



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOS TIPOS DE BIOLES EN LA
INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE
PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD SUPERCHOLA EN EL CANTÓN
OTAVALO.”**

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria

AUTORA:

Verónica Cecilia Montenegro Chamorro

DIRECTOR:

Ing. Miguel Alejandro Gómez. MSc.

Ibarra, octubre 2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERIA INGENIERÍA AGROPECUARIA

“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOS TIPOS DE BIOLES EN LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD SUPERCHOLA EN EL CANTÓN OTAVALO.”

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERA EN AGROPECUARIA

APROBADO:

Ing. Miguel Gómez, MSc.

DIRECTOR



FIRMA

Ing. Julia Prado, PhD.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Lic. Ima Sánchez, MSc.

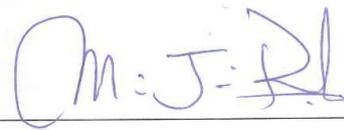
MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. María José Romero MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
Cédula de identidad:	0401228424
Apellidos y nombres:	Montenegro Chamorro Verónica Cecilia
Dirección:	El Olivo
Email:	Ceciliamontenegro08@gmail.com
Teléfono fijo:	Celular: 0999121433

DATOS DE LA OBRA	
Título:	“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOS TIPOS DE BIOLES EN LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE PAPA (<i>Solanum tuberosum</i> L.) VARIEDAD SUPERCHOLA EN EL CANTÓN OTAVALO.”
Autor:	Montenegro Chamorro Verónica Cecilia
Fecha:	29 Octubre 2019
Solo para trabajos de grado	
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ing. Agropecuaria
Director:	Ing. Miguel Gómez, MSc.

2. **CONSTANCIAS**

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar los derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de octubre del 2019

EL AUTOR:


.....

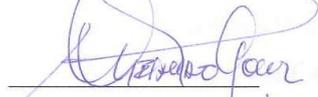
Montenegro Chamorro Verónica Cecilia

CI: 040128424

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Montenegro Chamorro Verónica Cecilia, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 29 días del mes de Octubre de 2019



Ing. Miguel Gómez, MSc.

DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

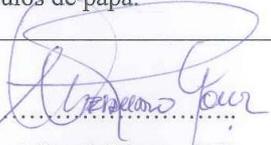
Fecha: Ibarra, a los 29 días del mes de Octubre del 2019

Montenegro Chamorro Verónica Cecilia: “EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOS TIPOS DE BIOLES EN LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD SUPERCHOLA EN EL CANTÓN OTAVALO.” /Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria

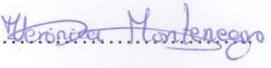
Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 29 días del mes de octubre del 2019.

DIRECTOR: Ing. Miguel Gómez, MSc.

- El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la aplicación de dos tipos de biol en la incidencia y severidad de enfermedades en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola en el Cantón Otavalo.
- Entre los objetivos específicos se encuentran: Evaluar la incidencia y severidad de tizón tardío (*Phytophthora infestans*), tizón temprano (*Alternaria solani*) y rhizoctonia (*Rhizoctonia solani*) en el follaje del cultivo de papa. Evaluar la incidencia y severidad de rhizoctonia (*Rhizoctonia solani*) y erwinia (*Erwinia carotovora*) en los tubérculos de papa.


Ing. Miguel Gómez, MSc.

Director de Trabajo de Grado


Montenegro Chamorro Verónica Cecilia

Autora

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser la luz incondicional que ha guiado mi camino.

A mis padres y hermanas/os quienes son mi motor y mi mayor inspiración, que, a través de su amor, paciencia, valores y por su apoyo incondicional contribuyeron para terminar mis estudios.

A la Universidad Técnica del Norte, en especial a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, por brindarme la oportunidad de estudiar y terminar mi carrera.

A mi director Ing. Miguel Gómez, por su apoyo y consejos, mi gratitud, a mis asesoras: Dra. Julia Prado, Ing. María José Romero y Lcda. Ima Sánchez, a cada uno de ellas por su contribución en este trabajo de investigación.

Por último, a mis queridos amigos: Nina, Pablo, Joisy, Nary, quienes sin esperar nada a cambio estuvieron a mí a lado y me brindaron su ayuda para superar los momentos adversos.

Gracias

Verónica Montenegro

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a mi familia porque para crecer verdaderamente como persona es indispensable el apoyo de la familia y la fe en Dios.

De manera especial dedico a mi hermana Nelly Montenegro, ella fue el primer cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mí bases de responsabilidad y deseo de superación, en ella tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarla cada día más.

A mis padres y hermanas/os por todo su apoyo incondicional, por palabras de aliento de que en la vida se debe ser perseverante para cumplir los ideales.

Por último, a mí querido Libardo por estar siempre a lado en los buenos y malos momentos.

Verónica Montenegro

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS	I
ÍNDICE DE TABLAS.....	III
ÍNDICE DE ANEXOS	V
ABSTRACT	VIII
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2. Problema de investigación.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Hipótesis	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Cultivo de papa.....	6
2.1.1 Importancia del cultivo papa en Ecuador	6
2.1.2 Principales zonas de producción de papa	6
2.1.3 Descripción taxonómica y botánica.....	7
2.1.3.1 Morfología de la planta de papa	7
2.1.4 Origen de variedad “Superchola”	7

2.1.5 Características agronómicas	8
2.1.6 Etapas fenológicas del cultivo	8
2.1.7 Ciclo de vida de la papa.....	8
2.2 Manejo del cultivo	9
2.2.1 Fertilización química	9
2.2.2 Controles fitosanitarios.....	9
2.2.3 principales enfermedades que afectan al cultivo de papa.....	10
2.3 Biol.	19
2.4 Función de los ingredientes del biol	19
2.5 Ventajas del biol	20
2.6 Lodos lácteos	20
2.7 Ventajas de lodos lácteos.....	21
2.8 Sistema inmune de las plantas	21
2.9 Señalización de ácido jasmónico	21
2.10 Ácido salicílico, ácido jasmónico y etileno sobre la resistencia inducida.....	22
2.11 Papel de la fertilización en la tolerancia a las enfermedades de las plantas	22
2.12 Influencia de la fertilización con NPK frente a las enfermedades en las plantas ...	23
2.13 Marco legal	24
CAPÍTULO III	25
MARCO METODOLÓGICO	25
3.1 Descripción del área de estudio	25
3.1.1 Ubicación geográfica.....	25
3.2 Materiales y métodos.....	26
3.2.1 Materiales experimentales	26
3.2.2 Materiales de campo.....	26

3.2.3 Materiales de oficina	26
3.2.4 Insumos.....	26
3.2.5 Factores en estudio	26
3.2.6 Tratamientos	27
3.2.7 Diseño experimental	27
3.2.8 Características del experimento	27
3.2.9 Análisis estadístico	28
3.2.10 Variables evaluadas	28
3.3 Análisis de Datos	31
3.4 Manejo específico del experimento	31
3.4.1 Preparación de los dos tipos de biol	31
3.4.2 Selección del lote.....	32
3.4.3 Preparación del suelo.....	33
3.4.4 Delimitación de parcelas	33
3.4.5 Toma de muestras de suelo.....	33
3.4.6 Obtención de semilla	33
3.4.7 Siembra.....	34
3.4.8 Fertilización	34
3.4.9 Labores culturales.....	35
CAPÍTULO IV	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1 Incidencia de tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>).....	37
4.2 Severidad de tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>)	38
4.3 Incidencia en tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>).....	43
4.4 Severidad de tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>)	44

4.5 Incidencia de costra negra (<i>Rhizoctonia solani</i>) en planta	47
4.6 Incidencia en costra negra (<i>Rhizoctonia solani</i>) en tubérculos	48
4.7 Severidad en costra negra (<i>Rhizoctonia solani</i>) en tubérculos	48
4.8 Incidencia externa en pie negro (<i>Erwinia carotovora</i>) en tubérculos	49
4.9 Severidad externa en pie negro (<i>Erwinia carotovora</i>) en tubérculos.....	49
4.10 Incidencia interna en pie negro (<i>Erwinia carotovora</i>) en tubérculos.....	50
4.11 Severidad interna en pie negro (<i>Erwinia carotovora</i>) en tubérculos	50
4.12 Rendimiento kg/hectárea	52
CAPÍTULO V	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
5.1 Conclusiones.....	55
5.2 Recomendaciones	56
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de papa variedad Superchola.....	7
Figura 2. a) Planta con tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>).....	12
Figura 3. Ciclo de tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>).....	12
Figura 4. a) Hoja compuesta con tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>).....	14
Figura 5. Ciclo de tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>).....	15
Figura 6. Ciclo de pierna negra (<i>Erwinia carotovora</i>).....	16
Figura 7. Ciclo de costra negra (<i>Rhizoctonia solani</i>).....	18
Figura 8. Materiales e ingredientes en la fermentación del biol.....	19
Figura 9. Ubicación del área de estudio San Luis de Agualongo-Otavalo.....	25
Figura 10. Planta de papa dividida en tres tercios :TS. Tercio superior, TM. tercio medio, TI. tercio inferior	29
Figura 11. 50 Tubérculos seleccionados azar de cada parcela neta	30
Figura 12. Tubérculo cortado en cuatro partes para determinar el nivel de daño de enfermedades.....	31
Figura 13. a) Biol estándar. b) Biol con lodos lácteos. c) Tanques de biol tapados herméticamente.....	32
Figura 14. Lote de terreno	32
Figura 15. Preparación del terreno	33
Figura 16. Delimitación de parcelas	33
Figura 17. Toma de muestras de suelo.....	33
Figura 18. a) un tubérculo por sitio a una distancia de 0.40 m. b) siembra de tubérculos.	34
Figura 19. Fertilización	34

