito potásico a los 50 días después del trasplante y un ligero incremento de la longitud de panícula en

aplicaciones efectuadas a los 25 días, el tratamiento con 2000 ml/ha, aplicado por vía foliar, presentó un incremento significativo en comparación a las otras dosis. En conclusión, se determinó que el rendimiento de grano paddy fue superior con aplicaciones de fosfito de potasio a los 50 días después del trasplante y que el mayor rendimiento de grano paddy/ha lo presentó el tratamiento cuatro con dosis de 2000 ml/h de fosfito de potasio en aplicaciones a los 25 días después del trasplante.

Campodinico (2015). Evaluación de rendimiento en el cultivo de soja aplicando fosfitos y micronutrientes, en Provincia de Santa Fe, Argentina. El objetivo fue evaluar la respuesta (rendimiento) del cultivo de soja a la aplicación de fitoestimulantes, cuya formulación está compuesta de fosfitos, macro y micronutrientes quelatizados y aminoácidos. Para la evaluación se implementó el diseño experimental completamente aleatorio, los tratamientos fueron: tratamiento uno testigo, tratamiento dos FLECHA 200 cc/h, tratamiento tres CUBO 200 cc/h, tratamiento cuatro ULTRA Mn 200 cc/h, y la variable de respuesta evaluada fue rendimiento en kg/ha. El resultado que obtuvo después de correr los datos en un programa estadístico como el infostat, es que no existe diferencia significativa en el ensayo, ya que el F prueba es igual a 0.19 y arroja un resultado de 89%, estando este resultado por encima del 5% que se había estimado, existía diferencia significativa; el paso siguiente que hubiera realizado era el de realizar la prueba de las medias con el testigo. En conclusión, los fosfitos son una herramienta fundamental y complementaria a los fungicidas de síntesis y deben ser empleados bajo un manejo integrado de los cultivos. Son amigables con el medio ambiente e inocuos para quienes deben manipularlo, en síntesis, en un activador natural de las defensas de nuestras plantas. Los resultados obtenidos a la fecha son alentadores, se requiere seguir estudiando su comportamiento como herramienta complementaria a las tecnologías de implantación y protección utilizadas en los cultivos.

Cervera, Cautin & Jeria (2006). Evaluación del fosfito cálcico, potásico y magnésico en el control de *Phytophthora cinnamomi* en Aguacate (*Persea americana mill*) cv. Hass, plantados en contenedor, en La Palma Quillota, Chile. El objetivo de este estudio fue determinar los efectos de los fosfitos en el desarrollo de *Phytophthora cinnamomi*. Los tratamientos fueron: T0=Aguacate Hass sobre portainjerto mexicola sin inoculación con *Phytophthora*, T1= aguacate Hass sobre portainjerto mexicola con inoculación con *Phytophthora*, T2= aguacate Hass sobre portainjerto mexicola con inoculación de *Phytophthora*, más aplicación de fosfito de calcio, T3= aguacate Hass sobre portainjerto mexicola con inoculación de *Phytophthora*, más aplicación de fosfito de potasio, T4= aguacate Hass sobre portainjerto mexicola con inoculación de *Phytophthora*, más aplicación de fosfito de magnesio, T5=aguacate Hass sobre portainjerto mexicola con inoculación de *Phytophthora*, más aplicación de lignosulfonato de aluminio. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, seis tratamientos y ocho repeticiones. Las variables evaluadas fueron; número de hojas, eficiencia fotosintética y densidad radical. Como resultado se obtuvo que el mayor número de hojas por planta esta notablemente influenciado por la aplicación de fosfitos en comparación a los tratamientos con inoculación de *Phytophthora* y sin control químico y la densidad de raíces indican que la aplicación de fosfitos es efectiva, debido a que presentaron la mejor densidad radicular de todos los tratamientos, alcanzando incluso niveles equivalentes a los de árboles sanos. En conclusión, las aplicaciones de fosfitos mejoran las variables de número de hojas, rendimiento fotosintético y densidad radicular en las plantas inoculadas con *Phytophthora*. Existe un efecto positivo en el control de *Phytophthora cinnamomi* con la aplicación foliar de fosfitos.

Yáñez (2016). Efecto in vitro de fosfito de potasio sobre *Athelia rolfsii* y *Pythium aphanidermatum*. En Sinaloa, México. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto in vitro de fosfito de potasio sobre el crecimiento radial, con las siguientes variables: crecimiento de

micelio, producción de biomasa, esclerocios de *Athelia rolfsii* y oosporas de *Pythium aphanidermatum*, para lo cual se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones (una caja Petri por repetición) por tratamiento. Como resultado se obtuvo que todas las c1Intraciones probadas de FP tuvieron efecto fungistático significativo ( $P \leq 0.05$ ) sobre *P. aphanidermatum*, y el decremento en el crecimiento fue de 42.8, 57.9, 65.1, 68.3, 70.9 y 76.8% en relación al crecimiento radial en el testigo. Todas las c1Intraciones probadas de FP tuvieron efecto fungistático sobre *A. rolfsii*. Después de 72 hds la disminución del crecimiento con fosfito de potasio fluctuó entre el 15 y 21.3%. Ninguna de las c1Intraciones de fosfito de potasio probadas inhibió por completo el crecimiento radial de *A. rolfsii*, sin embargo, la producción de biomasa resultó significativamente menor ( $P \leq 0.05$ ) por efecto del FP, las reducciones en comparación con el testigo. Por otra parte, el fosfito de potasio también originó disminución del crecimiento radial y producción de biomasa, y evitó la formación de esclerocios de *Athelia rolfsii*. En conclusión, el fosfito de potasio disminuyó in vitro el crecimiento radial del micelio y la producción de biomasa, e impidió la producción de oosporas en *Pythium sp.* y de esclerocios de *Athelia rolfsii*.

### **1.3 Justificación del proyecto**

Actualmente en Guatemala, se tienen cultivadas 20,370 hectáreas de papa, obteniendo rendimientos promedios de 24.91 t/ha. Se estima que el cultivo se produce comercialmente en 10 departamentos del país. La producción nacional genera 13,278 empleos rurales permanentes (Arango, 2018). La superficie que se cosecha anualmente del cultivo en el municipio de San Martín Sacatepéquez, es de 400 hectáreas, generando ingresos a 1,256 productores (Segeplán, 2010).

El cultivo de papa se ha convertido en una tradición de importancia económica para el municipio, ya que se cultiva durante todos los años. En la última década, se ha tenido el problema en la inestabilidad de la producción del cultivo, las causas pueden derivarse de varios factores

como; ambientales, calidad de semilla, fertilidad del suelo, ataque de plagas y enfermedades, entre otros. Como efecto a lo mencionado se obtienen bajos rendimientos que afectan directamente la rentabilidad del cultivo y la economía de los productores.

Dentro de las alternativas que ofrece la agricultura moderna para mejorar el rendimiento de los cultivos y contrarrestar algunos problemas fitopatológicos y ambientales, es la utilización de bioestimulantes y elicitores. El uso de elicitores como el fosfito de potasio, ha favorecido a la inducción de procesos fisiológicos, como la generación de fitoalexinas, absorción y translocación de nutrientes y tolerancia ante estrés biótico o abiótico.

Según Canelos & Pusdá (2017), las aplicaciones de fosfito potásico en mezcla con el fungicida mandipropamid, sobre el cultivo de papa, presentó una menor severidad de ataque de tizón tardío, obteniendo el mayor rendimiento equivalente a 46.34 t/ha.

Debido a los factores bióticos o abióticos que puede afectar el rendimiento del cultivo de papa, se propuso adaptar aplicaciones vía foliar de fosfito de potasio comparado con un testigo sin aplicaciones de fosfito, determinando así, el efecto sobre el rendimiento y sanidad del cultivo de papa.

## **1.4 Objetivos del proyecto**

### ***1.4.1 General***

Conocer el efecto del fosfito de potasio aplicado al follaje en el cultivo de papa, San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango.

### ***1.4.2 Específicos***

Determinar el efecto del fosfito de potasio sobre el rendimiento en kg/ha del cultivo de papa; San Martin Sacatepéquez, Quetzaltenango.

Determinar el efecto del fosfito de potasio sobre el crecimiento vegetativo (altura de la planta y diámetro del tallo) de la planta, en el cultivo de papa; San Martin Sacatepéquez, Quetzaltenango.

Determinar el efecto del fosfito de potasio sobre el porcentaje de incidencia de Tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa; San Martin Sacatepéquez, Quetzaltenango.

Realizar un análisis económico a través de presupuestos parciales de los tratamientos evaluados en el cultivo de papa.

## **2. DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **2.1 Descripción del proyecto**

#### ***2.1.1 Contexto del proyecto***

En el municipio de San Martín Sacatepéquez, la agricultura es una de las principales actividades económicas, ya que la mayoría de fincas cultivaba maíz blanco y papa, en menor cantidad maíz amarillo y hortalizas. Sin embargo, en lo referente a la producción obtenida en quintales en el año 2010, el cultivo de la papa presentó la mayor producción (67%), seguido por el maíz blanco (12%). La superficie que se cosecha anualmente del cultivo de la papa es de 400 hectáreas en San Martín Sacatepéquez, además se producen 4,829 toneladas métricas por 1,256 productores. La variedad de papa utilizada es “Loman” debido a las características físicas del suelo, que en su mayoría es arenosa y la variedad antes mencionada se adapta bien a ese tipo de suelo (Segeplán, 2010).

En los últimos años, se ha tenido el problema en la inestabilidad de la producción del cultivo, las causas pueden derivarse de varios factores como ambientales, calidad de semilla, fertilidad del suelo, ataque de plagas y enfermedades, entre otros. Como efecto a lo mencionado se obtienen bajos rendimientos, debido a que la planta no expresa su máximo potencial por la influencia de los factores anteriormente mencionados, afectando directamente la rentabilidad del cultivo y la economía de los productores.

Dentro de las alternativas que ofrece la agricultura moderna para mejorar el rendimiento de los cultivos y contrarrestar algunos problemas fitopatológicos y ambientales, es la utilización de bioestimulantes y elicitores. El uso de elicitores como el fosfito de potasio, ha favorecido a la inducción de procesos fisiológicos, como la generación de fitoalexinas, absorción y translocación de nutrientes y tolerancia ante estrés biótico o abiótico.

Según Canelos & Pusdá (2017), en su investigación titulada efecto del fosfito potásico en el control de tizón tardío en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), las aplicaciones de fosfito potásico + mandipropamid (fungicida), sobre la variedad única de papa, presentó la menor severidad de tizón tardío y el mayor rendimiento en el cultivo, obteniendo un rendimiento de 46.34 t/ha.

Debido a los factores bióticos o abióticos que puede afectar el rendimiento del cultivo de papa, se propuso adaptar aplicaciones vía foliar de fosfito de potasio comparado con un testigo sin aplicaciones de fosfito, determinando así, el efecto sobre el rendimiento y sanidad del cultivo de papa.

### ***2.1.2 Tipo de proyecto***

Los fosfitos en la agricultura actúan como elicitores, mejorando la sanidad vegetal, ya que presentan un efecto fungicida frente a hongos del grupo de los oomicetos, son transportadores de nutrientes como potasio, calcio, entre otros; también son anti estresantes y una excelente fuente de fósforo en el suelo a mediano plazo (tres a cuatro meses) una vez que se transforma a fosfato, siendo utilizado en varios cultivos de importancia económica a nivel mundial, logrando obtener mejores rendimientos.

Por tal motivo se realizó un proyecto de adaptación de aplicaciones de fosfito de potasio en el cultivo de papa, dando a conocer los beneficios que este compuesto puede dar a los productores del municipio de San Martín, Sacatepéquez, mediante las variables de medición como lo son: crecimiento vegetativo (altura de la planta y diámetro del tallo), rendimiento en kg/ha y se realizó un análisis económico, mediante la relación beneficio costo.

### 2.1.3 Tamaño del proyecto

El proyecto se realizó en la parcela de un productor de papa, del municipio de San Martín, Sacatepéquez, Quetzaltenango. Debido al tipo de estudio y del cultivo se procedió a trabajar con dos parcelas brutas, una con aplicaciones de fosfito de potasio y otra sin aplicaciones. El área utilizada fue de 441 m<sup>2</sup>, comprendiendo dos parcelas de 220.5 m<sup>2</sup> cada una. Las dimensiones de cada parcela fueron de 21 m \* 10.5 m. El distanciamiento establecido dentro de la plantación fue de 0.60 m entre surcos y 0.25 metros entre plantas, contemplando una densidad de 1,470 plantas por parcela, 2,940 plantas en total. Ver croquis de campo.

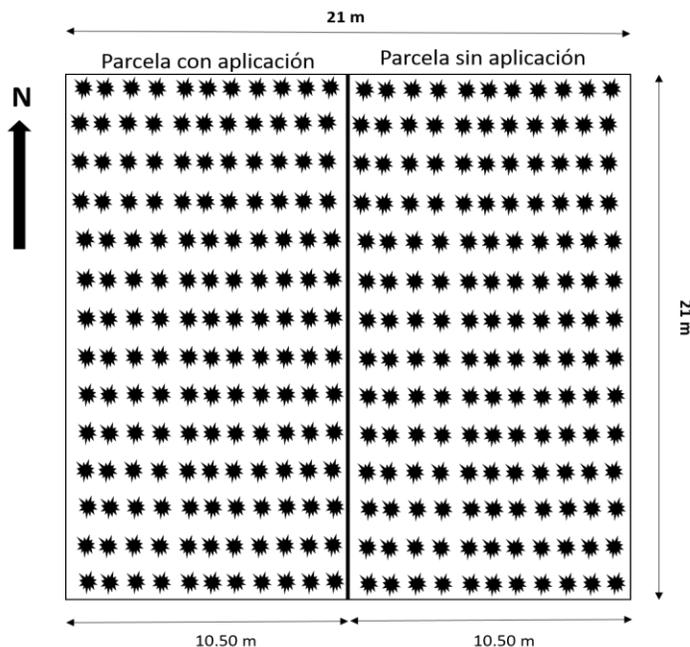
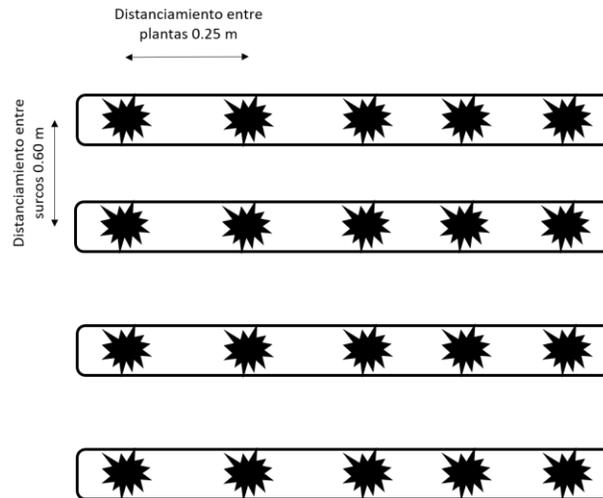


Figura 1. Croquis de campo, efecto del Fosfito de potasio sobre el rendimiento del cultivo de papa; San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango.