Figura 20. Aporque.....	35
Figura 21. a) Plantas de papa para la cosecha. b) Tubérculos de papa	36
Figura 22. Porcentaje de incidencia de tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) en cultivo de papa var. Superchola, bajo tres distintas fuentes de fertilización (T1, biol estándar; T2, biol con lodos lácteos; T3, fertilización química).	38
Figura 23. Porcentaje de severidad en tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) en cultivo de papa var. Superchola bajo tres distintas fuentes de fertilización (T1, biol estándar; T2, biol con lodos lácteos; T3, fertilización química).	40
Figura 24. Porcentaje de incidencia de <i>Alternaria solani</i> en cultivo de papa var. Superchola, bajo tres distintas fuentes de fertilización (T1, biol estándar; T2, biol con lodos lácteos; T3, fertilización química).	44
Figura 25. Porcentaje de severidad de <i>Alternaria solani</i> en cultivo de papa var. Superchola bajo tres distintas fuentes de fertilización (T1, biol estándar; T2, biol con lodos lácteos; T3, fertilización química).	45
Figura 26. Temperatura y precipitación	47
Figura 27. Severidad interna en <i>Erwinia carotovora</i> en tubérculos en el cultivo papa var. Superchola.	51
Figura 28. Rendimiento kg /hectárea en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) var. Superchola.	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Etapas fenológicas del cultivo de papa</i>	8
Tabla 2. <i>Fertilización química para el cultivo de papa</i>	9
Tabla 3. <i>Control químico para enfermedades de papa</i>	10
Tabla 4. <i>Descripción de tratamientos en estudio</i>	27
Tabla 5. <i>Análisis de varianza (ADEVA) para un Diseño de Bloques Completos al Azar para el estudio de biol en enfermedades en el cultivo de papa.</i>	28
Tabla 6. <i>Niveles de severidad en el tubérculo</i>	30
Tabla 7. <i>ADEVA para la variable incidencia en <i>Phytophthora infestans</i> a partir de los 35 días después de la siembra en cultivo papa variedad Superchola.</i>	37
Tabla 8. <i>ADEVA para la variable severidad en <i>Phytophthora infestans</i> a partir de los 35 días después de la siembra en cultivo papa variedad Superchola.</i>	39
Tabla 9. <i>ADEVA del porcentaje de incidencia de tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>) a partir de los 35 días después de la siembra en cultivo papa variedad Superchola.</i>	43
Tabla 10. <i>ADEVA del porcentaje de severidad de tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>) a partir de los 35 días después de la siembra en cultivo papa variedad Superchola.</i>	44
Tabla 11. <i>ADEVA para la variable incidencia en costra negra (<i>Rhizoctonia solani</i>) en tubérculos en el cultivo papa variedad Superchola.</i>	48
Tabla 12. <i>ADEVA para la variable severidad en costra negra (<i>Rhizoctonia solani</i>) en tubérculos en el cultivo papa variedad Superchola.</i>	48
Tabla 13. <i>ADEVA para la variable incidencia externa en pie negro (<i>Erwinia carotovora</i>) en tubérculos en el cultivo papa variedad Superchola.</i>	49
Tabla 14. <i>ADEVA para la variable severidad externa en pie negro (<i>Erwinia carotovora</i>) en tubérculos en el cultivo papa variedad Superchola.</i>	50

Tabla 15. <i>ADEVA para la variable incidencia interna en pie negro (Erwinia carotovora) en tubérculos en el cultivo papa variedad Superchola.....</i>	50
Tabla 16. <i>ADEVA para la variable severidad interna en pie negro (Erwinia carotovora) en tubérculos en el cultivo papa variedad Superchola.....</i>	51
Tabla 17. <i>ADEVA para la variable rendimiento (kg) por hectárea en el cultivo de papa variedad Superchola.....</i>	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cálculo de la cantidad de biol elaborado para la aplicación en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	63
Anexo 2. Cantidad e insumos que se utilizaron para la elaboración de biol estándar y	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 3. Resultados de análisis del contenido nutrientes en el biol estándar y biol con lodos lácteos	64
Anexo 4. Croquis de distribución de los tratamientos.	65
Anexo 5. Resultados de análisis del contenido de nutrientes en el suelo antes y después de establecer el cultivo.	66
Anexo 6. Fertilización química y orgánica en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).	69
Anexo 7. Control químico y orgánico de enfermedades en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	70
Anexo 8. Medias y errores estándares de la interacción Semana* Tratamiento en la variable incidencia en <i>Phytophthora infestans</i>	71
Anexo 9. Medias y errores estándares de la interacción Semana* Tratamiento en la variable severidad en <i>Phytophthora infestans</i>	72
Anexo 10. Medias y errores estándares de la interacción Semana* Tratamiento en la variable incidencia en <i>Alternaria solani</i>	73
Anexo 11. Medias y errores estándares de la interacción Semana* Tratamiento en la variable severidad en <i>Alternaria solani</i>	74
Anexo 12. Medias y errores estándares por tratamientos en incidencia en costra negra (<i>Rhizoctonia solani</i>).....	75

Anexo 13. Medias y errores estándares por tratamientos en severidad en costra negra (<i>Rhizoctonia solani</i>).....	75
Anexo 14. Medias y errores estándares por tratamientos en incidencia externa en pie negro (<i>Erwinia carotovora</i>).....	75
Anexo 15. Medias y errores estándares por tratamientos en severidad externa en pie negro (<i>Erwinia carotovora</i>).....	75
Anexo 16. Medias y errores estándares por tratamientos en incidencia interna en pie negro (<i>Erwinia carotovora</i>).....	76
Anexo 17. Medias y errores estándares por tratamientos en severidad interna en pie negro (<i>Erwinia carotovora</i>).....	76
Anexo 18. Medias y errores estándares por tratamientos del rendimiento por hectárea (kg).	76
Anexo 19. Aporte total de nutrientes de los tratamientos por hectárea en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>), con los siguientes fertilizantes: T1 y T2 (biol+compost) y T3 (fertilizante químico).....	77

RESUMEN

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOS TIPOS DE BIOLES EN LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD SUPERCHOLA EN EL CANTÓN OTAVALO.

Autora: Montenegro Chamorro Verónica Cecilia
Director: Ing. Miguel Gómez

Los bioles son biofertilizantes que contienen microorganismos y hormonas, que se aplican como alternativas para la nutrición e inducción de resistencia a enfermedades en las plantas. La presente investigación se basa en la aplicación de dos tipos de bioles en el cultivo de papa. Biol estándar (tradicional), biol estándar + lodos lácteos que puede contener ácido linolénico, precursor del ácido jasmónico, mismo que es considerado una fitohormona que activa el sistema inmune de las plantas frente al ataque de patógenos. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la aplicación de dos tipos de biol en la incidencia y severidad de enfermedades en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola cantón Otavalo. Se empleó un diseño de bloques completos al azar con tres bloques y se distribuyeron en tres tratamientos: biol estándar (T1), biol estándar + lodos lácteos (T2) y fertilización química (T3). Las variables evaluadas fueron rendimiento (kg/ha), incidencia y severidad (*Phytophthora infestans* y *Alternaria solani*) a nivel de follaje y (*Rhizoctonia solani* y *Erwinia carotovora*) a nivel de tubérculos. Los rendimientos más altos se obtuvieron con los tratamientos con biol que fueron superiores al tratamiento químico con un 13.7%. En incidencia de *Phytophthora* los tratamientos con biol en la etapa de desarrollo alcanzaron un porcentaje de 82.5%, siendo superior al tratamiento químico en un 78.5%, en lo que concierne a *Alternaria solani*, en la etapa de floración los tres tratamientos alcanzaron un 39.6%. En lo concierne a severidad en la etapa de desarrollo vegetativo, el T2 mostró un nivel de daño 11.6% siendo superior a los tratamientos T1 y T3 con 4.54% y 11.5% para cada caso, en etapa fin de floración-tuberización el T3 obtuvo el mayor nivel de daño con un 16.6% siendo superior a los tratamientos T1 y T2 con un 3.1% y 6.43% respectivamente. Con respecto a *Alternaria solani* el nivel más alto de presencia fue de 2.1%. Referente a incidencia y severidad en *Rhizoctonia solani* y *Erwinia carotovora* en tubérculos no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos al encontrar valores inferiores al 0.4%.

Palabras clave: biofertilizante, incidencia y severidad, ácido jasmónico.

ABSTRACT

EFFECT OF THE APPLICATION OF TWO KIND OF BIOLES IN THE INCIDENCE AND SEVERITY OF DISEASES IN THE POTATO CROP (*Solanum tuberosum* L.) SUPERCHOLA CULTIVAR IN THE OTAVALO CANTON.

Bioles are biofertilizers that contain microorganisms and hormones, which are applied as alternatives for nutrition and induction of resistance to disease in plants. The present research was based on the application of two kind of bioles in the potato crop. Standard biol (traditional), standard biol + milk sludge that may contain linolenic acid, precursor to jasmonic acid, which is a phytohormone that activates the immune system of plants against the attack of pathogens. The objective of the present research was to evaluate the application of two kind of biol in the incidence and severity of diseases in the potato crop (*Solanum tuberosum* L.) Superchola Canton Otavalo variety. A randomized complete block design with three blocks was used for this purpose. Three treatments were evaluated: standard biol (T1), standard biol + milk sludge (T2) and chemical fertilization (T3). The variables evaluated were yield (kg/ha), incidence and severity (*Phytophthora infestans* and *Alternaria solani*) at foliage level and (*Rhizoctonia solani* and *Erwinia carotovora*) at tuber level. The highest yields were obtained with biol treatments that were superior to chemical treatment with 13.7%. In the incidence of *Phytophthora*, biol treatments in the developmental stage reached a percentage of 82.5%, being higher than the chemical treatment by 78.5%. Regarding to *Alternaria solani* in the flowering stage, the three treatments reached 39.6% of incidence. With regard to severity in the juvenile developmental stage, T2 showed 11.16% of damage, being higher than treatments T1 and T3 with 4.54% and 11.5% for each case. At the end of flowering-tuberization stage the T3 obtained the highest level of damage with 16.6% being superior to treatments T1 and T2 with 3.1% and 6.43% respectively. With respect to *Alternaria solani*, the highest level of presence was 2.1%. Regarding incidence and severity in *Rhizoctonia solani* and *Erwinia carotovora* in tubers, no significant differences were found in the treatments when values below 0.4% were found.

Keywords: biofertilizer, incidence and severity, jasmonic acid.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

De acuerdo a Espinoza (2015), en el Ecuador el cultivo de papa es el segundo más importante después del maíz. En la producción se vincula aproximadamente 88 mil productores, de los cuales el 75% son pequeños, 23% medianos y 2% grandes productores. Crisman, Yanggen y Espinosa (2002), manifiestan que la papa ha sido un cultivo básico en los Andes durante milenios y sólo en tiempos recientes, presiones poblacionales han conducido a una intensificación agrícola basada en el uso de insumos externos, especialmente de agroquímicos (pesticidas), mecanización, el monocultivo y períodos de barbecho más cortos. El empleo de tecnologías en cuanto a la aplicación de pesticidas y fertilizantes ha permitido un aumento en la producción de papa en muchos lugares, pero ha tenido a la vez impactos negativos en la salud de los agricultores y del ecosistema (Silva, Cevallos, Sarabia y Boza, 2016).

Con el afán de controlar las principales enfermedades que afectan tanto a la planta como el tubérculo, el productor realiza excesivas aplicaciones de agroquímicos muy peligrosos. Según Oyarzún, Taipe y Forbes (2001) para el control de tizón tardío se realizan de siete hasta 14 aplicaciones de fungicidas sistémicos. Crissman, Yanggen y Espinosa (2002) indicó que, en la zona de Ecuador por el uso excesivo de agroquímicos en el cultivo de papa, los agricultores, sus familias y consumidores sufren problemas de salud tales como dermatitis, cáncer y muerte por intoxicación.

Naranjo (2017) menciona que mancozeb es el ingrediente activo más usado, el cual es una sustancia mutagénica a nivel celular y un posible cancerígeno. Este ingrediente activo se encuentra integrando el 80 por ciento de todos los productos fungicidas usados para este cultivo. De esta manera, se considera que, en algunas regiones del Ecuador, el cultivo de papa es uno de los principales causantes de contaminación ambiental y constituye un riesgo para la salud humana. Por otro lado, el uso de agroquímicos en el cultivo de papa también representa egresos en la economía de los agricultores. De acuerdo al Centro Internacional de la Papa (CIP, 1995), a nivel mundial los agricultores gastan más de 300 millones de dólares al año en pesticidas para proteger este cultivo.

Según Crissman et al., (2002), el efecto negativo de los agroquímicos no recae solamente sobre la salud humana, sino también sobre el medio ambiente, pues estos pesticidas han ocasionado daños tales como pérdida de la fertilidad del suelo, contaminación del agua, pérdida de biodiversidad y proliferación de plagas secundarias por eliminación de enemigos naturales.

Riveros (2010) manifiesta que el sistema de las plantas es inespecífico. No obstante, cada célula vegetal posee un sofisticado sistema de centinela, que distingue señales propias de la planta y aquellas generadas por el patógeno o causadas por un organismo no patogénico. El mecanismo de defensa se activa en forma rápida y eficiente, con la finalidad de detener, aminorar o contrarrestar la infección; y crea condiciones adversas para el crecimiento y reproducción del fitopatógeno. Dada la secuencia necesaria para la activación de la defensa en las plantas, así como la penetración, diseminación de la señal y la respuesta al mismo, se puede catalogar la resistencia como inducida local (en un solo lugar) o resistencia sistémica inducida (en toda la planta). La eficiencia en la regulación de la respuesta depende del tipo específico de organismo y la cantidad, composición y tiempo de identificación de la señal que produce la activación de genes de defensa (Mur, Kenton, Atzorn, Miersch y Wasternack, 2006).

Remedi (1995) manifiesta que el uso de biol implica una adición al cultivo de macro y micronutrientes, microorganismos y de compuestos orgánicos e inorgánicos con efectos sobre las plantas y sobre la comunidad microbiana de la hoja y del suelo. El control de enfermedades a base de biol puede deberse a la presencia de metabolitos producidos por los microorganismos presentes, como por su acción directa sobre los patógenos y/o sobre el hospedero.

Bettioli, Tratch y Galvão (1998) estudiando el efecto de biol en el crecimiento micelial y la germinación de esporas de diversos hongos concluyeron que el biol en concentraciones por encima del 15% en volumen impidieron completamente el crecimiento de los hongos estudiados: *Alternaria solani* (tizón temprano), *Septoria lycopersici* (viruela del tomate), *Scerotinia sclerotiorum* (tumbado de la lechuga).

En el país, la presión para reducir el uso de agroquímicos es cada vez mayor debido a la demanda de mercado de productos más inocuos y la tendencia por una agricultura sostenible. Para Borba (2008), es importante detenerse a reflexionar a largo plazo sobre

la forma de agricultura que favorecerá nuestra salud y nuestro bienestar social, en especial cuando se habla de un alimento con tal importancia mundial como lo es la papa.

Con aplicación del biol se pretendió dar una alternativa de manejo a este cultivo, disminuir el uso de agroquímicos y optimizar los recursos naturales existentes en el sector dedicado a la práctica agrícola.

1.2. Problema de investigación

Este tubérculo es muy importante en el Ecuador, por ser parte de la canasta básica familiar, la papa es considerada el cuarto alimento de mayor consumo en el mundo. Sin embargo, su disponibilidad se ve comprometida cuando enfermedades como tizón tardío (*Phytophthora infestans*), tizón temprano (*Alternaria solani*), rhizoctonia (*Rhizoctonia solani*) y erwinia, (*Erwinia carotovora*) afectan este cultivo. En el Ecuador para el control de estas enfermedades, es necesaria la aplicación continua de fungicidas, alcanzando un promedio de siete aplicaciones durante todo el ciclo. En la sierra, hoy en día, el cultivo de papa es el más controversial en cuestiones fitosanitarias, con problemas de dependencia y sobreutilización de agroquímicos (pesticidas). Efectos negativos en el medio ambiente y la salud humana ponen en duda el beneficio real de los agroquímicos a largo plazo.

Roque (2009) y Organización Mundial de la Salud (OMS, 2009) señalan que cada año se producen 25 millones de intoxicaciones por agroquímicos en el mundo, y alrededor de 20.000 muertes provocadas por ellas, calculándose que el 99% ocurren en las naciones en desarrollo, como el Ecuador.

Para Bedmar (2011) la provincia de Carchi muestra los niveles más altos de intoxicación con plaguicidas registrados en Ecuador y se sitúa entre los más altos reportados en el mundo. Según Chaparro y Castañeda (2015) los plaguicidas fueron la principal causa de muerte después de los accidentes de tránsito, tanto para hombres como para mujeres.