**Referencia:** T1= Fosfito de potasio (4% de N, 37.8% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 17.5 % de K<sub>2</sub>O) con dosis de 1 lt/ha; T2= Sin aplicaciones de fosfito de potasio (manejo tradicional del productor)



*Figura 2.* Distanciamiento entre plantas y surcos, efecto del Fosfito de potasio sobre el rendimiento del cultivo de papa; San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango.

#### **2.1.4 Descripción de la localización del proyecto**

La comparación se realizó en el municipio de San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, ubicado a una distancia de 19 kilómetros de la cabecera departamental y 220 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala. La ubicación cartográfica es; latitud norte  $14^{\circ}49'22''$  y longitud oeste de  $91^{\circ}38'33''$ , el municipio se encuentra a 2,490 metros sobre el nivel del mar (Segeplán, 2010).

La precipitación pluvial es anual y oscila entre 2,000 a 4,000 milímetros, el tiempo de lluvia es de mayo a octubre con un promedio de 150 días, con mayor precipitación durante los meses de junio a septiembre y los meses más secos son diciembre, enero y febrero. Los vientos predominantes son en el mes de noviembre, acompañados de llovizna con brisa ligera, a una velocidad de seis a 11 kilómetros por hora, de dos a cuatro metros por segundo.

El clima está definido por la temperatura media anual y templada; en la parte norte es frío, con promedio que oscilan entre cinco y quince grados centígrados, con niebla frecuente que empieza a azotar cerca del mediodía en época seca (enero a abril) y desde temprano en época lluviosa. En la parte sur donde inicia la boca costa, es templado con temperaturas promedio que oscilan entre 15 y 25 grados.

La topografía del municipio, se considera en la mayoría de los casos irregular con relieves ondulantes que ocupan aproximadamente un 60% del territorio, así como quebrados con fuertes pendientes, especialmente en los cerros y montañas; presenta además un declive hacia el sur que asociado con su textura (arenosa), favorecen la erosión de los suelos en un alto grado; se considera que existen pendientes desde 10 hasta el 100%; en algunos casos se utilizan terrenos con pendientes altas para cultivos agrícolas.

De acuerdo a la clasificación de suelos el municipio cuenta con suelos franco-arenosos para el área del altiplano donde se cultiva las hortalizas y en la boca costa suelo profundo de textura mediana, bien drenados, donde generalmente se cultiva el café; éste pertenece al declive del pacífico, caracterizado por un relieve ondulado y fuertemente inclinado, drenaje rápido; el suelo superficial es de color gris oscuro, textura y consistencia de arena franca suelta, un espesor aproximado de 10 cm., el subsuelo es de ceniza volcánica. Por sus características y topografía quebrada estos son de vocación forestal (Ríos, 2004).

### **2.1.5 Procedimientos**

**a. Material de estudio.** El material de estudio fue la planta de papa (*Solanum tuberosum*). La papa pertenece a la familia de floríferas de las solanáceas, del género *Solanum*, formado por otras mil especies por lo menos, como el tomate y la berenjena. El *Solanum tuberosum* se divide en dos subespecies apenas diferentes: la indígena, adaptada a condiciones de días breves, cultivada principalmente en Los Andes, y *tuberosum*, la variedad que hoy se cultiva en todo el mundo y se piensa que descende de una pequeña introducción en Europa de papas indígena, posteriormente adaptadas a días más prolongados (Chávez E. , 2017).

**b. Descripción del tratamiento a evaluar.** El tratamiento que se evaluó fueron las aplicaciones de fosfito de potasio, el nombre comercial es DP98, con una concentración de 4% de N, 37.8% de  $P_2O_5$  y 17.5 % de  $K_2O$ . La dosis técnica recomendada por el fabricante en el cultivo de papa, es de un litro por hectárea. Los tratamientos a comparar fueron: un programa fitosanitario nutricional + aplicaciones de fosfito de potasio y un programa testigo (programa fitosanitario nutricional del productor sin aplicaciones de fosfito de potasio).

Para el tratamiento, se realizaron cinco aplicaciones de fosfito de potasio, con intervalos de 15 días.

**c. Diseño de los tratamientos.** El análisis de las aplicaciones de fosfito de potasio, se realizaron a través de comparación de dos muestras (Muestras independientes). Para el proyecto propuesto en la parcela con aplicaciones, se utilizó fosfito de potasio con el nombre comercial de DP98, a una concentración de 4% de N, 37.8% de  $P_2O_5$  y 17.5 % de  $K_2O$  y en la parcela testigo no se realizaron aplicaciones de fosfito de potasio. La prueba T corregida para muestras independientes con varianzas diferentes, es aplicable en el caso que las observaciones de la muestra uno y muestra dos, no dependan del mismo tratamiento (Balzarini, Di Rienzo, Tablada, Gonzalez, & Bruno, 2011).

#### **d. Manejo del proyecto.**

**d.1. selección del lugar.** Para la ejecución del proyecto, se consideraron factores claves para garantizar datos verídicos con el menor error posible, considerando las siguientes características: topografía del terreno, no mayor al 10%, orientación del terreno para obtener uniformidad en las horas luz y buen acceso para facilitar todos los trabajos correspondientes. La selección del lugar se realizó en el mes de enero del año 2020.

**d.2. Preparación del suelo.** Para la preparación del terreno, se tomaron en cuenta las condiciones del suelo (textura y estructura), por lo general, los suelos del municipio se caracterizan por ser franco-arenosos, por lo que se tomó en cuenta únicamente el barbecho manual, con la finalidad de eliminar todo tipo de maleza, aeración al suelo, volteo de suelo para exponer plagas y tener un control natural. Esta actividad también ayudó a homogenizar las condiciones edáficas del suelo, para la obtención de un mejor enraizamiento de la semilla y una brotación uniforme de la planta. Cabe mencionar que, en esta etapa, se realizó la recolección de materia orgánica (broza), para su incorporación al momento de la siembra sobre la zanja; se utilizó aproximadamente 40 sacos en 441 m<sup>2</sup>, equivalente a un peso por saco de 12 kg, incorporando aproximadamente 10,560 kg/ha.

**d.3. Establecimiento del cultivo.** Para el establecimiento del cultivo, se realizó una zanja de 0.30 metros de profundidad y 0.60 metros entre zanjas o surcos. Luego se colocó la semilla (tubérculo) sobre la zanja con distanciamientos entre tubérculos de 0.25 m. Después de haber depositada la semilla, se procedió a la aplicación del fertilizante granulado triple 15 (N 15%-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 15%-K<sub>2</sub>O 15%) a una dosis de 1,030.61 kg/ha, como fertilizante de fondo, la aplicación del fertilizante se realizó de forma localizada, a un costado de la semilla (tubérculo). Luego se realizó una aplicación asperjada sobre la semilla, dentro de la zanja de una mezcla de oxamyl al 24% a dosis de 1.1 litros por hectárea; azoxystrobin 50%, a dosis de 0.22 kg/ha y zinc al 70% a dosis de 0.5 litros por hectárea. Posteriormente se procedió a la aplicación de materia orgánica, para el tapado de la semilla a dosis de 10,560 kg/ha, complementando el tapado total de la semilla con tierra. Esta actividad se realizó durante el mes de febrero del año 2020.

**d.4 Riego.** El riego fue fundamental en la ejecución del proyecto, debido a que el proyecto fue establecido en época seca (enero-mayo), para esta actividad, se implementó un sistema de riego por aspersión, realizando la primera aplicación momentos después de la culminación de la siembra,

siendo la misma fecha del 15 de febrero del año 2020. Cabe mencionar que el intervalo del suministro de riego fue cada tres días.

**d.5. Control de malezas.** Debido a que el cultivo emerge del suelo aproximadamente a los 20 días después de la siembra, fue necesario la aplicación de herbicida sellante selectivo para el cultivo de papa, a base de metribuzin al 48%, este producto fue aplicado a los 10 días después del trasplante. Esta actividad se realizó en el mes de febrero del año 2020.

**d.6. Fertilización.** Para la fertilización, es importante mencionar que la primera aplicación de fertilizante químico se realizó al momento de la siembra, con una fertilización de fondo con triple 15 (N 15%-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 15%-K<sub>2</sub>O 15%) granulado a una dosis de 1,030.61 kg/ha y la segunda aplicación se realizó a los 40 días después de la siembra, con la aplicación nuevamente de triple 15 (N 15%-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 15%-K<sub>2</sub>O 15%) granulado a una dosis de 1,030.61 kg/ha. estas actividades se realizaron en febrero y marzo del año 2020.

**d.7. Picado.** Esta práctica normalmente se realiza a los 25 a 30 días después de la siembra, con el objetivo de aflojar la superficie del suelo, para favorecer la aeración y el desarrollo de un buen sistema radicular, así como también el desarrollo de los estolones que posteriormente serán los tubérculos y mejorando el desarrollo vegetativo de la planta. Esta actividad se realizó en el mes de marzo de 2020.

**d.8. Control de plagas y enfermedades.** Para el control de plagas y enfermedades, se utilizaron productos para el control de las plagas como insecticidas, esto se realizó en bloques dirigidos a plagas que más afectan en la zona y fungicidas con enfoque preventivo, para evitar problemas de enfermedades (Ver tablas 33 y 34 en anexos). Para las aplicaciones de fungicidas e insecticidas, las aplicaciones fueron realizadas a intervalos de ocho días.

**d.9. Aplicaciones de fosfito de potasio.** Las aplicaciones de fosfito de potasio se realizaron con intervalos de 15 días, realizando un total de cinco aplicaciones, la primera aplicación se realizó

cuando la plantación de papa alcanzó un 90% de emergencia en el suelo y se realizaron cinco aplicaciones en todo el ciclo del cultivo. Las aplicaciones de fosfito se hicieron en combinación de fungicidas, insecticidas o foliares, según el plan de aplicaciones.

**d.10. Aporque.** El aporque o calza, se realizó a los 40 días después de la siembra, esta actividad consistió en colocar cierta cantidad de tierra sobre la base de la planta, para evitar problemas de acame por fuertes vientos o lluvias, incluso por el crecimiento de la planta, la altura recomendada del aporque es de 0.30 metros.

**d.11. Defoliación.** Esta actividad se realizó cuando la planta de papa alcanzó el proceso de senescencia o maduración, observando el cambio de coloración del follaje de verde oscuro a clorosis. Se procedió a cortar el follaje total al ras del suelo, mediante la utilización de machete.

**d.12. Toma de datos.** Está actividad consistió en el registro de los datos obtenidos de los indicadores agronómicos de las plantas seleccionadas, registro de las aplicaciones realizadas y el rendimiento obtenido del proyecto. La actividad se empezó a realizar a partir del inicio del proyecto hasta su finalización.

## **2.2 Indicadores y medios de verificación**

### **2.2.1 Indicadores de rendimiento**

**a. Rendimiento en kilogramos por hectárea.** Para obtener el rendimiento en kilogramos por hectárea se procedió a tomar el rendimiento por cada punto de muestreo, equivalente a cinco plantas, en cada parcela (tratamiento y testigo) se marcaron 10 puntos de muestreo. Se procedió a cosechar las cinco plantas en cada punto de muestreo, realizando la clasificación correspondiente según la calidad del tubérculo, se determinaron tres clasificaciones; tubérculos de primera, de segunda y de tercera, con la ayuda de una balanza de reloj se procedió a tomar los datos de peso en kg de cada clasificación según la calidad anteriormente mencionada. Una vez obtenido el resultado

del peso real en cada punto de muestreo de cada parcela, se procedió a realizar una proyección sobre el rendimiento esperado para una hectárea. Para la medición de este indicador, se utilizó una balanza de reloj.

**b. Producción promedio por planta.** Este dato se obtuvo al momento de la cosecha, para ello se tomó la lectura de las cinco plantas en cada punto de muestreo en ambas parcelas, con la ayuda de una balanza de reloj, se procedió a pesar el rendimiento de la producción de cada planta, según la clasificación del tubérculo, después de la obtención del peso y clasificación del tubérculo de las cinco plantas de cada punto de muestreo, se realizó el cálculo del promedio por plantas, en este caso se tomó el peso total del punto de muestro y se dividió dentro de cinco plantas, obteniendo así el resultado de la variable producción promedio por planta. Para la medición de este indicador, se utilizó una balanza de reloj.

### ***2.2.2 Indicadores de crecimiento vegetativo***

**a. Altura por planta (m).** Para la obtención de este indicador y para evitar sesgos en la primera lectura, se procedió a marcar 10 puntos de muestreo en cada parcela (tratamiento y testigo), cada punto de muestreo consistió en cinco plantas, en las cuales se realizó la lectura de la altura por planta a los 30 días, 50 días y 70 días después de la siembra, con la finalidad de observar el crecimiento en altura de la planta. Esta actividad se realizó en ambas parcelas. Para la obtención de este indicador se utilizó una cinta métrica.

**b. Diámetro del tallo (mm).** Este dato es muy importante en el cultivo de papa, para ello se realizó mediciones a los 30 días, 50 días y 70 días después de la siembra, cabe mencionar que las plantas que fueron medidas para obtener este indicador, fueron las mismas plantas y tallos

muestreados y marcados para la obtención de la altura por planta. La lectura del diámetro del tallo en milímetros, se obtuvo a 10 centímetros de altura sobre la base del tallo, obteniendo así la lectura en las cinco plantas de cada punto de muestreo en ambas parcelas, luego se procedió a sacar un promedio en cada punto de muestreo. Para la obtención de este indicador se utilizó un vernier.

**c. Número de tallos por planta.** Al igual que la obtención de las lecturas de altura por planta y diámetro del tallo, este indicador se obtuvo en los mismos puntos de muestreo, se procedió a contar el número de tallos por planta. Estas lecturas se realizaron a los 30, 50 y 70 días después de la siembra. Para este indicador se utilizó el número promedio de tallos por planta de cada punto de muestreo en ambas parcelas (tratamiento y testigo).

### ***2.2.3 Incidencia de tizón tardío***

**a. Porcentaje de incidencia de tizón tardío.** Para la determinación del porcentaje de incidencia de tizón tardío, se procedió a muestrear las cinco plantas en cada punto de muestreo, determinando la presencia o incidencia de tizón tardío, esta actividad se realizó en ambas parcelas. La primera lectura o toma de datos se realizó a los 40 días después de la siembra y la segunda lectura para determinar esta variable se realizó a los 70 días después de la siembra.

### ***2.2.4 Indicadores económicos***

**a. Costos totales por hectárea.** Para el cálculo de los costos totales por hectárea, se consideraron todos los costos en inversión realizados durante el ciclo del cultivo, esto incluye, costo de materiales e insumos, mano de obra, arrendamiento del terreno y otros costos a incluir

dentro del proceso de producción. Se procedió a cuantificar los costos de cada parcela (tratamiento y testigo), luego se realizó una proyección por hectárea.

**b. Rentabilidad.** La rentabilidad se obtuvo a partir del total del rendimiento obtenido por cada parcela, multiplicado por el precio actual del mercado, obteniendo el ingreso bruto y con el cálculo de los costos de producción, se realizó la relación siguiente:  $\text{Rentabilidad} = ((\text{ingreso bruto} - \text{costo}) / \text{ingreso bruto}) * 100$ . Este cálculo se realizó para la determinación de la rentabilidad en ambas parcelas.

## **2.3 Metodología de evaluación del proyecto**

### **2.3.1 Indicadores de resultados**

**a. Indicadores de logros.** Las aplicaciones de fosfito de potasio reflejaron una mejora significativa en la producción de papa en el área aplicada. La aplicación de fosfito de potasio mejoró la sanidad y nutrición de la planta, como efecto se observó una planta con un mayor crecimiento vegetativo en altura, al igual que un mayor diámetro de tallo, como consecuencia una mayor producción del cultivo.

**b. Indicadores de actividad.** Se realizaron las actividades descritas con anterioridad, documentando todos los procesos durante todo el ciclo del cultivo, logrando plasmar en un documento técnico las actividades que se realizaron durante la producción del cultivo de papa, incluyendo la adaptación de las aplicaciones de fosfito de potasio. Para este indicador, se tuvo la presencia del productor dueño de la parcela y otros técnicos que se involucraron en el proyecto de adaptación de aplicaciones de fosfito de potasio.

**c. Indicadores de impacto.** Las aplicaciones de fosfito de potasio en el cultivo de papa generan buenos resultados en cuanto a rendimiento y la relación beneficio costo es positivo a la adaptación de estas aplicaciones, con ello se logró documentar los beneficios de los fosfitos de potasio en una región con alto potencial productivo de este cultivo, presentando una alternativa más para la obtención de un mayor rendimiento en una misma cantidad de área de producción.

### ***2.3.2 Indicadores de gestión***

**a. Indicadores de procesos.** Se socializó el proyecto con el productor propietario de la parcela donde se ejecutaron las aplicaciones, determinando los lineamientos que se llevaron a cabo para la ejecución correcta del proyecto de adaptación de aplicaciones foliares de fosfito de potasio. Se le dio un seguimiento constante a la ejecución del proyecto para que el productor se haya empoderado de todo el proceso realizado.

**b. Indicadores de recursos.** Los recursos necesarios utilizados para la realización del proyecto fueron provistos por el productor, en el caso de la compra del fosfito de potasio se realizó a través del interesado del proyecto. En el caso de los insumos como semillas, fertilizantes, plaguicidas, mano de obra, herramientas, mochila de inyección, entre otros, los suministró el productor. El titular del proyecto ayudó con el desempeño técnico para la realización del proyecto, seguimiento desde su inicio hasta su finalización.

## **2.4 Presupuesto del proyecto**

Para la elaboración del presupuesto del proyecto, se tomó en consideración todos los costos de producción sobre el área de la parcela a establecer, considerando los costos en insumos y mano de obra. (Ver tablas 31 y 32 en anexo)

## **2.5 Cronograma de trabajo**

El proyecto inició a partir de la fecha 24/01/2020 con las actividades de búsqueda del terreno donde se llevó a cabo el proyecto, y finalizó el 15/06/2020.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Evaluación del proyecto

##### 3.1.1. Aspectos técnicos

**a. Rendimiento en kilogramos por hectárea.** El objetivo de la medición de este indicador, es determinar una diferencia estadística entre el tratamiento y el testigo, sobre el rendimiento en kilogramos por hectárea. Para el análisis de los resultados, se utilizó el método de muestreo en zigzag, con el cual se marcaron 20 puntos de muestreo al azar en ambas parcelas. Cada punto de muestreo consistió en cinco plantas, marcando la base de los tallos con pintura roja antes de la defoliación manual. Los datos obtenidos en cada punto de muestreo, representan el promedio de las lecturas sobre las cinco plantas seleccionadas. Considerando el distanciamiento entre plantas y surcos, se procedió a determinar el área que ocuparon las cinco plantas, realizando una proyección en rendimiento para una hectárea. Los resultados obtenidos en cada punto de muestreo, fueron sometidos a la comparación de dos muestras por medio del cálculo de muestras independientes. A continuación, se presenta el cuadro donde se describe el resultado promedio de cada punto de muestreo al azar en kg/ha, así como también el análisis de ambas muestras para determinar la diferencia estadística de ambos tratamientos.

**Tabla 1.**

*Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable rendimiento en kg/ha de tubérculos de primera, en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (Solanum tuberosum l.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.*

Par	Tratamiento con fosfito de potasio (X <sub>1</sub> )	Testigo sin fosfito de potasio (X <sub>2</sub> )	Diferencia		
			X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>	(X <sub>1</sub> - $\bar{X}_1$ ) <sup>2</sup>	(X <sub>2</sub> - $\bar{X}_2$ ) <sup>2</sup>
<b>1</b>	15,151.52	15,151.52	-	14,692.378	11,518,824.610
<b>2</b>	15,151.52	12,121.21	3,030.30	14,692.378	132,231.405
<b>3</b>	15,757.58	15,757.58	-	235,078.053	16,000,000.000
<b>4</b>	6,060.61	9,090.91	-3,030.30	84,863,177.227	7,111,111.111
<b>5</b>	15,151.52	9,090.91	6,060.61	14,692.378	7,111,111.111
<b>6</b>	9,090.91	9,090.91	-	38,214,876.033	7,111,111.111
<b>7</b>	15,151.52	15,757.58	-606.06	14,692.378	16,000,000.000
<b>8</b>	15,151.52	9,090.91	6,060.61	14,692.378	7,111,111.111
<b>9</b>	13,939.39	10,909.09	3,030.30	1,777,777.778	719,926.538
<b>10</b>	15,757.58	16,363.64	-606.06	235,078.053	21,215,794.307
<b>11</b>	18,181.82	10,909.09	7,272.73	8,462,809.917	719,926.538
<b>12</b>	14,545.45	9,090.91	5,454.55	528,925.620	7,111,111.111
<b>13</b>	15,151.52	12,121.21	3,030.30	14,692.378	132,231.405
<b>14</b>	19,393.94	15,757.58	3,636.36	16,984,389.348	16,000,000.000
<b>15</b>	15,151.52	14,545.45	606.06	14,692.378	7,772,268.136
<b>16</b>	21,212.12	6,060.61	15,151.52	35,276,400.367	32,455,463.728
<b>17</b>	9,090.91	9,090.91	-	38,214,876.033	7,111,111.111
<b>18</b>	7,878.79	15,151.52	- 7,272.73	54,670,339.761	11,518,824.610
<b>19</b>	15,151.52	15,757.58	- 606.06	14,692.378	16,000,000.000
<b>20</b>	16,969.70	9,090.91	7,878.79	2,879,706.152	7,111,111.111
<b>Total</b>	152,727.27	117,575.76	35,151.52		
<b>Media</b>	15,272.72	11,757.57	3,515.15		
<b>S<sup>2</sup></b>	14,866,367.019	10,524,382.582			

**Tabla 2.**

Calculo de *t* de student al cinco por ciento de error para el indicador rendimiento en kg/ha de tubérculos de primera, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.

	<b>SD</b>	<b>S<math>\bar{D}</math></b>	<b>t calculada</b>	<b>t tab 0.05</b>	<b>Significancia</b>
<b>FC-FT</b>	12695374.801	1126.74	3.120*	2.0246	*

N=20

\*Existe diferencia estadística significativa.

Ttab= gl; 2(N-1), 5%.

En la tabla uno, se observa una diferencia promedio de 3,515.15 kg/ha de tubérculo de primera a favor del tratamiento con aplicaciones de fosfito de potasio, en comparación al testigo sin aplicaciones de fosfito. Considerando un nivel de significancia del cinco por ciento, estadísticamente se refleja en la tabla dos, que la *t* calculada con un valor de 3.120 es mayor que la *t* tab 0.05 con valor de 2.0246, esto significa que se rechaza la hipótesis nula ( $\mu D=0$ ), por lo tanto, las aplicaciones de fosfito de potasio influyen sobre el rendimiento en kg/ha en la producción de tubérculos de primera calidad en el cultivo de papa. El rendimiento es mayor en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio, debido a que las plantas obtuvieron un mayor crecimiento en altura y mayor crecimiento en diámetro del tallo, así como también una mejor sanidad de las plantas (Ver tabla 29), dando como resultado un incremento en la producción.

Según Canelos & Pusedá (2017), en su investigación titulada Efecto del fosfito potásico en el control de tizón tardío en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), se obtuvo como resultado un mayor rendimiento en el tratamiento fosfito potásico + mandipropamid, con una media de 46.34 t/ha.

**Tabla 3.**

*Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable rendimiento en kilogramos por hectárea de tubérculos de segunda, en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.*

Par	Tratamiento con fosfito de potasio (X <sub>1</sub> )	Testigo sin fosfito de potasio (X <sub>2</sub> )	Diferencia		
			X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>	(X <sub>1</sub> - $\bar{X}_1$ ) <sup>2</sup>	(X <sub>2</sub> - $\bar{X}_2$ ) <sup>2</sup>
1	6,060.61	3,030.30	3,030.30	91,827.365	367,309.458
2	3,030.30	3,030.30	-	7,438,016.529	367,309.458
3	3,030.30	3,030.30	-	7,438,016.529	367,309.458
4	6,060.61	3,030.30	3,030.30	91,827.365	367,309.458
5	3,030.30	3,030.30	-	7,438,016.529	367,309.458
6	3,030.30	3,030.30	-	7,438,016.529	367,309.458
7	3,030.30	3,030.30	-	7,438,016.529	367,309.458
8	1,818.18	3,030.30	-1,212.12	15,518,824.610	367,309.458
9	3,030.30	3,636.36	-606.06	7,438,016.529	0.000
10	9,090.91	3,030.30	6,060.61	11,111,111.111	367,309.458
11	6,060.61	4,848.48	1,212.12	91,827.365	1,469,237.833
12	3,030.30	4,242.42	-1,212.12	7,438,016.529	367,309.458
13	3,030.30	3,030.30	-	7,438,016.529	367,309.458
14	3,030.30	3,030.30	-	7,438,016.529	367,309.458
15	3,030.30	3,030.30	-	7,438,016.529	367,309.458
16	9,090.91	3,636.36	5,454.55	11,111,111.111	0.000
17	9,090.91	4,848.48	4,242.42	11,111,111.111	1,469,237.833
18	3,030.30	3,030.30	-	7,438,016.529	367,309.458
19	9,090.91	3,030.30	6,060.61	11,111,111.111	367,309.458
20	9,090.91	3,636.36	5,454.55	11,111,111.111	0.000
<b>Total</b>	57,575.76	36,363.64	21,212.12		
<b>Media</b>	5,757.576	3,636.364	2,121.212		
<b>S<sup>2</sup></b>	8,061,476.004	444,637.765			

**Tabla 4.**

Calculo de *t* de student al cinco por ciento de error para el indicador rendimiento en kg/ha de tubérculos de segunda, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.

	<b>SD</b>	<b>S<math>\bar{D}</math></b>	<b>t calculada</b>	<b>t tab 0.05</b>	<b>Significancia</b>
<b>FC-FT</b>	4253056.885	652.15	3.253*	2.0246	*

N=20

\*Existe diferencia estadística significativa.

Ttab= gl; 2(N-1), 5%.

En la tabla tres, se observa una diferencia promedio de 2,121.21 kg/ha de tubérculo de segunda a favor del tratamiento con aplicaciones de fosfito de potasio, en comparación al testigo sin aplicaciones de fosfito. Considerando un nivel de significancia del cinco por ciento, estadísticamente se refleja en la tabla cuatro, que la *t* calculada con un valor de 3.253 es mayor que la *t* tab 0.05 con valor de 2.0246, esto significa que se rechaza la hipótesis nula ( $\mu D=0$ ), por lo tanto, las aplicaciones de fosfito de potasio influyen sobre el rendimiento en kg/ha en la producción de tubérculos de segunda calidad.