1.3. Justificación

Basaure (2006) manifiesta que, en la agricultura orgánica, una de las alternativas de fertilización foliar son los biofertilizantes. Investigaciones realizadas, permitieron comprobar que aplicados foliarmente a los cultivos, a una concentración entre 20 y 50%, estos estimulan el crecimiento, mejoran la calidad de los productos e incluso tienen cierto efecto repelente contra las plagas.

Peralta, Juscamaita y Meza (2016) señalan que el biol es una estrategia que permite aprovechar el estiércol de animales, a través de un proceso de fermentación anaeróbica, dando como resultado un fertilizante foliar que contiene hormonas vegetales como auxinas y giberilinas. Sin embargo, es muy probable que también tengan hormonas vegetales relacionadas con la inducción de resistencia sistémica o, a su vez, sustancias u organismos que promuevan su formación.

De acuerdo con Creelman y Mullet (1997), el ácido linolénico, sintetizado por bacterias correspondientes al género *Lactobacillus*, es un precursor de ácido jasmónico (hormona relacionada a la inducción de resistencia sistémica). Adicionalmente, el mismo autor menciona que aplicaciones de ácido linolénico en plantas incrementan la concentración de ácido jasmónico en los tejidos de las plantas. De esta manera, se puede inferir que la aplicación de biol, por contener leche, lodos lácteos y residuos digestivos de rumen de vaca, pueda contener ácido linolénico e inducir la formación de ácido jasmónico en los cultivos donde sea aplicado. Laredo, Martínez y Guillen (2017) señalan las hormonas reguladoras de crecimiento vegetal, el ácido jasmónico (JA), ácido salicílico (SA) y el etileno (ET), se les ha vinculado repetidamente en la regulación de respuestas de defensas en las plantas; en muchos casos de ataque de plagas.

La presente investigación tuvo como propósito dar a los agricultores una nueva alternativa para la reducción del uso de productos químicos en el control de enfermedades del cultivo de papa, problemas de salud en el ser humano y contaminación ambiental, por medio de la utilización de biol. Además, no existe información sobre el efecto del biol sobre la activación del sistema inmune en las plantas y su tolerancia al ataque de enfermedades. De esta manera, esta investigación tuvo como objetivo realizar un estudio acerca del efecto de dos tipos de biol (un biol estándar y un biol estándar + el 25% de lodos lácteos que contiene ácido linolénico) frente al ataque de enfermedades en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar la aplicación de dos tipos de biol en la incidencia y severidad de enfermedades en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola en el Cantón Otavalo.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar la incidencia y severidad de tizón tardío (*Phytophthora infestans*), tizón temprano (*Alternaria solani*) y rhizoctonia (*Rhizoctonia solani*) en el follaje del cultivo de papa.
- Evaluar la incidencia y severidad de rhizoctonia (*Rhizoctonia solani*) y erwinia (*Erwinia carotovora*) en los tubérculos de papa.

1.5 Hipótesis

Ho: El uso de dos tipos de biol en el cultivo de papa no influirá en la incidencia y severidad de enfermedades.

Ha: El uso de dos tipos biol en el cultivo de papa si influirá en la incidencia y severidad de enfermedades.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Cultivo de papa

2.1.1 Importancia del cultivo papa en Ecuador

Según Crissman et al. (2002) la papa es un cultivo tradicional de la Sierra del Ecuador y sigue siendo un componente importante en la canasta básica de los ecuatorianos. Las zonas de producción se ubican casi exclusivamente en los valles interandinos, en su mayoría sobre los 3000 msnm. La provincia de Carchi constituye actualmente la zona de producción de papa más importante del país.

Los mismos autores mencionan que el 90% de la papa a nivel nacional se consume en estado fresco. Los usos industriales son variados: como papas fritas en forma de “chips”, a la francesa, congelada, prefrito y enlatada. También se obtiene almidón, alcohol y celulosa de la cáscara. El consumo de comidas rápidas en el país ha aumentado a un ritmo anual del 6%. Las industrias procesadoras utilizan 50000 t año, lo cual representa el 10% de la producción nacional.

2.1.2 Principales zonas de producción de papa

Los resultados obtenidos en el levantamiento y análisis de información (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2017), indican que el rendimiento objetivo promedio nacional de papa fue de 18.9 t ha⁻¹. Sucumbíos, Tungurahua, Carchi y Chimborazo se ubican como las zonas productoras con mayor rendimiento. También se observó que Carchi y Sucumbíos son las provincias de mayor productividad del país, por sus características de suelo y manejo agronómico.

Además, el mismo autor menciona, que las características productivas del cultivo de papa del 2016 a nivel nacional se resumen en: El 85% de los agricultores siembran menos de una hectárea de papa, las variedades más utilizadas fueron: Superchola (55%), Única (10%), Leona (8%) y Chaucha (6%), el 85% de los agricultores utilizan material reciclado.

2.1.3 Descripción taxonómica y botánica

Pumisacho y Sherwood (2002), indican que la descripción taxonómica de la papa es la siguiente:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	<i>Solanum</i>
Especie:	<i>S. tuberosum</i> L.



Figura 1. Planta de papa variedad Superchola

2.1.3.1 Morfología de la planta de papa

Según Pumisacho y Sherwood (2002), la papa es una planta herbácea (Figura 1) con hábitos de crecimiento rastrero o erecto.

Raíz: adventicia es primaria, hipocotíleo, cotiledones y epicotíleo, a partir de los cuales se desarrolla el tallo y el follaje.

Tallos: gruesos y leñosos, con entrenudos cortos. Los tallos son huecos o medulosos, excepto en los nudos que son sólidos, de forma angular y por lo general verdes o rojo púrpura. El follaje normalmente alcanza una altura entre 0.60 a 1.50 m.

Hojas: son compuestas y pinnadas. Las hojas primarias de plántulas pueden ser simples, pero una planta madura contiene hojas compuestas en par y alternadas. Las hojas se ordenan en forma alterna a lo largo del tallo, dando un aspecto frondoso al follaje.

Flores: nacen en racimos y por lo regular son terminales. Cada flor contiene órganos masculinos (androceo) y femenino (gineceo). Son pentámeras (poseen cinco pétalos) y sépalos de color morado y éstas caen por falta de fecundación.

2.1.4 Origen de variedad “Superchola”

De acuerdo a Pumisacho y Sherwood (2002), esta variedad fue generada por el señor Germán Bastidas Vaca, agricultor del cantón Montufar, provincia del Carchi proviene de los cruzamientos realizados con las variedades (Curipamba negra x *Solanum demissum*) x (clon resistente con comida amarilla x chola seleccionada).

2.1.5 Características agronómicas

El cultivo de papa se desarrolla en ambientes contrastantes definidos por sus características propias de clima (temperaturas, precipitaciones) y suelo (disponibilidad de nutrientes, nivel de acidez). Estas características ambientales afectan el crecimiento y desarrollo en las diferentes fases del cultivo que limitan o promueven el nivel de rendimiento (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Chile [INIA-Remehue], 2015). Además Pumisacho y Velásquez (2009) señalan que la variedad Superchola presenta una maduración semitardía, su rendimiento puede llegar hasta las 30 t ha⁻¹ y se puede cultivar desde 2800 hasta 3600 msnm.

2.1.6 Etapas fenológicas del cultivo

El desarrollo del cultivo de papa atraviesa por diferentes etapas bien definidas (Tabla 1), inicia con el almacenamiento de la semilla y termina con la cosecha. A este proceso se le conoce como etapas fenológicas; las cuatro primeras se denominan vegetativas; las dos siguientes son reproductivas y la última es la maduración.

Tabla 1.

Etapas fenológicas del cultivo de papa

Fase Vegetativa			Fase Reproductiva		Maduración	
V0	V1	V2	V3	R4	R5	R6
Brotación	Emergencia	Desarrollo	Inicio floración-tuberización	Fin floración-tuberización	Engrose	Maduración
	15-20 días	21-90 días	91 días	120 días	127-151 días	151 -200 días

Fuente: Pumisacho y Velásquez (2009).

2.1.7 Ciclo de vida de la papa

Como menciona el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile (INIA- Remehue, 2013), el cultivo de la papa presenta diversas etapas, en cada una de ellas se deben considerar acciones de manejo, que permiten conocer que enfermedades se presentan durante todo el ciclo de vida y con ello establecer el método de control más efectivo que garantice el adecuado desarrollo del cultivo.

Desarrollo de los brotes: a partir del tubérculo semilla, que serán los tallos y en la base de estos comienzan a emerger las raíces.

Crecimiento vegetativo: comienza la fotosíntesis, desarrollo de tallos, ramas y hojas en la parte aérea y desarrollo de raíces y estolones en la parte subterránea.

Inicio de la tuberización: los tubérculos se forman en la punta de los estolones en la parte subterránea, en la mayoría de los cultivares el fin de esta etapa coincide con el inicio de la floración.