**Tabla 5.**

*Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable rendimiento en kilogramos por hectárea de tubérculos de tercera, en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.*

Par	Tratamiento con fosfito de potasio (X <sub>1</sub> )	Testigo sin fosfito de potasio (X <sub>2</sub> )	Diferencia		
			X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>	(X <sub>1</sub> - $\bar{X}_1$ ) <sup>2</sup>	(X <sub>2</sub> - $\bar{X}_2$ ) <sup>2</sup>
<b>1</b>	3,030.30	3,636.36	-606.06	58,769.513	2,115,702.479
<b>2</b>	3,030.30	12,121.21	-9,090.91	58,769.513	49,425,160.698
<b>3</b>	3,030.30	3,636.36	-606.06	58,769.513	2,115,702.479
<b>4</b>	6,060.61	3,636.36	2,424.24	7,772,268.136	2,115,702.479
<b>5</b>	3,030.30	9,090.91	-6,060.61	58,769.513	16,000,000.000
<b>6</b>	2,424.24	3,030.30	-606.06	719,926.538	4,246,097.337
<b>7</b>	3,030.30	4,242.42	-1,212.12	58,769.513	719,926.538
<b>8</b>	1,212.12	3,030.30	-1,818.18	4,246,097.337	4,246,097.337
<b>9</b>	6,060.61	3,030.30	3,030.30	7,772,268.136	4,246,097.337
<b>10</b>	4,242.42	4,848.48	-606.06	940,312.213	58,769.513
<b>11</b>	3,636.36	3,030.30	606.06	132,231.405	4,246,097.337
<b>12</b>	4,848.48	6,060.61	-1,212.12	2,483,011.938	940,312.213
<b>13</b>	3,030.30	4,242.42	-1,212.12	58,769.513	719,926.538
<b>14</b>	2,424.24	6,060.61	-3,636.36	719,926.538	940,312.213
<b>15</b>	3,030.30	2,424.24	606.06	58,769.513	7,111,111.111
<b>16</b>	3,030.30	9,090.91	-6,060.61	58,769.513	16,000,000.000
<b>17</b>	3,030.30	9,090.91	-6,060.61	58,769.513	16,000,000.000
<b>18</b>	3,636.36	3,030.30	606.06	132,231.405	4,246,097.337
<b>19</b>	3,030.30	3,636.36	-606.06	58,769.513	2,115,702.479
<b>20</b>	3,030.30	4,242.42	-1,212.12	58,769.513	719,926.538
<b>Total</b>	32,727.27	50,909.09	-18,181.82		
<b>Media</b>	3,272.727	5,090.909	-1,818.182		
<b>S2</b>	1,345,512.542	7,280,460.103			

**Tabla 6.**

*Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador rendimiento en kg/ha de tubérculos de tercera, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (Solanum tuberosum l.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.*

	<b>SD</b>	<b>S<math>\bar{D}</math></b>	<b>t calculada</b>	<b>t tab 0.05</b>	<b>Significancia</b>
<b>FC-FT</b>	4312986.323	656.73	-2.769*	2.0246	*

N=20

\* Existe diferencia estadística significativa.

Ttab= gl; 2(N-1), 5%.

En la tabla cinco, se observa que el testigo (sin aplicaciones de fosfito), tuvo un mayor rendimiento de tubérculos de tercera calidad, con una diferencia promedio de 1,818.18 kg/ha, considerando este calibre dentro de los no aceptables para los productores de papa, debido a que no llegaron a desarrollarse de la mejor manera y entrar dentro de las dos primeras clasificaciones de mayor rentabilidad. Considerando un nivel de significancia del cinco por ciento, estadísticamente se refleja en la tabla seis, que la t calculada con un valor de -2.769 es mayor a la t tab 0.05, con valor de 2.0246, considerando que la prueba de t de student es de dos colas, esto significa que se rechaza la hipótesis nula ( $\mu D=0$ ), por lo tanto, las aplicaciones de fosfito de potasio influyen sobre la obtención de un menor rendimiento de tubérculos de tercera calidad, esto favorece al productor debido a que los tubérculos de tercera calidad obtienen un menor precio en el mercado.

**b. Producción promedio por planta.** El objetivo de la medición de este indicador, es determinar una diferencia estadística entre el tratamiento y el testigo, sobre el rendimiento promedio por planta en cada punto de muestreo. Para el análisis de los resultados, se utilizó el método de muestreo en zigzag, cada punto de muestreo consistió en cinco plantas, marcando la

base de los tallos con pintura roja antes de la defoliación manual. Los datos obtenidos en cada punto de muestreo fueron divididos dentro el número de plantas de cada punto de muestreo. Los resultados obtenidos en cada punto de muestreo, fueron sometidos a la comparación de dos muestras por medio del cálculo de muestras independientes. A continuación, se presenta el cuadro donde se describe el resultado de producción promedio de cada planta, en cada punto de muestreo al azar en kg, así como también el análisis de ambas muestras para determinar la diferencia estadística de ambos tratamientos.

**Tabla 7.**

*Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable producción promedio por planta en kilogramos, en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.*

Par	Tratamiento con fosfito de potasio ( $X_1$ )	Testigo sin fosfito de potasio ( $X_2$ )	Diferencia		
			$X_1 - X_2$	$(X_1 - \bar{X}_1)^2$	$(X_2 - \bar{X}_2)^2$
<b>1</b>	0.36	0.46	-0.10	0.03	0.01
<b>2</b>	0.45	0.50	-0.05	0.01	0.02
<b>3</b>	0.45	0.46	-0.01	0.01	0.01
<b>4</b>	0.27	0.24	0.03	0.08	0.02
<b>5</b>	0.36	0.36	0.00	0.03	0.00
<b>6</b>	0.35	0.27	0.08	0.04	0.01
<b>7</b>	0.45	0.38	0.07	0.01	0.00
<b>8</b>	0.27	0.27	0.00	0.08	0.01
<b>9</b>	0.32	0.46	-0.14	0.05	0.01
<b>10</b>	0.47	0.44	0.03	0.01	0.00
<b>11</b>	0.60	0.53	0.07	0.00	0.02
<b>12</b>	0.48	0.34	0.14	0.00	0.00
<b>13</b>	0.45	0.29	0.16	0.01	0.01
<b>14</b>	0.76	0.41	0.35	0.05	0.00
<b>15</b>	0.55	0.35	0.20	0.00	0.00
<b>16</b>	0.50	0.28	0.22	0.00	0.01
<b>17</b>	0.45	0.35	0.10	0.01	0.00
<b>18</b>	0.46	0.50	-0.04	0.01	0.02
<b>19</b>	0.64	0.42	0.22	0.01	0.00
<b>20</b>	0.55	0.30	0.25	0.00	0.01
<b>Total</b>	5.44	3.77	1.67		
<b>Media</b>	0.54	0.38	0.17		
<b>S2</b>	0.02	0.01			

**Tabla 8.**

*Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador producción promedio por planta en kilogramos, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.*

	<b>SD</b>	<b><math>\bar{SD}</math></b>	<b>t calculada</b>	<b>t tab 0.05</b>	<b>Significancia</b>
<b>FC-FT</b>	0.015	0.04	4.288*	2.0246	*

N=20

\*Existe diferencia estadística significativa.

Ttab= gl; 2(N-1), 5%.

El indicador de producción promedio por planta, es un dato obtenido directamente de los 20 puntos de muestreo que se realizó en el proyecto, los datos obtenidos reflejan el rendimiento promedio en kilogramos, de las cinco plantas cosechadas en cada punto de muestreo, mostrando la diferencia entre el tratamiento con aplicaciones de fosfito de potasio y el tratamiento sin aplicaciones de fosfito. En la tabla siete, se logra apreciar una diferencia promedio entre tratamientos de 0.17 kilogramos por planta a favor del tratamiento con aplicaciones de fosfito de potasio, esto significa que, en un punto de muestreo de cinco plantas, se puede obtener 0.85 kilogramos más en producción considerando una densidad de 66,666 plantas por hectárea, se puede obtener un incremento en rendimiento aproximadamente de 11,333.22 kg/ha.

Considerando un nivel de significancia del cinco por ciento, estadísticamente se refleja en la tabla ocho, que la t calculada con un valor de 4.288 es mayor que la t tab 0.05 con valor de 2.0246, esto significa que se rechaza la hipótesis nula ( $\mu D=0$ ), por lo tanto, las aplicaciones de fosfito de potasio influyen de manera significativa sobre la producción promedio por planta.

**c. Altura por planta (cm).** El objetivo de la medición de este indicador, es determinar una diferencia estadística entre el tratamiento y el testigo, sobre el crecimiento vertical de la planta. Para el análisis de los resultados sobre la altura de la planta, se utilizó el método de muestreo en zigzag, con el cual se marcaron 10 puntos de muestreo al azar en ambas parcelas. Cada punto de muestreo consistió en cinco plantas, marcándolas con cintas de plástico y así identificar las mismas plantas para la obtención de datos en cada lectura. Los datos obtenidos en cada punto de muestreo, representan el promedio de las lecturas sobre las cinco plantas seleccionadas, estos mismos resultados fueron sometidos a la comparación de dos muestras por medio del cálculo de muestras independientes. A continuación, se presenta el cuadro donde se describe el resultado promedio de cada punto de muestreo al azar, así como también el análisis de ambas muestras para determinar la diferencia estadística de ambos tratamientos.

**Tabla 9.**

Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable altura por planta (cm), a los 30 días después de la siembra, en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.

Par	Tratamiento con fosfito de potasio (X <sub>1</sub> )	Testigo sin fosfito de potasio (X <sub>2</sub> )	Diferencia		
			X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>	(X <sub>1</sub> - $\bar{X}_1$ ) <sup>2</sup>	(X <sub>2</sub> - $\bar{X}_2$ ) <sup>2</sup>
1	19.60	14.80	4.80	4.16	1.90
2	17.20	17.00	0.20	0.13	0.67
3	19.20	16.40	2.80	2.69	0.05
4	19.60	15.00	4.60	4.16	1.39
5	15.40	16.40	-1.00	4.67	0.05
6	18.00	17.00	1.00	0.19	0.67
7	16.40	15.20	1.20	1.35	0.96
8	15.60	15.40	0.20	3.84	0.61
9	17.40	18.20	-0.80	0.03	4.08
10	17.20	16.40	0.80	0.13	0.05
<b>Total</b>	175.60	161.80	13.80		
<b>Media</b>	17.56	16.18	1.38		
<b>S<sup>2</sup></b>	2.372	1.160			

**Tabla 10.**

Calculo de *t* de student al cinco por ciento de error para el indicador altura por planta (cm), a los 30 días después de la siembra, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.

	SD	$\bar{SD}$	t calculada	t tab 0.05	Significancia
<b>FC-FT</b>	1.766	0.594	2.322*	2.101	*

N=10

\*Existe diferencia estadística entre los tratamientos.

Ttab= gl; 2(N-1), 5%.

En la tabla nueve, se observa una diferencia promedio de 1.38 centímetros a favor del tratamiento con aplicaciones de fosfito de potasio en comparación del testigo sin aplicaciones de

fosfito. Considerando un nivel de significancia del cinco por ciento, estadísticamente se refleja en la tabla 10, que la  $t_{calculada}$  con un valor de 2.322 es mayor que la  $t_{tab 0.05}$  con valor de 2.101, esto significa que se rechaza la hipótesis nula ( $\mu D=0$ ), por lo tanto, las aplicaciones de fosfito de potasio influyen en el crecimiento sobre la altura de la planta en centímetros a los 30 días después de la siembra. La diferencia de 1.38 centímetros a favor de la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio es una diferencia significativa, tomando en cuenta que la lectura se realizó después de la primera aplicación de fosfito.

**Tabla 11.**

*Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable altura por planta (cm), a los 50 días después de la siembra, en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.*

Par	Tratamiento con fosfito de potasio ( $X_1$ )	Testigo sin fosfito de potasio ( $X_2$ )	Diferencia		
			$X_1 - X_2$	$(X_1 - \bar{X}_1)^2$	$(X_2 - \bar{X}_2)^2$
<b>1</b>	27.80	22.80	5.00	3.46	0.36
<b>2</b>	22.80	26.00	-3.20	9.86	14.44
<b>3</b>	25.80	27.20	-1.40	0.02	25.00
<b>4</b>	23.60	20.60	3.00	5.48	2.56
<b>5</b>	28.00	21.00	7.00	4.24	1.44
<b>6</b>	25.60	20.80	4.80	0.12	1.96
<b>7</b>	30.80	19.80	11.00	23.62	5.76
<b>8</b>	23.20	21.80	1.40	7.51	0.16
<b>9</b>	22.80	19.20	3.60	9.86	9.00
<b>10</b>	29.00	22.80	6.20	9.36	0.36
<b>Total</b>	259.40	222.00	37.40		
<b>Media</b>	25.94	22.20	3.74		
<b>S<sup>2</sup></b>	8.169	6.782			

**Tabla 12.**

*Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador altura por planta (cm), a los 50 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (Solanum tuberosum l.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.*

	<b>SD</b>	<b>S<math>\bar{D}</math></b>	<b>t calculada</b>	<b>t tab 0.05</b>	<b>Significancia</b>
<b>FC-FT</b>	7.476	1.223	3.059	2.101	*

N=10

\*Existe diferencia estadística significativa.

Ttab= gl; 2(N-1), 5%.

En la tabla 11, se observa que, de los 10 puntos de muestreo, ocho de ellos mantiene una diferencia positiva a favor del tratamiento con fosfito de potasio, dando como resultado una diferencia promedio de 3.74 centímetros a los 50 días después de la siembra. Con un nivel de significancia del cinco por ciento de error, estadísticamente se determina que las aplicaciones de fosfito de potasio favorecen al crecimiento vertical de la planta, tal como se observa en la tabla 12, donde se determina que el valor de la  $t_{calculada}$  es de 3.059, siendo mayor que el cálculo de la  $t_{tab 0.05}$  con un valor de 2.101, esto quiere decir, que se rechaza la hipótesis nula ( $\mu D=0$ ), y se acepta la hipótesis alternativa ( $\mu D \neq 0$ ), indicando que estadísticamente los tratamientos no son iguales y que existe una diferencia estadística sobre el crecimiento en altura de la planta con las aplicaciones de fosfito de potasio a los 50 días después de la siembra.

Según Flores (2017), el fosfito de potasio participa en la formación de proteínas e hidratos de carbono (almidón y celulosa), mejorando la resistencia a la sequía, heladas y enfermedades, aumenta la resistencia mecánica de los tallos, mejora el sistema radicular, provee floración, llenado

y maduración de los frutos. Estos beneficios pueden relacionarse con el incremento en crecimiento en altura de la planta, tal como se observa en los resultados y análisis estadísticos.

**Tabla 13.**

*Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable altura por planta (cm), a los 70 días después de la siembra, en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (Solanum tuberosum l.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.*

Par	Tratamiento con fosfito de potasio (X <sub>1</sub> )	Testigo sin fosfito de potasio (X <sub>2</sub> )	Diferencia		
			X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>	(X <sub>1</sub> - $\bar{X}_1$ ) <sup>2</sup>	(X <sub>2</sub> - $\bar{X}_2$ ) <sup>2</sup>
1	40.20	26.60	13.60	3.61	18.49
2	35.80	35.40	0.40	6.25	20.25
3	36.80	40.00	-3.20	2.25	82.81
4	36.00	31.80	4.20	5.29	0.81
5	40.40	27.60	12.80	4.41	10.89
6	38.40	29.00	9.40	0.01	3.61
7	41.60	28.20	13.40	10.89	7.29
8	35.00	32.80	2.20	10.89	3.61
9	37.40	23.80	13.60	0.81	50.41
10	41.40	33.80	7.60	9.61	8.41
<b>Total</b>	383.00	309.00	74.00		
<b>Media</b>	38.30	30.90	7.40		
<b>S<sup>2</sup></b>	6.002	22.953			

**Tabla 14.**

*Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador altura por planta (cm), a los 70 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (Solanum tuberosum l.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.*

	SD	S $\bar{D}$	t calculada	t tab 0.05	Significancia
<b>FC-FT</b>	14.478	1.702	4.349*	2.101	*

N=10

\*Existe diferencia estadística significativa.

$T_{tab} = gI; 2(N-1), 5\%$ .

En la tabla 13, se observa que, de los 10 puntos de muestreo, nueve de ellos mantiene una diferencia positiva a favor del tratamiento con fosfito de potasio, dando como resultado una diferencia promedio de 7.40 centímetros a los 70 días después de la siembra. Con un nivel de significancia del cinco por ciento de error, estadísticamente se determina que las aplicaciones de fosfito de potasio favorecen al crecimiento vertical de la planta, tal como se observa en la tabla 14, donde se determina que el valor de la  $t_{calculada}$  es de 4.349, siendo mayor que el cálculo de la  $t_{tab 0.05}$  con un valor de 2.101, esto quiere decir, que se rechaza la hipótesis nula ( $\mu D=0$ ), y se acepta la hipótesis alternativa ( $\mu D \neq 0$ ), indicando que estadísticamente los tratamientos no son iguales y que existe una diferencia estadística sobre el crecimiento en altura de la planta con las aplicaciones de fosfito de potasio a los 70 días después de la siembra.

**d. Diámetro del tallo (mm).** El objetivo de la medición de este indicador, es determinar una diferencia estadística entre el tratamiento y el testigo, sobre el diámetro del tallo de la planta en milímetros. Para el análisis de los resultados sobre el diámetro del tallo, se utilizaron los mismos 10 puntos de muestreo utilizados para la medición de la altura de la planta. Cada punto de muestreo consistió en cinco plantas, marcando un tallo de cada planta con cintas de plástico y así identificar los mismos tallos para la obtención de datos en cada lectura. Para obtener el dato de diámetro del tallo, la lectura se realizó a una altura de 10 centímetros sobre el suelo o base del tallo, con el objetivo de tener un estándar exacto en las lecturas realizadas. Los datos obtenidos en cada punto de muestreo, representan el promedio de las lecturas sobre las cinco plantas seleccionadas, estos mismos resultados fueron sometidos a la comparación de dos muestras por medio del cálculo de

muestras independientes. A continuación, se presenta el cuadro donde se describe el resultado promedio de cada punto de muestreo al azar, así como también el análisis de ambas muestras para determinar la diferencia estadística de ambos tratamientos.

**Tabla 15.**

*Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable diámetro del tallo de la planta (mm), a los 30 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (Solanum tuberosum l.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.*

Par	Tratamiento con fosfito de potasio (X <sub>1</sub> )	Testigo sin fosfito de potasio (X <sub>2</sub> )	Diferencia		
			X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>	(X <sub>1</sub> - $\bar{X}_1$ ) <sup>2</sup>	(X <sub>2</sub> - $\bar{X}_2$ ) <sup>2</sup>
1	8.80	9.00	-0.20	0.64	0.31
2	9.20	10.20	-1.00	0.16	3.10
3	10.00	9.20	0.80	0.16	0.58
4	11.40	9.00	2.40	3.24	0.31
5	9.80	8.40	1.40	0.04	0.00
6	9.20	7.80	1.40	0.16	0.41
7	10.00	7.00	3.00	0.16	2.07
8	10.20	7.40	2.80	0.36	1.08
9	9.20	8.20	1.00	0.16	0.06
10	8.20	8.20	0.00	1.96	0.06
<b>Total</b>	96.00	84.40	11.60		
<b>Media</b>	9.60	8.44	1.16		
<b>S2</b>	0.782	0.887			

**Tabla 16.**

*Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador diámetro del tallo de la planta (mm), a los 30 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (Solanum tuberosum l.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.*

	SD	S $\bar{D}$	t calculada	t tab 0.05	Significancia
<b>FC-FT</b>	0.835	0.409	2.839*	2.101	*

N=10

\*Existe diferencia estadística significativa.

$T_{tab} = gl; 2(N-1), 5\%$ .

En la tabla 15, se observa que, en dos puntos de muestreo, el tratamiento sin aplicaciones de fosfito de potasio presento un mayor diámetro en comparación del tratamiento. En el tratamiento con aplicaciones de fosfito de potasio, se observa que en ocho puntos de muestreo el diámetro fue mayor que el comparativo, dando como resultado una diferencia promedio de 1.16 milímetros en comparación con el testigo sin aplicaciones de fosfito a los 30 días después de la siembra. Con un nivel de significancia del cinco por ciento de error, estadísticamente se determina que las aplicaciones de fosfito de potasio favorecen al crecimiento del diámetro del tallo de la planta en milímetros, tal como se observa en la tabla 16, donde se determina que el valor de la  $t_{calculada}$  es de 2.839, siendo mayor que el cálculo de la  $t_{tab 0.05}$  con un valor de 2.101, esto quiere decir, que se rechaza la hipótesis nula ( $\mu D=0$ ), y se acepta la hipótesis alternativa ( $\mu D \neq 0$ ), indicando que estadísticamente los tratamientos no son iguales y que existe una diferencia estadística sobre el diámetro del tallo de la planta en milímetros con las aplicaciones de fosfito de potasio a los 30 días después de la siembra.

Según Rodríguez (2017), en el ámbito de la nutrición de los cultivos, los fosfitos han actuado como bio-estimulantes. Este efecto es evidente en los cultivos de papa, logrando mayor rendimiento y calidad grado uno, se presentaron más fitoalexinas y quitinasas, se observó una pared celular reforzada de los tallos, se tuvo una mejor emergencia y crecimiento.

**Tabla 17.**

Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable diámetro del tallo de la planta (mm), a los 50 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.

Par	Tratamiento con fosfito de potasio (X <sub>1</sub> )	Testigo sin fosfito de potasio (X <sub>2</sub> )	Diferencia		
			X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>	(X <sub>1</sub> - $\bar{X}_1$ ) <sup>2</sup>	(X <sub>2</sub> - $\bar{X}_2$ ) <sup>2</sup>
1	9.20	10.00	-0.80	1.59	0.61
2	10.20	11.20	-1.00	0.07	3.92
3	11.00	11.00	0.00	0.29	3.17
4	11.80	10.00	1.80	1.80	0.61
5	10.80	9.40	1.40	0.12	0.03
6	10.80	7.80	3.00	0.12	2.02
7	10.60	9.00	1.60	0.02	0.05
8	10.00	7.60	2.40	0.21	2.62
9	9.80	8.60	1.20	0.44	0.38
10	10.40	7.60	2.80	0.00	2.62
<b>Total</b>	104.60	92.20	12.40		
<b>Media</b>	10.46	9.22	1.24		
<b>S<sup>2</sup></b>	0.516	1.782			

**Tabla 18.**

Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador diámetro del tallo de la planta (mm), a los 50 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.

	SD	S $\bar{D}$	t calculada	t tab 0.05	Significancia
<b>FC-FT</b>	1.149	0.479	2.587*	2.101	*

N=10

\*Existe diferencia estadística significativa.

Ttab= gl; 2(N-1), 5%.

Para el análisis de la lectura del diámetro del tallo a los 50 días después de la siembra, se observa en la tabla 17, que la diferencia en los diámetros se mantiene tal como en la lectura de este indicador a los 30 días después de la siembra, con un promedio de 1.24 milímetros mayor con las aplicaciones de fosfito de potasio, en comparación con el testigo sin aplicaciones de fosfito. Con un nivel de significancia del cinco por ciento de error, estadísticamente se determina que las aplicaciones de fosfito de potasio favorecen al crecimiento del diámetro del tallo de la planta en milímetros, tal como se observa en la tabla 18, donde se determina que el valor de la  $t_{calculada}$  es de 2.587, siendo mayor que el cálculo de la  $t_{tab\ 0.05}$  con un valor de 2.101, esto quiere decir, que se rechaza la hipótesis nula ( $\mu D=0$ ), y se acepta la hipótesis alternativa ( $\mu D\neq 0$ ), indicando que existe una diferencia estadística sobre el diámetro del tallo de la planta en milímetros con las aplicaciones de fosfito de potasio a los 50 días después de la siembra, con un valor promedio de 1.24 milímetros a favor del tratamiento con aplicaciones de fosfito de potasio.

**Tabla 19.**

Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable diámetro del tallo de la planta (mm), a los 70 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.

Par	Tratamiento con fosfito de potasio (X <sub>1</sub> )	Testigo sin fosfito de potasio (X <sub>2</sub> )	Diferencia		
			X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>	(X <sub>1</sub> - $\bar{X}_1$ ) <sup>2</sup>	(X <sub>2</sub> - $\bar{X}_2$ ) <sup>2</sup>
1	11.40	11.40	0.00	0.55	0.21
2	11.80	12.20	-0.40	0.12	1.59
3	12.80	11.80	1.00	0.44	0.74
4	12.60	12.20	0.40	0.21	1.59
5	13.20	11.60	1.60	1.12	0.44
6	12.00	9.60	2.40	0.02	1.80
7	12.20	11.00	1.20	0.00	0.00
8	12.60	8.80	3.80	0.21	4.58
9	11.60	11.40	0.20	0.29	0.21
10	11.20	9.40	1.80	0.88	2.37
<b>Total</b>	121.40	109.40	12.00		
<b>Media</b>	12.14	10.94	1.20		
<b>S<sup>2</sup></b>	0.427	1.503			

**Tabla 20.**

Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador diámetro del tallo de la planta (mm), a los 70 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.

	SD	$\bar{SD}$	t calculada	t tab 0.05	Significancia
<b>FC-FT</b>	0.965	0.439	2.732	2.101	*

N=10

\*Existe diferencia estadística significativa.

Ttab= gl; 2(N-1), 5%.

Para el análisis de la lectura del diámetro del tallo a los 70 días después de la siembra, se observa en la tabla 19, que la diferencia en los diámetros se mantiene tal como en la lectura de este indicador a los 30 y 50 días después de la siembra, con un promedio de 1.20 milímetros mayor con las aplicaciones de fosfito de potasio, en comparación con el testigo sin aplicaciones de fosfito. Con un nivel de significancia del cinco por ciento de error, estadísticamente se determina que las aplicaciones de fosfito de potasio favorecen al crecimiento del diámetro del tallo de la planta en milímetros, tal como se observa en la tabla 20, donde se determina que el valor de la  $t_{calculada}$  es de 2.732, siendo mayor que el cálculo de la  $t_{tab\ 0.05}$  con un valor de 2.101, esto quiere decir, que se rechaza la hipótesis nula ( $\mu D=0$ ), y se acepta la hipótesis alternativa ( $\mu D\neq 0$ ), indicando que existe una diferencia estadística sobre el diámetro del tallo de la planta en milímetros con las aplicaciones de fosfito de potasio a los 70 días después de la siembra, con un valor promedio de 1.20 milímetros a favor del tratamiento con aplicaciones de fosfito de potasio.

**e. Número de tallos por planta.** El objetivo de la medición de este indicador, es determinar si las aplicaciones de fosfito de potasio, influyen en el número de tallos por planta, en comparación del testigo sin aplicaciones de fosfito de potasio. Para el análisis de los resultados sobre el número de tallos por planta, se utilizaron los mismos 10 puntos de muestreo utilizados para la medición de la altura de la planta y diámetro del tallo. Para obtener el dato de número de tallos por planta, se procedió a realizar el conteo del número de tallos que poseía cada planta en cada punto de muestreo, luego se procedió a calcular el promedio de tallos por cada punto de muestreo, los resultados fueron sometidos a la comparación de dos muestras por medio del cálculo de muestras independientes. A continuación, se presenta el cuadro donde se describe el resultado promedio de cada punto de muestreo al azar, así como también el análisis de ambas muestras para determinar la diferencia estadística de ambos tratamientos.

**Tabla 21.**

Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable número de tallos por planta, a los 30 días después de la siembra, en la parcela con aplicación de fosfito de potasio y en la parcela sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.

Par	Tratamiento con fosfito de potasio (X <sub>1</sub> )	Testigo sin fosfito de potasio (X <sub>2</sub> )	Diferencia		
			X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>	(X <sub>1</sub> - $\bar{X}_1$ ) <sup>2</sup>	(X <sub>2</sub> - $\bar{X}_2$ ) <sup>2</sup>
1	10.20	6.00	4.20	13.25	0.36
2	7.20	6.00	1.20	0.41	0.36
3	7.60	6.60	1.00	1.08	0.00
4	4.40	4.20	0.20	4.67	5.76
5	7.40	5.80	1.60	0.71	0.64
6	6.20	6.60	-0.40	0.13	0.00
7	6.20	10.00	-3.80	0.13	11.56
8	4.40	5.00	-0.60	4.67	2.56
9	4.60	8.80	-4.20	3.84	4.84
10	7.40	7.00	0.40	0.71	0.16
<b>Total</b>	65.60	66.00	-0.40		
<b>Media</b>	6.56	6.60	-0.04		
<b>S<sup>2</sup></b>	3.287	2.916			

**Tabla 22.**

Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador número de tallos por planta, a los 30 días después de la siembra, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.

	SD	$\bar{SD}$	t calculada	t tab 0.05	Significancia
<b>FC-FT</b>	3.101	0.788	-0.051 <sup>NS</sup>	2.101	NS

N=10

NS = No existe diferencia estadística significativa. Ttab= gl; 2(N-1), 5%.

En la tabla 21, se observa que existe una diferencia en promedio a favor del testigo de 0.04, considerando que la medición del tallo para que sea significativo, debería ser un número entero y no una fracción, por lo tanto, se considera que no existe una diferencia significativa en el número

de tallos por planta de cada tratamiento a los 30 días después de la siembra. Realizando el análisis estadístico, con un nivel de significancia de error del cinco por ciento, en la tabla 22, se aprecia que el valor de la  $t_{calculada}$  es de -0.051, siendo menor al valor de la  $t_{tab 0.05}$  equivalente a 2.101, lo que significa que la hipótesis nula se acepta ( $\mu D=0$ ), no existe diferencia estadística entre ambos tratamientos, por lo tanto, las aplicaciones de fosfito de potasio, no influyen en el número de tallos por planta, esto se debe a que la semilla (tubérculo), posee un número de ojos donde brotan los meristemas (tallos) que es proporcional al calibre de semilla (tubérculo) a sembrar, considerando también que la semilla utilizada ya poseía brotes meristemáticos.