Llenado de tubérculos: las células de los tubérculos se expanden con la acumulación de agua, nutrientes y carbohidratos, los tubérculos se convierten en la parte dominante de la deposición de carbohidratos y nutrientes inorgánicos.

Maduración: la fotosíntesis disminuye, el crecimiento del tubérculo también disminuye, la planta toma un color amarillento y eventualmente muere, en este punto el tubérculo alcanza su máximo contenido de materia seca y tiene la piel bien formada.

2.2 Manejo del cultivo

Estas prácticas implican una serie de decisiones agronómicas que van desde la elección del terreno a cultivar hasta el momento de la cosecha del cultivo, donde destacan labores de preparación de suelos, y fertilización entre otras actividades.

2.2.1 Fertilización química

Se refiere a la aplicación de fertilizantes químicos (Tabla 2) que se ha convertido en parte integral de la agricultura moderna por su utilidad en mejorar el rendimiento de los cultivos.

Tabla 2.

Fertilización química para el cultivo de papa

Recomendación de fertilización				
	N (kg/ha)	P₂O₅ (kg/ha)	K₂O (kg/ha)	S (kg/ha)
Bajo	150-200	300-400	100-150	40-60
Medio	100-150	200-300	60-100	20-40
Alto	60-100	100-200	40-60	0-20

Fuente: Pumisacho y Sherwood (2002).

2.2.2 Controles fitosanitarios

Centro Internacional de la Papa (CIP, 2008), indica que la utilización de productos químicos son capaces de prevenir una infección o realizar algún tipo de control posterior a la infección, los productos usados para controlar el tizón tardío son clasificados como de contacto y sistémicos en la Tabla 3 se mencionan algunos productos para prevención

y control.

Tabla 3.
Control químico para enfermedades de papa

Grupo químico	Mecanismo de acción	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis	Enfermedad
Cobre (contacto)	Multisitio alto espectro	oxicloruro de cobre	Oxicloruro de cobre	80 g/20 l	<i>Phytophthora infestans</i>
Phenilamidas (Sistémico contacto)	Sistémico: inhibición en la biosíntesis ARN polimerasa + contacto: multisitio amplio	benalaxyl+ mancozeb	Galbe M		<i>Phytophthora infestans</i>
Benalaxyl, metalaxyl +dithiocarbamatos (Mancozeb)		mancozeb	Ridomil Gold		<i>Alternaria solani</i>

2.2.3 principales enfermedades que afectan al cultivo de papa

Bayona (2013), manifiesta que el cultivo de papa es afectado por numerosas especies de hongos, bacterias y virus que causan enfermedades en las plantas o en los tubérculos afectando, de esta manera, la producción y la calidad de la cosecha.

2.2.3.1 Tizón tardío

Nombre Común: Tizón tardío o Lancha

Nombre Científico: *Phytophthora infestans*

Clase: Oomycete

Importancia

INIA-Remehue (2015), menciona que *Phytophthora infestans* deriva de dos voces griegas: Phyto = planta y phthora = destructor, por lo tanto, *Phytophthora*, significa destructor de plantas. Es una enfermedad de origen fungoso más importante de la papa, en el mundo, además es conocida por los agricultores como lancha, debido que es muy peligrosa y puede ocasionar hasta el 100% de pérdidas del cultivo, se presenta en

cualquier etapa, pero en la etapa V3 época de floración se debe tener más cuidado debido a que el cultivo presenta mayor cantidad de follaje y se crea un microclima húmedo que favorece el desarrollo de la enfermedad.

Sintomatología

INIA-Remehue (2015), afirma que *Phytophthora infestans* ataca en cualquier etapa del cultivo afectando hojas y tubérculos, pero en la etapa V3 época de floración se debe tener más cuidado debido a que el cultivo presenta mayor cantidad de follaje y se crea un microclima húmedo que favorece el desarrollo de la enfermedad.

Hojas: los primeros síntomas comienzan en los bordes de las hojas inferiores de la planta, con lesiones irregulares de color verde oscuro al inicio con márgenes pálidos y moho blanquecino en las hojas, posteriormente lesiones café oscuras, tallos y ramas (INIA-Remehue, 2015).

Tallos: los síntomas se suelen observar hacia la parte superior de la planta, a partir del tercio medio aproximadamente. Las lesiones son necróticas de color café oscuro a negro y pueden variar desde unos pocos centímetros a 10 cm de longitud, cuando la lesión ha atacado gran parte del tallo, este se vuelve quebradizo, sobre todo al paso de personas o maquinarias de trabajo (INIA-Remehue, 2015).

Tubérculos: los síntomas en los tubérculos se presentan como lesiones necróticas, secas y de color marrón, extendiéndose desde unos pocos milímetros hasta unos 3 cm. con una apariencia granulosa de color ladrillo, algunas veces, junto con esta pudrición seca, se pueden presentar organismos secundarios, principalmente bacterias, que provocan una pudrición húmeda y un fuerte olor; la pudrición seca producida por tizón tardío solo produce un ligero olor a vinagre (INIA-Remehue, 2015).

Fuentes de inóculo

La primera y principal fuente de enfermedades en las zonas productoras de papa son los tubérculos-semilla infectados, tubérculos invernantes de plantaciones de años anteriores que dan origen a papas voluntarias (plantas huachas) o tubérculos de desecho. Desde esta planta enferma, el agente fitopatógeno es llevado por agentes diseminantes como el agua de lluvia, el viento, maquinaria, insectos, suelo y las personas entre otros, hacia otras plantas, donde inician una nueva infección (INIA-Remehue, 2015).

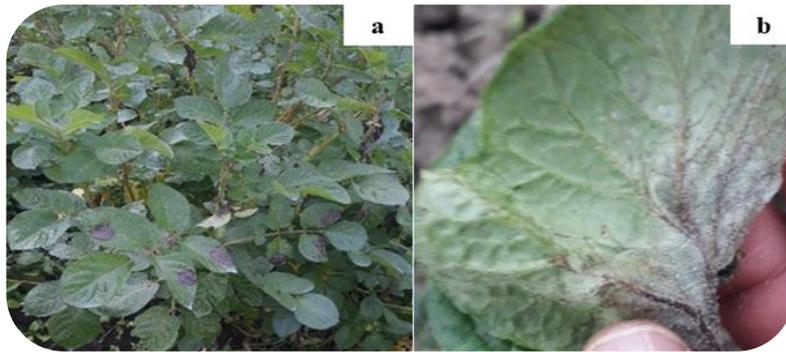


Figura 2. a) Planta con tizón tardío (*Phytophthora infestans*).
b) Hoja con tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

Condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad

Al igual que todos los cultivos agrícolas, la planta de papa puede presentar diversas enfermedades como se observa en la Figura 2, dentro de la que encontramos al tizón tardío el que se puede producir a causa de varios factores como: hojas mojadas, follaje denso y una temperatura de 10-25 °C, los cuales afectan su normal desarrollo (Ciampi, 1994).

Ciclo de tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

INIA-Remehue (2015) indica que la forma más común de diseminación de la enfermedad es a través de los esporangios que se forman bajo condiciones apropiadas de humedad Figura 3. Los esporangios se producen óptimamente a temperaturas cercanas a 21°C, son rápidamente diseminados por las salpicaduras de lluvia y el viento.

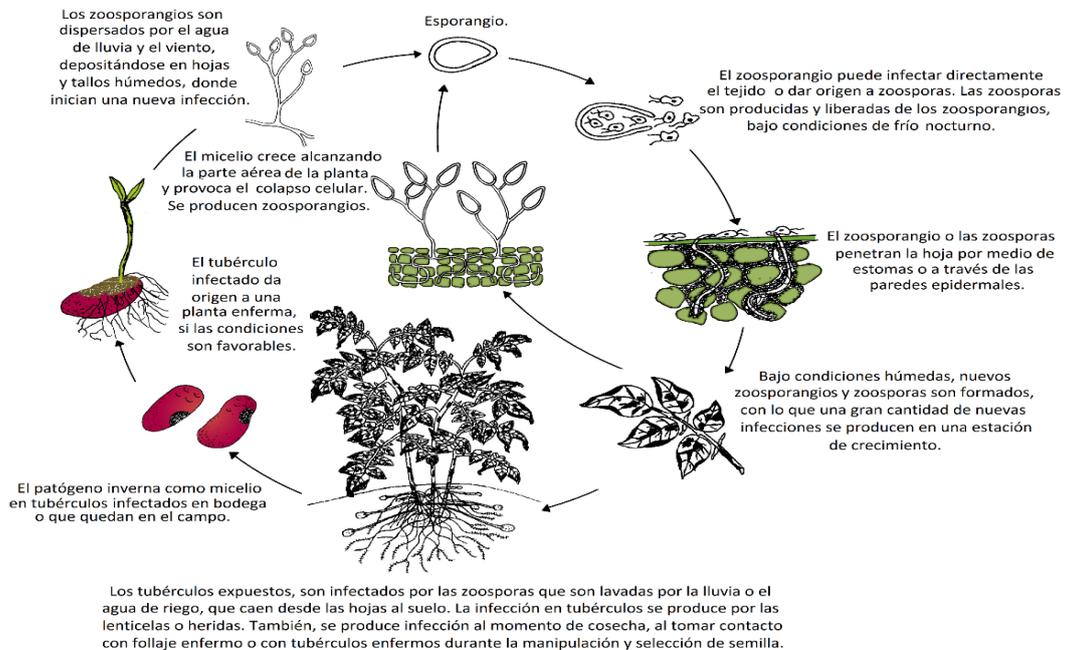


Figura 3. Ciclo de tizón tardío (*Phytophthora infestans*)
Fuente: INIA-Remehue (2015).