**Tabla 23.**

*Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable número de tallos por planta, a los 50 días después de la siembra, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.*

Par	Tratamiento con fosfito de potasio (X <sub>1</sub> )	Testigo sin fosfito de potasio (X <sub>2</sub> )	Diferencia		
			X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>	(X <sub>1</sub> - $\bar{X}_1$ ) <sup>2</sup>	(X <sub>2</sub> - $\bar{X}_2$ ) <sup>2</sup>
<b>1</b>	9.60	6.40	3.20	7.84	0.02
<b>2</b>	7.00	6.40	0.60	0.04	0.02
<b>3</b>	7.80	6.40	1.40	1.00	0.02
<b>4</b>	5.60	5.20	0.40	1.44	1.80
<b>5</b>	7.60	5.60	2.00	0.64	0.88
<b>6</b>	6.80	6.60	0.20	0.00	0.00
<b>7</b>	6.20	9.40	-3.20	0.36	8.18
<b>8</b>	4.40	4.80	-0.40	5.76	3.03
<b>9</b>	5.40	8.00	-2.60	1.96	2.13
<b>10</b>	7.60	6.60	1.00	0.64	0.00
<b>Total</b>	68.00	65.40	2.60		
<b>Media</b>	6.80	6.54	0.26		
<b>S<sup>2</sup></b>	2.187	1.787			

**Tabla 24.**

*Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador número de tallos por planta, a los 50 días después de la siembra, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.*

	<b>SD</b>	<b><math>\bar{SD}</math></b>	<b>t calculada</b>	<b>t tab 0.05</b>	<b>Significancia</b>
<b>FC-FT</b>	1.987	0.630	0.412 <sup>NS</sup>	2.101	NS

N=10

NS=No existe diferencia estadística significativa.

Ttab= gl; 2(N-1), 5%.

En la lectura a los 50 días del indicador número de tallos por planta, se observa en la tabla 23, que no existe una diferencia significativa entre ambos tratamientos, sin embargo, se observa que hay un incremento promedio de 0.26 brotes por planta, comparándolo con la primera lectura a los 30 días después de la siembra, que tuvo un valor de 0.04, esto se debe a que, en esta lectura, el cultivo ya estaba aporcado, esto pudo estimular brotaciones laterales del tallo principal, por tal motivo fue contabilizado como un tallo nuevo, por lo que se observa un incremento no significativo entre la primera y la segunda lectura. Realizando el análisis estadístico, con un nivel de significancia de error del cinco por ciento, en la tabla 24, se aprecia que el valor de la t calculada es de 0.412, siendo menor al valor de la t tab 0.05 equivalente a 2.101, lo que significa que la hipótesis nula se acepta ( $\mu D=0$ ), no existe diferencia estadística entre ambos tratamientos, por lo tanto, las aplicaciones de fosfito de potasio, no influyen en el número de tallos por planta a los 50 días después de la siembra.

**Tabla 25.**

Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable número de tallos por planta, a los 70 días después de la siembra, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.

Par	Tratamiento con fosfito de potasio (X <sub>1</sub> )	Testigo sin fosfito de potasio (X <sub>2</sub> )	Diferencia		
			X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>	(X <sub>1</sub> - $\bar{X}_1$ ) <sup>2</sup>	(X <sub>2</sub> - $\bar{X}_2$ ) <sup>2</sup>
1	9.80	6.40	3.40	8.18	0.01
2	7.20	6.60	0.60	0.07	0.01
3	8.20	6.40	1.80	1.59	0.01
4	5.80	5.20	0.60	1.30	1.64
5	7.60	5.80	1.80	0.44	0.46
6	7.00	6.20	0.80	0.00	0.08
7	6.20	9.00	-2.80	0.55	6.35
8	4.40	4.60	-0.20	6.45	3.53
9	5.40	8.00	-2.60	2.37	2.31
10	7.80	6.60	1.20	0.74	0.01
<b>Total</b>	69.40	64.80	4.60		
<b>Media</b>	6.94	6.48	0.46		
<b>S<sup>2</sup></b>	2.409	1.602			

**Tabla 26.**

Calculo de *t* de student al cinco por ciento de error para el indicador número de tallos por planta, a los 70 días después de la siembra, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.

	SD	$\bar{SD}$	t calculada	t tab 0.05	Significancia
<b>FC-FT</b>	2.006	0.633	0.726 <sup>NS</sup>	2.101	NS

N=10

NS= no existe diferencia estadística significativa.

Ttab= gl; 2(N-1), 5%.

El indicador número de tallos por planta, con lectura a los 70 días, se observa en la tabla 25, que no existe una diferencia significativa entre ambos tratamientos, sin embargo, se observa que hay un incremento promedio de 0.46 brotes por planta, comparándolo con la primera lectura a los 30 y 50 días después de la siembra, que tuvo un valor de 0.04 y 0.26, esto se debe a que, en esta lectura, el cultivo ya estaba aporcado, esto pudo estimular brotaciones laterales del tallo principal, por tal motivo fue contabilizado como un tallo nuevo, por lo que se observa un incremento no significativo entre la primera, segunda y tercera lectura. Realizando el análisis estadístico, con un nivel de significancia de error del cinco por ciento, en la tabla 26, se aprecia que el valor de la  $t$  calculada es de 0.726, siendo menor al valor de la  $t_{tab 0.05}$  equivalente a 2.101, lo que significa que la hipótesis nula se acepta ( $\mu D=0$ ), no existe diferencia estadística entre ambos tratamientos, por lo tanto, las aplicaciones de fosfito de potasio, no influyen en el número de tallos por planta a los 70 días después de la siembra.

**f. Porcentaje de incidencia de tizón tardío.** El objetivo de la medición de este indicador es determinar si las aplicaciones de fosfito de potasio, influyen sobre la incidencia de tizón tardío, en comparación del testigo sin aplicaciones de fosfito de potasio. Para el análisis de los resultados sobre el porcentaje de incidencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*), se utilizaron los mismos 10 puntos de muestreo utilizados para la medición de la altura de la planta, diámetro del tallo y número de tallos por planta. Para obtener el dato de este indicador, se procedió identificar la presencia de tizón tardío en cada planta de cada punto de muestreo, se consideraba una planta con incidencia, aquella que tuviera por lo menos una mancha de *Phytophthora infestans* sobre cualquiera de los órganos de la planta. Posteriormente se procedió a calcular el porcentaje de plantas con incidencia en cada punto de muestreo, los resultados fueron sometidos a la comparación de dos muestras por medio del cálculo de muestras independientes. A continuación, se presenta el

cuadro donde se describe el resultado promedio en porcentaje de cada punto de muestreo al azar, así como también el análisis de ambas muestras para determinar la diferencia estadística de ambos tratamientos.

**Tabla 27.**

*Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable porcentaje de incidencia de tizón tardío, a los 40 días después de la siembra con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (Solanum tuberosum l.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.*

Par	Tratamiento con fosfito de potasio (X <sub>1</sub> )	Testigo sin fosfito de potasio (X <sub>2</sub> )	Diferencia		
			X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>	(X <sub>1</sub> - $\bar{X}_1$ ) <sup>2</sup>	(X <sub>2</sub> - $\bar{X}_2$ ) <sup>2</sup>
1	0%	0%	0%	0.00	0.00
2	0%	0%	0%	0.00	0.00
3	0%	0%	0%	0.00	0.00
4	0%	0%	0%	0.00	0.00
5	0%	0%	0%	0.00	0.00
6	0%	0%	0%	0.00	0.00
7	0%	0%	0%	0.00	0.00
8	0%	0%	0%	0.00	0.00
9	0%	0%	0%	0.00	0.00
10	0%	0%	0%	0.00	0.00
<b>Total</b>	0%	0%	0%		
<b>Media</b>	0%	0%	0%		
<b>S<sup>2</sup></b>	0.000	0.000			

**Tabla 28.**

*Calculo de t de student al cinco por ciento de error para el indicador porcentaje de incidencia de tizón tardío, a los 40 días después de la siembra, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (Solanum tuberosum l.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.*

	SD	$\bar{SD}$	t calculada	t tab 0.05	Significancia
<b>FC-FT</b>	0.000	0.000	0.000 <sup>NS</sup>	2.101	NS

N=10

NS= no existe diferencia estadística significativa.

$T_{tab} = gl; 2(N-1), 5\%$ .

En la tabla 27, se observa que, en los 10 pares de puntos de muestreo, no se identificó presencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*), por lo tanto, con un nivel de significancia de error del cinco por ciento, en la tabla 28, se aprecia que el valor de la  $t_{calculada}$  es de 0.000, siendo menor al valor de la  $t_{tab 0.05}$  equivalente a 2.101, lo que significa que la hipótesis nula se acepta ( $\mu D=0$ ), no existe diferencia estadística entre ambos tratamientos a los 40 días después de la siembra. El resultado puede ser debido a que el proyecto se realizó en época seca, considerando también que en ambas parcelas se aplicaron fungicidas preventivos con intervalos de ocho días según el programa de aplicaciones del productor.

**Tabla 29.**

*Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable porcentaje de incidencia de tizón tardío, a los 70 días después de la siembra con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.*

Par	Tratamiento con fosfito de potasio (X <sub>1</sub> )	Testigo sin fosfito de potasio (X <sub>2</sub> )	Diferencia		
			X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>	(X <sub>1</sub> - $\bar{X}_1$ ) <sup>2</sup>	(X <sub>2</sub> - $\bar{X}_2$ ) <sup>2</sup>
1	0%	20%	-20%	0.00	0.00
2	0%	0%	0%	0.00	0.03
3	0%	40%	-40%	0.00	0.06
4	0%	0%	0%	0.00	0.03
5	20%	20%	0%	0.03	0.00
6	0%	40%	-40%	0.00	0.06
7	20%	20%	0%	0.03	0.00
8	0%	0%	0%	0.00	0.03
9	0%	0%	0%	0.00	0.03
10	0%	20%	-20%	0.00	0.00
<b>Total</b>	40%	160%	-120%		
<b>Media</b>	4%	16%	-12%		
<b>S<sup>2</sup></b>	0.007	0.025			

**Tabla 30.**

Calculo de *t* de student al cinco por ciento de error para el indicador porcentaje de incidencia de tizón tardío, a los 70 días después de la siembra, con aplicación de fosfito de potasio y sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, 2020.

	<b>SD</b>	<b><math>\bar{SD}</math></b>	<b>t calculada</b>	<b>t tab 0.05</b>	<b>Significancia</b>
<b>FC-FT</b>	0.016	0.057	-2.121*	2.101	*

N=10

\*Existe diferencia estadística significativa.

Ttab= gl; 2(N-1), 5%.

En la lectura del indicador porcentaje de incidencia de tizón tardío a los 70 días después de la siembra, se observa en la tabla 29, que de los 10 puntos de muestreo en la parcela testigo, seis presentaron incidencia de tizón tardío y en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio, únicamente dos puntos de muestreo presentaron incidencia, dando como resultado un porcentaje de incidencia en promedio de 16% en la parcela testigo (manejo del productor) y un 4% de incidencia en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio. Realizando el análisis estadístico, con un nivel de significancia de error del cinco por ciento, en la tabla 30, se aprecia que el valor de la *t* calculada es de -2.121, siendo mayor al valor de la *t* tab 0.05 equivalente a 2.101, considerando una prueba de *t* de estudent a dos colas, lo que significa que la hipótesis nula se rechaza ( $\mu D=0$ ), en esta lectura existe una diferencia estadística significativa entre los tratamientos, por lo tanto, las aplicaciones de fosfito de potasio influyen en la prevención de la incidencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*), si se evalúa sin aplicaciones de fungicidas. Cabe mencionar que a los 70 días después de la siembra, la planta ha alcanzado fenológicamente, su máximo crecimiento en follaje, por lo tanto, se genera una mayor humedad relativa en la plantación favoreciendo al desarrollo de enfermedades y que en esta época de desarrollo del proyecto se encuentra la transición

de la época seca a época lluviosa, por lo que el proyecto fue afectado con dos precipitaciones pluviales antes de la lectura de incidencia de tizón tardío a los 70 días.

Según Canelos & Pusdá (2017), en su investigación titulada efecto del fosfito potásico en el control de tizón tardío en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Santa Martha de Cuba, provincia del Carchi, Ecuador, se obtuvo como resultado que la variedad única con el manejo (fosfito potásico + mandipropamid) presentó la menor severidad de tizón tardío al haber presentado los valores más bajos de incidencia. En cuanto al rendimiento, la variedad única con la estrategia de control (fosfito potásico + mandipropamid) obtuvo el mayor rendimiento total con una media de 46.34 t/h. En conclusión, el uso de fosfito potásico es una alternativa como fuente de nutrición complementaria y como medio de prevención del tizón tardío en el cultivo de papa.

### ***3.1.2. Aspectos económicos***

**a. Costos totales por hectárea.** Se realizó el cálculo de los costos totales por hectárea de cada tratamiento, considerando los costos fijos y costos variables. En el caso de los costos por hectárea del tratamiento, se consideraron dentro de los costos fijos el arrendamiento del terreno y el pago del uso del sistema de riego por aspersión, haciendo un total de Q 10,200.00 por hectárea.

En el caso de los costos variables, se consideraron los costos en mano de obra, tales como: preparación del terreno, siembra, aporque, aplicación de pesticidas, fertilización, defoliación y cosecha; así como también todos los insumos utilizados para la producción del cultivo de papa, tales como: semilla (tubérculo), broza, fertilizante, nematicida, fungicidas, insecticidas, bactericidas, pita plástica y costales de arpillera, haciendo un total de Q 37,884.71. Realizando una sumatoria de los costos fijos y costos variables en el tratamiento con fosfito de potasio, se obtuvo un total de costos por hectárea de Q 48,084.71.

Para el cálculo de los costos totales por hectárea del testigo (tratamiento del productor), se contemplaron los mismos costos fijos y costos variables mencionados anteriormente, con la diferencia de que el costo del producto fosfito de potasio, no se contempló en este caso, debido a que el tratamiento testigo, fue sin aplicaciones de este producto.

Los costos fijos por hectárea del tratamiento testigo fueron de Q Q 10,200.00 y los costos variables por hectárea fue de Q 36,924.71. Realizando una sumatoria de los costos fijos y costos variables en el tratamiento testigo, sin aplicaciones de fosfito de potasio, se obtuvo un total de costos por hectárea de Q47,124.71.

El tratamiento con aplicaciones de fosfito de potasio tuvo un costo más alto de Q 960.00/ha, en comparación a los costos totales del tratamiento sin aplicaciones de fosfito de potasio.

**b. Rentabilidad.** El cálculo de la rentabilidad se obtuvo realizando la diferencia entre los ingresos brutos de la producción y el total de egresos (costos fijos y costos variables), obteniendo el resultado de utilidad neta; esta utilidad fue sometida a una relación entre utilidad y total de egresos, multiplicado por cien, para obtener la rentabilidad en porcentaje.

En el caso del tratamiento con aplicaciones de fosfito de potasio, se obtuvo una utilidad de Q 35,481.97 por hectárea y una rentabilidad de 73.79%.

En el caso del testigo sin aplicaciones de fosfito de potasio, se obtuvo una utilidad Q16,608.62 por hectárea, y una rentabilidad de 35.24%

### **3.2. Medios de verificación del proyecto**

Los medios de verificación del proyecto fueron autorizados por la Universidad Rafael Landívar, con el objetivo de documentar todas las actividades que se realizaron durante la ejecución

del proyecto y así respaldar y verificar cada una de las actividades descritas en el cronograma de ejecución del proyecto. Estos medios de verificación son:

Libreta de campo: consiste en una libreta empastada, donde se documentaron todas las actividades realizadas en campo con su respectiva fecha real de ejecución, esta herramienta fue de mucha utilidad para la realización de las bitácoras electrónicas mensuales.

Bitácoras mensuales: este medio de verificación respalda la ejecución de cada una de las actividades realizadas durante el periodo de un mes, a través de un documento electrónico de Word, donde se especifica el objetivo de la bitácora, avances del proyecto, dificultades encontradas y fotografías de las actividades realizadas, esta bitácora mensual tuvo como respaldo la firma del asesor, dando como garantía la ejecución de las actividades realizadas durante el mes. Posteriormente fueron llevadas a coordinación académica de la facultad de ciencias ambientales y agrícolas, para su respectivo registro.

Expediente de calidad: este medio de verificación consistió en la elaboración de una carpeta electrónica con el nombre de expediente de calidad, el cual contenía una serie de carpetas donde se documentaron todas las actividades realizadas en base al cronograma de ejecución del proyecto. Cada carpeta contenía fotografías y videos como soporte de la ejecución del proyecto, así como también un documento de Excel donde se realizó la tabulación de datos y el cálculo de diferencias estadísticas. Esta carpeta o expediente de calidad fue grabada en un disco compacto (CD-ROM), que fue entregado a la coordinación académica de la facultad de ciencias ambientales y agrícolas, para su respectivo archivo.

### **3.3. Análisis de impactos del proyecto**

#### **3.3.1. Económico**

El proyecto tiene un impacto significativo en función a la rentabilidad, debido a que con una inversión de Q 960.00 por hectárea en la adquisición y aplicaciones de fosfito de potasio, se logra obtener un incremento en el rendimiento de 3,818.18 kg/ha, obteniendo una rentabilidad de 73.79% en comparación del testigo sin aplicaciones de fosfito de potasio, que obtuvo únicamente una rentabilidad de 35.24%. Evidentemente con estos resultados la producción del cultivo de papa en la región se beneficia, ya que se tuvo además un incremento en el rendimiento de tubérculos de primera, equivalente a 15,272.73 kilogramos contra un rendimiento de 11,757.58 kilogramos en el testigo sin aplicaciones de fosfito de potasio, considerando esta clasificación la más rentable para el productor.

#### **3.3.2. Social**

Actualmente en los agro servicios de la región, se están comercializando alrededor de cuatro fosfitos de potasio de distintas casas comerciales, esto favorece a que los productores tienen la facilidad de adquirirlo. Uno de los impactos más importantes a nivel social es la documentación de las aplicaciones de fosfito de potasio en un cultivo de importancia económica en el municipio, como lo es el cultivo de papa; esto ayudará a tener un respaldo técnico de los efectos del fosfito de potasio sobre el rendimiento y sanidad vegetal en el cultivo, esta información puede ser divulgada a través del extensionismo rural, realizando convenios con instituciones como el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) y extensionistas municipales, promoviendo la adaptación de aplicaciones de fosfito de potasio en los programas fitosanitario-nutricional, generando una alternativa para los productores que deseen el incremento en el rendimiento del cultivo de papa.

### **3.3.3. Ambiental**

La adaptación de las aplicaciones de fosfito de potasio, en conjunto con los programas fitosanitarios, pueden reducir el uso excesivo de pesticidas, especialmente fungicidas y bactericidas, reduciendo así la carga química durante el ciclo del cultivo de papa. Debido a que el compuesto fosfito de potasio es catalogado como un elicitador, formado a través de los compuestos nutricionales como lo son óxido de fósforo ( $P_2O_5$ ) y óxido de potasio ( $K_2O$ ), la utilización de este producto en la agricultura tiene un impacto no significativo para el ambiente.

La utilización de fosfitos de potasio, favorecen a la estimulación de fitoalexinas (defensas de las plantas) y por su gran movilidad en la planta confiere característica sistémica, siendo aplicados en las hojas actúa en toda la planta, incluso en las raíces. Con una alta inducción a mayor síntesis de proteínas patogénicas que reducen un ataque fúngico limitando o eliminando los procesos infecciosos (Flores, 2017).

#### 4. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de la comparación de dos muestras por el método de muestras independientes, para el indicador rendimiento en kg/ha, en la parcela con aplicaciones de fosfito de potasio se obtuvo un rendimiento total de las tres clasificaciones (primera, segunda y tercera) de 24,303.04 kg/ha. En el testigo sin aplicaciones de fosfito de potasio, se obtuvo un rendimiento total de las tres clasificaciones, de 20,484.85 kg/ha, obteniendo una diferencia en rendimiento de 3,818.19 kg/ha, a favor del tratamiento con aplicaciones de fosfito.

Según los resultados obtenidos, se tiene que las aplicaciones de fosfito de potasio, influyen en obtener tubérculos de primera (15,272.73 kg/ha) y segunda (5,757.58 kg/ha), y reduce la obtención de tubérculos de tercera (3,272.73 kg/ha), en comparación al testigo, que obtuvo un rendimiento de primera de 11,757.58 kg/ha, segunda 3,636.36 kg/ha y una mayor cantidad de tubérculos tercera 5,090.91 kg/ha. Por lo tanto, la obtención de tubérculos de primera y segunda, son de mayor beneficio para los productores, ya que son más aceptables en el mercado y obtienen un mejor precio de venta.

Para el indicador producción promedio por planta, el tratamiento obtuvo una producción promedio de 0.5 kg y el testigo una producción promedio de 0.38 kg, con una media diferencial de 0.17 kg/planta a favor del tratamiento.

Para el indicador altura por planta en centímetros, de las lecturas 30, 50 y 70 días, en la primera no se obtuvo una diferencia estadística significativa en relación a la altura de la planta, en las dos lecturas siguientes, se marcó una diferencia estadística significativa, el cual se obtuvo una mayor diferencia significativa en altura a los 70 días después de la siembra, con 7.40 centímetros a favor del tratamiento con aplicaciones de fosfito de potasio, por lo que se rechazó la hipótesis nula ( $\mu D=0$ ).

Para el indicador diámetro del tallo en milímetros, en las tres lecturas realizadas a los 30, 50 y 70 días después de la siembra, se determinó según el cálculo de t de student al cinco por ciento de error, que existe diferencia estadística significativa, por lo tanto, las aplicaciones de fosfito de potasio influyen en el crecimiento del diámetro del tallo, presentándose el mayor diámetro a los 50 días después de la siembra, con una media diferencial de 1.24 milímetros a favor del tratamiento con aplicaciones de fosfito de potasio.

Para el indicador número de tallos por plantas, de acuerdo a los resultados de la comparación de dos muestras por el método de muestras independientes y según el cálculo de t de student al cinco por ciento de error, no existe diferencia estadística significativa para este indicador, por lo que se acepta la hipótesis nula ( $\mu D=0$ ). Esto se debe a que, la semilla (tubérculo), posee un número de ojos donde brotan los meristemos (tallos) que es proporcional al calibre de semilla (tubérculo) a sembrar, considerando también que la semilla utilizada ya poseía brotes meristemáticos.

Para el indicador porcentaje de tizón tardío, en las dos lecturas realizadas a los 50 y 70 días después de la siembra, se determinó que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, pero se determinó una reducción en la incidencia de tizón tardío del 12% a favor del tratamiento con aplicaciones de fosfito de potasio.

En cuanto a la rentabilidad económica, el tratamiento con aplicaciones de fosfito de potasio, obtuvo una rentabilidad de 73.79%, con un rendimiento total de 24,303.03 kg/ha. El testigo, sin aplicaciones de fosfito de potasio, obtuvo una rentabilidad de 35.24%, con un rendimiento total de 20,484.85 kg/ha. Comparando la rentabilidad del tratamiento con la rentabilidad del testigo, se obtiene una diferencia de 38.55% de rentabilidad a favor de tratamiento con aplicaciones de fosfito de potasio.

## 5. RECOMENDACIONES

Se recomienda la utilización y adaptación de las aplicaciones de fosfito de potasio en los programas fitosanitarios-nutricionales convencionales de los productores de papa en la región, debido a que el presente proyecto demostró un incremento en el rendimiento del cultivo, derivado de un buen desarrollo en diámetro del tallo y altura de la planta, así como también una buena sanidad del cultivo.

Se sugiere seguir realizando las investigaciones correspondientes a este compuesto de fosfito de potasio en diferentes épocas del año en el cultivo de papa, determinando así los beneficios como elicitador de fitoalexinas en el cultivo, ya que se tienen antecedentes de que los fosfitos actúan como fungicidas.

Se considera importante realizar investigaciones sobre el número de aplicaciones y dosis del fosfito de potasio en el cultivo de papa, debido a que, en su mayoría, los fosfitos tienden a causar estrés en las plantas cuando se aplican a intervalos cortos o dosificaciones altas.

Se recomienda evaluar las aplicaciones de fosfito de potasio en otras variedades de papa, ya que el proyecto fue enfocado en la variedad loman, considerando que en la región se cultivan aproximadamente tres variedades más.

Se sugiere evaluar el fosfito de potasio para el control del hongo del suelo *Rhizoctonia solani*, al momento de la siembra, debido a que esta enfermedad es uno de los principales problemas en la región.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango, A. (2018). *Aportes de innovación tecnológica al cultivo de papa*. Técnico, Funda sistemas, Federación nacional de la papa, Guatemala.
- Balzarini, M., Di Rienzo, J., Tablada, M., Gonzalez, L., & Bruno, C. (2011). *Estadística y biometría*. Argentina: Brujas.
- Bidwell, R. (1990). *Fisiología vegetal*. Distrito Federal, México.
- Campodinico, I. (2015). *Evaluación de rendimiento en el cultivo de soja aplicando fosfitos y micronutrientes*. Trabajo final de ingeniería en producción agropecuaria, Pontificia universidad católica de Argentina, Facultad de ciencias agrarias, Provincia de Santa Fe, Argentina.
- Canelos, P., & PUSDÁ, D. (2017). *Efecto del fosfito potásico en el control de tizón tardío en tres variedades de papa (solanum tuberosum L.) en Santa Martha de Cuba, Ecuador*. Informe técnico, universidad técnica del norte, Facultad de ingeniería en ciencias agropecuarias y ambientales, Ecuador.
- Casaca, A. (2005). *Guía técnica de frutas y vegetales*. Documento técnico, Inta, IICA, Proyecto de modernización de los servicios de tecnología agrícola, Costa Rica.
- Cervera, M., Cautin, R., & Jeria, G. (2006). *Evaluación del fosfito cálcico, potásico y magnésico en el control de Phytophthora cinnamomi en aguacate (Persea americana mill) cv. hass plantados en contenedor*. Investigación, Pontificia universidad católica de Valparaíso, Facultad de agronomía, Quillota, Chile.
- Chávez, E. (2017). *Evaluación de alturas de aporque en tres variedades de papa; Ixchiguan, San Marcos*. Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar, Ciencias ambientales y agrícolas, Quetzaltenango.
- Chávez, I. (2005). *Comparación de dos programas de fertilización en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum) en el municipio de Sololá, Sololá*. Documento de graduación, Universidad de San Carlos de Guatemala, Instituto de investigaciones agronomicas y ambientales, Guatemala.
- Cortez, M., & Hurtado, G. (2002). Manual cultivo de papa. *Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal, I*, 36-37.
- Cua, N. V. (2015). *Evaluación de tres dosis de fosfito potásico (i.a.) en el control de Phytophthora spp. en plantación de macadamia (Macadamia integrifolia), en finca plantaciones Altamira, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala, División de ciencia y tecnología carrera de agronomía, Quetzaltenango.