2.2.3.2 Tizón temprano

Nombre Común: Tizón temprano

Nombre Científico: *Alternaria solani*

Clase: Deuteromycetes

Importancia

Méndez y Inostroza (2009), expresan que el tizón temprano ha sido menos estudiado que el tizón tardío, pero en los últimos años se ha observado que es una enfermedad importante en muchas áreas donde se cultiva la papa, se puede presentar en cualquier etapa del cultivo, pero con más frecuencia se presenta en la etapa de floración atacando al follaje; la disminución del rendimiento causado por el ataque al follaje alcanza hasta más del 50%.

Sintomatología

Según Castro y Contreras (2011) las lesiones inician en las hojas inferiores para luego ir ascendiendo a toda la planta causando un amarillamiento generalizado hasta la muerte de la planta en la etapa V3, inicio de floración y tuberización del cultivo, siendo raro ver cultivos jóvenes atacados por el hongo. El síntoma característico es la aparición de manchas irregulares oscuras rodeadas de un halo amarillento, que se desarrolla como anillo, al interior de las manchas se encuentran anillos concéntricos.

Hojas: aparecen pequeñas manchas circulares, oscuras rodeadas de un halo amarillento, que se desarrolla como anillo, al interior de las manchas se encuentran anillos concéntricos, la parte afectada de las hojas se desprenden dejando agujeros (INIA-Remehue, 2015).

Tallos: se forman lesiones muy similares a las observadas en hojas. Los tallos se vuelven quebradizos afectando así, la planta completa (INIA-Remehue, 2015).

Tubérculos: las lesiones se distribuyen de forma irregular sobre la superficie de los tubérculos. Son hundidas con los bordes elevados y de un color que puede pasar del gris al marrón a púrpura al negro. La lesión se proyecta al interior del tubérculo desde unos pocos milímetros hasta 2 o 3 cm con una apariencia seca, dura y de color marrón (INIA-Remehue, 2015).

Fuentes de inóculo

El inóculo de *Alternaria solani* puede sobrevivir un año en forma de micelio o como esporas en restos de plantas, sobre la superficie del suelo y se disemina mediante tubérculos enfermos, cultivos cercanos, lluvia, viento, maquinaria agrícola. Proceso mediante el cual el agente patogénico provoca la enfermedad en su huésped (Ciampi, 1994).

Condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad

Ciampi (1994) menciona que la infección foliar se favorece por temperaturas de alrededor de 25°C. La lluvia estimula la enfermedad, pero no es necesaria si hay rocío abundante y frecuente. El hongo penetra directamente a través de la epidermis. Durante las etapas tempranas del cultivo puede ocurrir la infección primaria en follaje más viejo, sin embargo, el tejido joven, en activo crecimiento y plantas con exceso de fertilización nitrogenada, no exhiben síntomas. La mayor diseminación secundaria ocurre durante o después de la floración, cuando el nivel de inóculo es más alto. La enfermedad se desarrolla con mayor rapidez cuando se alternan condiciones húmedas y secas en el ambiente (Figura 4).

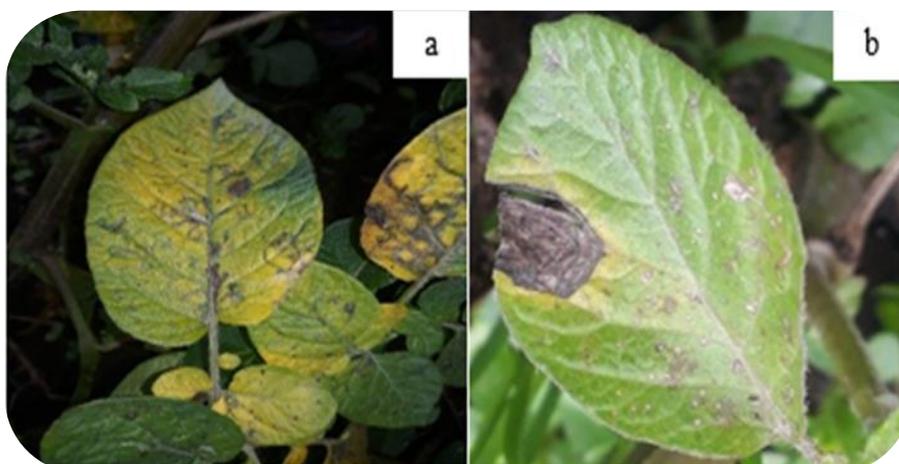


Figura 4. a) Hoja compuesta con tizón temprano (*Alternaria solani*).
b) Foliolo con tizón temprano (*Alternaria solani*).

Ciclo de tizón temprano (*Alternaria solani*)

La mayor propagación de la enfermedad se da durante o después de la floración (Figura 5), se desarrolla con mayor rapidez cuando se alternan condiciones húmedas y secas en el ambiente (Ciampi, 1994).

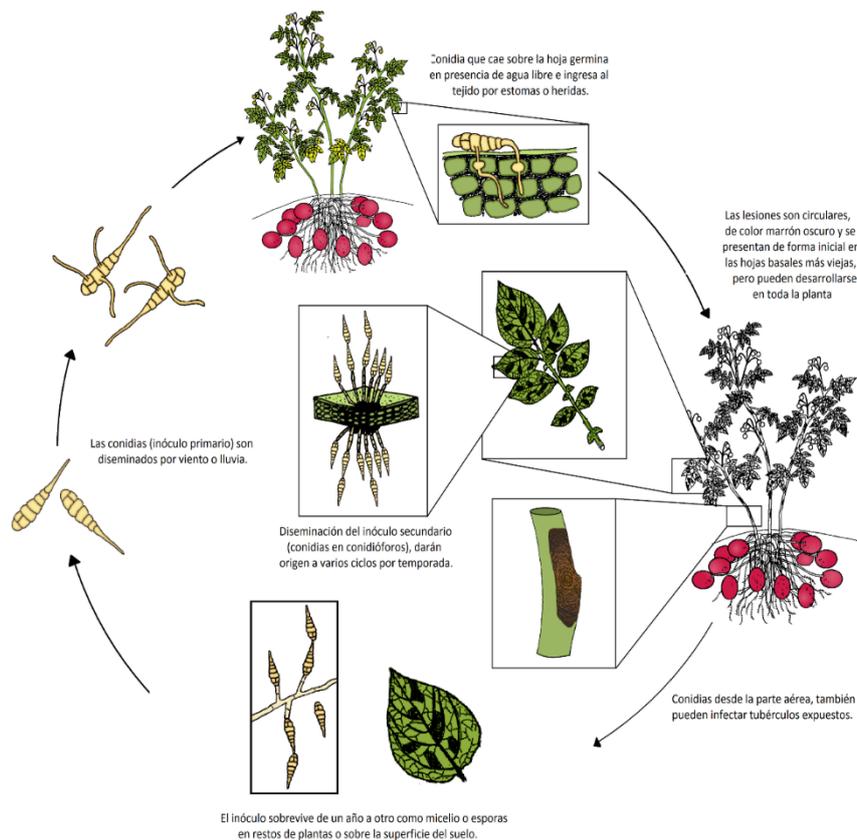


Figura 5. Ciclo de tizón temprano (*Alternaria solani*)
Fuente: INIA-Remehue (2015).

2.2.3.3 *Erwinia*

Nombre Común: Pierna negra y pudrición blanda

Nombre Científico: *Erwinia carotovora*.

Clase: Deuteromycetes

Importancia

La pierna negra se presenta en la planta de papa y pudrición blanda en los tubérculos, esta enfermedad aparece en zonas lluviosas o húmedas, en el almacenamiento de los tubérculos puede ser un limitante muy serio ya que las pérdidas llegan hasta a un 100% (INIA-Remehue, 2015).

Sintomatología

INIA-Remehue (2015), indica que esta enfermedad puede aparecer en cualquier etapa de desarrollo de la planta, cuando la humedad es excesiva y está presente el patógeno. Las

lesiones negras (pudrición acuosa) van ascendiendo por el tallo, desde el tubérculo-semilla con pudrición blanda.