- Egúsqüiza, R. (2013). Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de papa. *Extensión y proyección social, I*, 26-27.
- Fernández, R., Trapero, A., & Dominguez, J. (2010). *Experimentación en Agricultura*. Sevilla: Junta de Andalucía. Recuperado el 23 de septiembre de 2019.
- Flores, V. (2017). *Evaluación de tres dosis de fosfito de potasio para la prevención de sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis), en el cultivo de platano (Musa paradisiaca), en finca "La Vega", Retalhuleu*. Trabajo de graduación, Universidad de San Carlos de Guatemala, Agronomía tropical, Retalhuleu, Guatemala.
- Franco, J. (2002). *El cultivo de la papa en Guatemala*. Informe técnico, ICTA, CARE, MAGA, Investigación, Guatemala.
- García, k., Camacho, M., & Mata, X. (2018). *Efecto de fosfitos de potasio sobre Phytophthora sp. y parámetros de crecimiento en plantas de piña (Ananas comosus var. comosus)*. Investigación, Agro innovación, en el trópico húmedo, Investigación, Alajuela, Costa Rica.
- González, M. (2017). *Fosfitos de potasio en el manejo de Peronospora sparsa berkeley en el cultivo de rosal. variedad. samourai bajo invernadero*. Tesis de grado, ingeniero agrónomo, Universidad autónoma de la ciudad de México, Centro Universitario UAEM Tenancingo, Tenancingo, México.
- López Bautista, E. A., & González Ramirez, B. H. (2013). *Diseño y análisis de experimentos*. Guatemala: 2da. edición.
- López, C., Tobar, W., & Andrés, V. (2011). *Caracterización morfológica de 36 cultivares de papa (Solanum tuberosum) en la sierra de los cuchumatanes, del departamento de Huehuetenango*. Informe final de investigación, Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección general de investigación -DIGI-, Huehuetenango, Guatemala.
- Masache, S. (2014). *Estudio sobre dos épocas de aplicación de cinco niveles de fosfito potásico en arroz (Oryza sativa l.)*. Tesis de grado, ingeniero agrónomo, Universidad de Guayaquil, Facultad de ciencias agrarias, Ecuador.
- Mengel, K., & Kirkby, E. (2000). *Principios de nutrición vegetal*. Suiza, Suiza.
- Mollinedo, R. (2014). *Evaluación de tres programas de fertilización en el cultivo de papa, en tres localidades de Alta Verapaz*. Sistematización de prácticas profesional, Universidad Rafael Landívar, Ciencias ambientales y agrícolas, Guatemala.
- Ríos, E. (2004). *Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión*. Informe general contador público y auditor, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ciencias económicas, Guatemala.
- Rodríguez, F. (2017). *El fosfito: frontera entre la nutrición de cultivos y el control de plagas y enfermedades*. Información técnica, Universidad autónoma chapingo, Suelos, México.

- Sandoval, O., Guzmán, R., & Siliezar, C. (2018). Plagas y enfermedades del cultivo de papa en El Salvador. *Guia practica, II*, 50-65.
- Sanhueza, P. (2018). *Uso de elicitores como mecanismo de control sobre cancer bacterial causado por Pseudomonas syringae pv. actinidiae en actinidia deliciosa*. proyecto de investigación , Pontifica universidad católica de valparaíso, facultad de ciencias agronómicas y de los alimentos , Quillota, Chile.
- Segeplán. (2010). *Plan de desarrollo San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango*. Informe , SEGEPLAN, Consejo de desarrollo, Quetzaltenango, Guatemala.
- Silva, M. (1998). *Efecto de cuatro fitoreguladores en el crecimiento y rendimiento del girasol (Helianthus annuus L.)*. Maestría en ciencias con especialidad en botánica, Universidad autonoma de nuevo león, Ciencias biológicas, México.
- Telenchana, L. (2011). *Evaluación de fosfito potásicos (fitoalexin y atlante) en la prevención de enfermedades foliares del cultivo (Allium cepa)*. Trabajo de graduacion, ingeniero agrónomo , Universidad Tecnica de Ambato, Facultad de ingenieria agronómica, Ecuador.
- Torres, H. (2002). Manual de las enfermedades mas importantes de la papa en Perú. *Centro internacional de la papa, I*, 59-65.
- Velandía, V. R. (2012). *Efecto del fosfito de potasio en combinación con el fungicida metalaxyl + mancozeb en el control de mildew velloso (Peronospora destructor Berk) en cebolla de bulbo (Allium cepa L.)*. Técnico, Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Pedagogía y tecnología, Boyacá, Colombia.
- Yáñez, M. (2016). *Efecto in vitro de fosfito de potasio sobre Athelia rolfsii y Pythium aphanidermatum*. Optar a grado de doctor en ciencias agropecuarias, Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de agronomía, Sinaloa, México.

## 7. ANEXOS

**Tabla 31.**

*Costos del tratamiento con aplicación foliar de fosfito de potasio en el cultivo de papa; San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango.*

Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Precio/unidad Q	Total, Q
<b>Ingresos</b>				
Tubérculos de primera	15,272.73	Kilogramos	4.40	67,200.01
Tubérculos de segunda	5,757.58	Kilogramos	2.53	14,566.67
Tubérculos de Tercera	3,272.73	Kilogramos	0.55	1,800.00
<b>Total, ingresos brutos</b>				83,566.68
<b>Egresos</b>				
<b>Costos fijos</b>				
Arrendamiento del terreno	10,000.00	Metro cuadrado	0.80	8,000.00
Pago de riego por aspersión	1	unidad	2,200.00	2,200.00
<b>Total, costos fijos</b>				10,200.00
<b>Costos variables</b>				
<b>Mano de obra</b>				
Barbecho	44.00	Jornal	75.00	3,300.00
Zanjeo para siembra	44.00	Jornal	75.00	3,300.00
Aporque	44.00	Jornal	75.00	3,300.00
Fertilización	22.00	Jornal	30.00	660.00
Aplicaciones de pesticidas	22.00	Jornal	75.00	1,650.00
Defoliación	22.00	Jornal	50.00	1,100.00
Cosecha	44.00	Jornal	75.00	3,300.00
<b>Insumos</b>				
Semilla (tubérculo)	4,122.00	Kilogramos	1.65	6,801.30
Broza				-
Fertilizante inicio 10-17-17	825.00	Kilogramos	4.09	3,374.25
Fertilizante refuerzo 10-0-29	1,031.00	Kilogramos	3.96	4,082.76
Nematicida	1.02	Litros	210.00	214.20
Fungicidas	17.40	Litros	125.70	2,187.10
Insecticidas	8.20	Litros	222.27	1,822.60
Bactericidas	2.80	Kilogramos	250.00	700.00
Fosfito de potasio	5.00	Litros	150.00	750.00
Pita plástica	1.00	Rollo	5.00	5.00
Costal de arpillera	535.00	Unidad	2.50	1,337.50
<b>Total, de costos variables</b>				37,884.71
<b>Total, de Egresos</b>				48,084.71
<b>Utilidad</b>				35,481.97
<b>Rentabilidad</b>				73.79%

**Tabla 32.**

*Costos del tratamiento sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa; San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango.*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Precio/unidad Q</b>	<b>Total, Q</b>
<b>Ingresos</b>				
Tubérculos de primera	11,757.58	Kilogramos	4.40	51,733.33
Tubérculos de segunda	3,636.36	Kilogramos	2.53	9,200.00
Tubérculos de Tercera	5,090.91	Kilogramos	0.55	2,800.00
<b>Total, ingresos brutos</b>				63,733.33
<b>Egresos</b>				
<b>Costos fijos</b>				
Arrendamiento del terreno	10,000.00	Metro cuadrado	0.80	8,000.00
Pago de riego por aspersión	1.00	unidad	2,200.00	2,200.00
<b>Total, costos fijos</b>				10,200.00
<b>Costos variables</b>				
<b>Mano de obra</b>				
Barbecho	44.00	Jornal	75.00	3,300.00
Zanjeo para siembra	44.00	Jornal	75.00	3,300.00
Aporque	44.00	Jornal	75.00	3,300.00
Fertilización	22.00	Jornal	30.00	660.00
Aplicaciones de pesticidas	22.00	Jornal	75.00	1,650.00
Defoliación	22.00	Jornal	50.00	1,100.00
Cosecha	44.00	Jornal	75.00	3,300.00
<b>Insumos</b>				
Semilla (tubérculo)	4,122.00	1.65	1.65	6,801.30
Broza				-
Fertilizante inicio 10-17-17	825.00	Kilogramos	4.09	3,374.25
Fertilizante refuerzo 10-0-29	1,031.00	Kilogramos	3.96	4,082.76
Nematicida	1.02	Litros	210.00	214.20
Fungicidas	17.40	Litros	125.70	2,187.10
Insecticidas	8.20	Litros	222.27	1,822.60
Bactericidas	2.80	Kilogramos	250.00	700.00
Pita plástica	1.00	Rollo	5.00	5.00
Costal de arpillera	451.00	Unidad	2.50	1,127.50
<b>Total, de costos variables</b>				36,924.71
<b>Total, de Egresos</b>				47,124.71
<b>Utilidad</b>				16,608.62
<b>Rentabilidad</b>				35.24%

**Tabla 33.**

*Programa fitosanitario-nutricional con aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa; San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango.*

No. Aplicación	Producto	Ingrediente activo	Dosis hectárea	Unidad de medida
1	Vydate 24 SL	Oxamil	1.1	litros
	King fol zinc	Zinc 70%	0.6	litros
2	Amistar 50 WG	Azoxistrobin 50%	0.2	Kg
	Pegamax	Adherente	0.6	litros
	Antracol 70 WP	Propineb 70%	1.4	kg
3	Tambo 44 EC	Profenofos+cipermetrina	1.1	litros
	DP98	Fosfito de potasio	1.0	litros
	Pegamax	Adherente	0.6	litros
4	Antracol 70 WP	Propineb 70%	1.4	kg
	Tambo 44 EC	Profenofos+cipermetrina	1.1	litros
	Pegamax	Adherente	0.6	litros
5	Antracol 70 WP	Propineb 70%	1.4	Kg
	Tambo 44 EC	Profenofos+cipermetrina	1.1	litros
	Fertinitrogeno	NPK+EM	2.3	litros
	King fol zinc	Zinc 70%	0.6	litros
6	DP98	Fosfito de potasio	1.0	litros
	Monarca	Thiacoprid+beta-cyfluthrin	1.1	litros
	Vondozeb 80 WP	Mancozeb	1.4	kg
	Pegamax	Adherente	1.1	litros
7	Pegamax	Adherente	0.6	litros
	Antracol 70 WP	Propineb 70%	1.4	Kg
	Tambo 44 EC	Profenofos+cipermetrina	1.1	litros
	Fertinitrogeno	NPK+EM	2.3	litros
8	King fol zinc	Zinc 70%	0.6	litros
	DP98	Fosfito de potasio	1.0	litros
	Curyom 55 EC	Profenofos+lufenuron	0.3	litros
	Calcio Boro	Calcio+boro	2.3	litros
9	Vondozeb 80 WP	Mancozeb	1.4	Kg
	Pegamax	Adherente	1.1	litros
	Monarca	Thiacoprid+beta-cyfluthrin	1.1	litros
	Vondozeb 80 WP	Mancozeb	1.4	Kg
10	Pegamax	Adherente	1.1	litros
	DP98	Fosfito de potasio	1.0	litros
	Sulfato de gentamicina+clorhidrato de	oxitetraciclina	1.4	Kg
	Agry-gent Plus 8 WP	Potasio plus	2.3	litros
11	Vondozeb 80 WP	Mancozeb	1.4	Kg
	Pegamax	Adherente	1.1	litros
	Revus Opti 25 SC	Clorotalonil+mandipropamid	1.1	litros
	Antracol 70 WP	Propineb 70%	1.4	Kg
12	Tambo 44 EC	Profenofos+cipermetrina	1.1	litros
	DP98	Fosfito de potasio	1.0	litros
	Pegamax	Adherente	1.1	litros
	Sulfato de gentamicina+clorhidrato de	oxitetraciclina	1.4	Kg
13	Agry-gent Plus 8 WP	Potasio plus	2.3	litros
	Vondozeb 80 WP	Mancozeb	1.4	Kg
	Pegamax	Adherente	1.1	litros
	Revus Opti 25 SC	Clorotalonil+mandipropamid	1.1	litros
14	Antracol 70 WP	Propineb 70%	1.4	Kg
	Omex K41	Potasio 41%	1.1	litros
	Pegamax	Adherente	1.1	litros

**Tabla 34.**

*Programa fitosanitario-nutricional sin aplicaciones de fosfito de potasio, en el cultivo de papa; San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango.*

No. Aplicación	Producto	Ingrediente activo	DOSIS Hectárea	Unidad de medida
1	Vydate 24 SL	Oxamil	1.1	litros
	King fol zinc	Zinc 70%	0.6	litros
2	Amistar 50 WG	Azoxistrobin 50%	0.2	Kg
	Pegamax	Adherente	0.6	litros
	Antracol 70 WP	Propineb 70%	1.4	kg
3	Tambo 44 EC	Profenofos+cipermetrina	1.1	litros
	Pegamax	Adherente	0.6	litros
	Antracol 70 WP	Propineb 70%	1.4	kg
4	Tambo 44 EC	Profenofos+cipermetrina	1.1	litros
	Pegamax	Adherente	0.6	litros
	Antracol 70 WP	Propineb 70%	1.4	Kg
	Tambo 44 EC	Profenofos+cipermetrina	1.1	litros
5	Fertinitrogeno	NPK+EM	2.3	litros
	King fol zinc	Zinc 70%	0.6	litros
	Monarca	Thiacoprid+beta-cyfluthrin	1.1	litros
	Vondozeb 80 WP	Mancozeb	1.4	kg
6	Pegamax	Adherente	1.1	litros
	Pegamax	Adherente	0.6	litros
	Antracol 70 WP	Propineb 70%	1.4	Kg
	Tambo 44 EC	Profenofos+cipermetrina	1.1	litros
7	Fertinitrogeno	NPK+EM	2.3	litros
	King fol zinc	Zinc 70%	0.6	litros
	Curyom 55 EC	Profenofos+lufenuron	0.3	litros
	Calcio Boro	Calcio+boro	2.3	litros
8	Vondozeb 80 WP	Mancozeb	1.4	Kg
	Pegamax	Adherente	1.1	litros
	Monarca	Thiacoprid+beta-cyfluthrin	1.1	litros
	Vondozeb 80 WP	Mancozeb	1.4	Kg
9	Pegamax	Adherente	1.1	litros
	Sulfato de gentamicina+clorhidrato de			
	Agry-gent Plus 8 WP	oxitetraciclina	1.4	Kg
	Potasio plus	Potasio 25%	2.3	litros
10	Vondozeb 80 WP	Mancozeb	1.4	Kg
	Pegamax	Adherente	1.1	litros
	Revus Opti 25 SC	Clorotalonil+mandipropamid	1.1	litros
	Antracol 70 WP	Propineb 70%	1.4	Kg
11	Tambo 44 EC	Profenofos+cipermetrina	1.1	litros
	Pegamax	Adherente	1.1	litros
	Sulfato de gentamicina+clorhidrato de			
	Agry-gent Plus 8 WP	oxitetraciclina	1.4	Kg
12	Potasio plus	Potasio 25%	2.3	litros
	Vondozeb 80 WP	Mancozeb	1.4	Kg
	Pegamax	Adherente	1.1	litros
	Revus Opti 25 SC	Clorotalonil+mandipropamid	1.1	litros
12	Antracol 70 WP	Propineb 70%	1.4	Kg
	Omex K41	Potasio 41%	1.1	litros
	Pegamax	Adherente	1.1	litros