Fuentes de inóculo

Proceso mediante el cual el agente patógeno provoca la enfermedad en su huésped, estas formas de propagación dentro de los campos son: residuos de cosechas, tubérculos-semilla y suelos donde se realizan monocultivos (INIA-Remehue, 2015).

Condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad

Las condiciones climáticas suelen cambiar rápidamente con intensidad variable: estos cambios afectan en forma drástica el desarrollo de la enfermedad en especial en climas templados-fríos (INIA-Remehue, 2015).

Ciclo de pierna negra (*Erwinia carotovora*)

La vía principal de la diseminación de la enfermedad hacia áreas libres, son los tubérculos-semillas aparentemente sanos, pero portadores de las bacterias en forma latente sobre su superficie. Estos tubérculos al ser sembrados generalmente se pudren, liberando gran cantidad de bacterias que se trasladan en el agua del suelo y contaminando a los demás tubérculos (Figura 6).

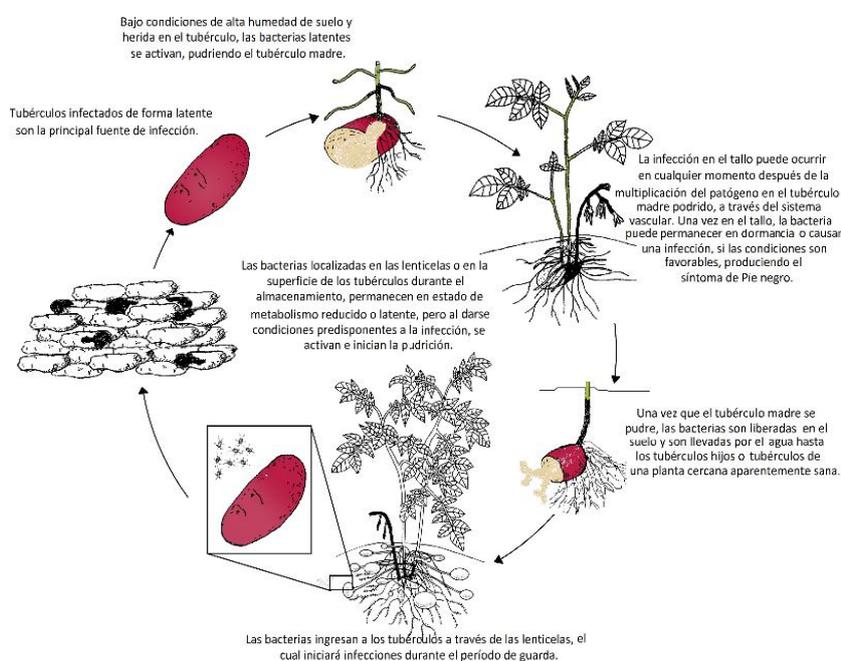


Figura 6. Ciclo de pierna negra (*Erwinia carotovora*).

Fuente: INIA-Remehue (2015).

2.2.3.4 *Rhizoctonia*

Nombre Común: Costra negra

Nombre Científico: *Rhizoctonia solani*

Clase: Basidiomycetes

Importancia

INIA-Remehue (2015) indica que la rhizoctiniasis es una enfermedad ampliamente diseminada en todas las regiones donde se cultiva papa, el ataque de este hongo produce daños a brotes, estolones, tallos y tubérculos, cuando las plantas están severamente afectadas muestran una disminución en el rendimiento de hasta un 90%, el efecto en la calidad es significativo, porque puede dar lugar a cosechas con un 80% de tubérculos pequeños y deformes.

Sintomatología

Hojas: INIA-Remehue (2015) indica que, debido a la presencia de canchales en los tallos, la parte aérea se debilita y se observa amarillez y enroscamiento de hojas a veces, los ápices se ven de una pigmentación púrpura.

Tallos: INIA-Remehue (2015) señala que las lesiones características producidas en los tallos son cancro café a negro con hendiduras. Estos canchales pueden continuar creciendo y llegar a estrangular los tallos en plantas nuevas. Infecciones más tardías producirán canchales en los tallos principales induciendo la formación de, amarillez y enroscamiento de hojas. Estas lesiones se pueden presentar en la parte del tallo que se encuentra a nivel de suelo o debajo de este nivel. En algunos casos se puede producir una capa de en la base del tallo.

Estolones: se observan lesiones similares a las producidas en tallos, canchales de color marrón a negro con hendiduras. En este caso las lesiones también pueden llegar a estrangular los estolones. Infecciones tempranas de los estolones provocan la no formación de tubérculos o afectan la formación de tubérculos en crecimiento, induciendo su deformación (INIA-Remehue, 2015).

Tubérculos: el síntoma más conocido de la rizoctoniasis es la presencia de corpúsculos negros, que son esclerocios sobre la superficie del tubérculo. Los esclerocios pueden variar en tamaño desde muy pequeños, planos, como punteado negro, hasta grandes

masas irregulares que cubren una gran parte del tubérculo. Los esclerocios son de color oscuro o negros, duros y de tamaño y forma irregular. También los tubérculos pueden presentar grietas, malformaciones, concavidades y necrosis. Muchas veces los esclerocios pueden ser confundidos con restos de tierra, sin embargo, al lavar los tubérculos los esclerocios no se desprenden (INIA-Remehue, 2015).

Fuentes de inóculo

El hongo puede sobrevivir por largos períodos en el suelo ya sea en tubérculos que quedan en el campo, zonas donde se realiza el monocultivo, tubérculos-semilla, agua de riego (Ciampi, 1994).

Condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad

Las condiciones climáticas suelen cambiar rápidamente con intensidad variable: estos cambios afectan en forma drástica el desarrollo de costra negra (*Rhizoctonia solani*) cuando hay presencia de humedad del suelo y ambiente acompañada de una temperatura de 18°C (Ciampi, 1994).

Ciclo de costra negra (*Rhizoctonia solani*)

El patógeno se mantiene de una campaña a la otra en su forma de esclerocios en el suelo y sobre los tubérculos o como micelio en restos vegetativos en el suelo (Figura 7). Cuando las condiciones son favorables, los esclerocios germinan e invaden los tallos de papa o los brotes emergentes principalmente a través de las heridas.

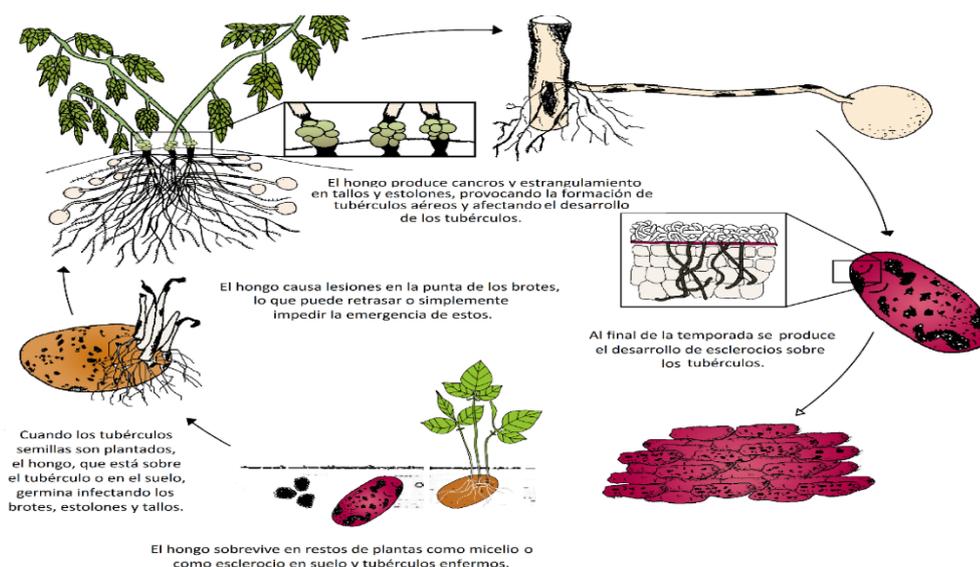


Figura 7. Ciclo de costra negra (*Rhizoctonia solani*)

Fuente: INIA-Remehue (2015).

2.3 Biol.

Restrepo (2007) manifiesta que el biol es abono líquido con mucha energía equilibrada y en armonía mineral, preparados a base de estiércol de vaca, disuelta en agua enriquecida con leche, melaza y ceniza, que se coloca a fermentar por varios días en tanques de plástico, bajo un sistema anaeróbico (sin la presencia de oxígeno) (Figura 8).

Rodríguez-Fernandez y Silva-Soria (2007) señalan que el biol es una fuente orgánica de fitorreguladores a diferencia de los nutrientes, en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para las siguientes actividades agronómicas: enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), acción sobre follaje (amplía la base foliar) mejora la floración y activa el vigor y el poder germinativo de las semillas, traduciéndose todo esto en un aumento en rendimiento de los cultivos.

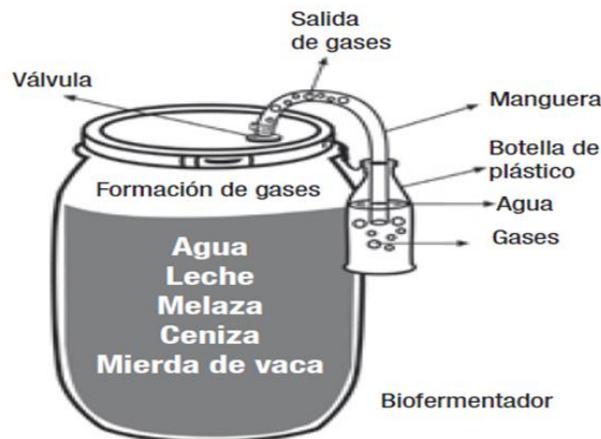


Figura 8. Materiales e ingredientes en la fermentación del biol
Fuente: Restrepo (2007)

2.4 Función de los ingredientes del biol

En la preparación del biol se pueden utilizar diferentes ingredientes, aunque de forma general tiene dos componentes una parte sólida y otra líquida. Cada ingrediente tiene una función específica en la fermentación (Restrepo, 2007).

La leche: Principalmente tiene la función de reavivar el biopreparado, aportando proteínas, vitaminas, grasa y aminoácidos para la formación de otros compuestos orgánicos que se generan durante el periodo de la fermentación del biol, al mismo tiempo les permite el medio propicio para la reproducción de los microorganismos de la fermentación.

La melaza: Su función es aportar la energía necesaria para activar el metabolismo microbiológico, para que el proceso de fermentación se potencialice, además de aportar otros componentes en menor escala como son algunos minerales, entre ellos: calcio, potasio, fósforo, boro, hierro, azufre, manganeso, zinc y magnesio.

La ceniza: Su función es proporcionar minerales y elementos trazas al biofertilizante para activar y enriquecer la fermentación.

Estiércol de vaca: Tiene la función de aportar los ingredientes vivos (microorganismos) para que ocurra la fermentación del biol. Aportando principalmente inóculos o semillas de levaduras, hongos, protozoos y bacterias; los cuales son directamente los responsables de digerir, metabolizar y colocar de forma disponible para las plantas y el suelo todos los elementos nutritivos que se encuentran en el caldo vivo que se está fermentando en el tanque. Por otro lado, el estiércol de vaca contiene una gran cantidad diversificada de microorganismos muy importantes para dar inicio a la fermentación del biopreparado, entre los cuales se destaca *Bacillus subtilis*.

El agua: Tiene la función de facilitar el medio líquido donde se multiplican todas las reacciones bioenergéticas y químicas de la fermentación anaeróbica del biol.

2.5 Ventajas del biol

Guanopatín (2012), indica la manera en que el biol ayuda al suelo, acelera el crecimiento y desarrollo de la planta.

- Aumenta la tolerancia a condiciones climáticas adversas (heladas, granizadas).
- Es ecológico, compatible con el medio ambiente y no contamina el suelo.
- Acelera la floración, en trasplante, se adapta mejor la planta en el campo.
- Conserva mejor el NPK, Ca, debido al proceso de descomposición anaeróbica lo cual nos permite aprovechar totalmente los nutrientes.

2.6 Lodos lácteos

Morales (2009), define a los lodos lácteos como un subproducto obtenido dentro del tratamiento primario de aguas residuales ya sean industriales o domésticas, son de color blanco a gris pegajosos y de olor un poco desagradable. Debido a la gran cantidad de humedad contenida en dichos lodos es necesario someterlos a un tratamiento mediante procesos aeróbicos o anaeróbicos antes de su disposición; a fin de disminuir su actividad biológica (tendencia a la putrefacción), contenido de agua y microorganismos causantes

de enfermedades. El mismo autor, menciona que los lodos lácteos son más utilizados en compostaje mediante esta degradación biológica controlada de materiales orgánicos, de aprovechamiento y estabilización biológica por medio del cual se desinfecta el lodo hasta formar un compuesto estable, de color oscuro, textura suelta y olor a tierra similar al humus, denominado compost que puede usarse de forma benéfica como un correctivo para el suelo.

Parra (2009) indica que estas aguas residuales tienden a volverse ácidas muy rápidamente por la fermentación de la lactosa que se transforma en ácido láctico, principalmente en ausencia de oxígeno disuelto y el pH bajo resultante puede ser la causa de la precipitación de la caseína. La descomposición de la caseína, es la causante de malos olores, debido a la formación de ácido butírico.

2.7 Ventajas de lodos lácteos

Dentro de las ventajas del uso de lodos lácteos como mejoradores de suelo se encuentran: aportan al suelo los nutrientes que el lodo contiene y que son elementos esenciales para el crecimiento de las plantas; la materia orgánica mejora las condiciones químicas y físicas del suelo tales como estructura, permeabilidad y poder de amortiguamiento (Morales, 2009).

2.8 Sistema inmune de las plantas

Según Zipfel (2008) las plantas están sujetas al cambio de condiciones ambientales, incluyendo el constante ataque de agentes patógenos. Sin embargo, poseen mecanismos de defensa que van desde barreras físicas (películas de cera en la superficie de sus órganos, paredes celulares rígidas), hasta potentes mecanismos moleculares de resistencia en cada célula y señales sistémicas provenientes del sitio de la infección que tienen marcadas similitudes con la inmunidad innata de los animales.

2.9 Señalización de ácido jasmónico

Según Zavala (2010) el daño mecánico producido por el ataque de plagas o patógenos incrementan la acumulación de ácido jasmónico en las células en menos de 30 minutos. La síntesis de jasmonatos se produce en plantas a partir de un compuesto llamado ácido linolénico, que se desprende de la pared celular dañada. De esta forma, el ácido linolénico inicia la producción de ácido jasmónico a través de la denominada ruta de los octadecanoides. La ruta de biosíntesis de los jasmonatos es compleja, no solo por el número y tipo de procesos involucrados sino también porque ocurre en distintos lugares

de la célula. Una vez que el ácido jasmónico es sintetizado en el peroxisoma debe ser transportado al citoplasma, donde activa el sistema de degradación de proteínas, que funciona como activador de los genes de defensa.

2.10 Ácido salicílico, ácido jasmónico y etileno sobre la resistencia inducida

El ácido jasmónico, al igual que cualquier otra hormona, no participa de forma aislada en la activación de los procesos que regula, sino que lo hace interaccionando con otras moléculas señalizadoras (Solano y Lorenzo, 2005). Se han descrito un amplio número de interacciones entre el AJ y otras rutas de señalización hormonal como las de etileno, AS, auxinas.

Al ser herida la planta por algún patógeno se induce el aumento en la producción de etileno. Lo que genera la formación de elicitores (conformados principalmente por los elementos de las paredes celulares destruidas. Estos causan diversas reacciones: pueden generar desde reacciones de hipersensibilidad conectada con la explosión oxidativa y la muerte programada de las células alrededor del lugar infectado.

En la resistencia inducida, el ácido salicílico (SA), el ácido jasmónico (JA) y el etileno (ET) juegan un papel clave (Durrant y Dong, 2004) y la eficiencia en la regulación de la respuesta depende del tipo específico de organismo y la cantidad, composición y tiempo de identificación de la señal que produce la activación de los genes de defensa.

2.11 Papel de la fertilización en la tolerancia a las enfermedades de las plantas

Velasco (1999) indica que el manejo nutricional a través de la fertilización N P K es un control cultural importante en las enfermedades de las plantas y un componente integral de la producción agrícola. Marschner (1995) señala que las plantas que reciben una nutrición balanceada son más tolerantes a las enfermedades; es decir, tienen mayor capacidad para protegerse de nuevas infecciones y de limitar las ya existentes. Los nutrientes pueden, además, incrementar o disminuir la resistencia, tolerancia de los cultivos a los patógenos. La resistencia es la habilidad del huésped para limitar la penetración, el desarrollo o reproducción del patógeno invasor, así como restringir la alimentación de las enfermedades.

2.12 Influencia de la fertilización con NPK frente a las enfermedades en las plantas

Velasco (1999) indica que muchos de los elementos minerales, requeridos por la planta para su crecimiento, incrementan o disminuyen la severidad de algunas enfermedades. Marschner (1995) menciona que el nitrógeno (N) ha sido intensamente estudiado en relación a la nutrición del huésped y a la severidad de las enfermedades, debido a que es esencial para el crecimiento de las plantas, a su limitada disponibilidad en el suelo y a su efecto en el tamaño y grosor de la pared celular. La forma disponible más que la cantidad de N determina la severidad de la enfermedad disponibilidad en el suelo y a su efecto en el tamaño y grosor de la pared celular. La forma disponible más que la cantidad de N determina la severidad de la enfermedad

Mengel y Kirkby (1980) indican que el potasio (K) se considera de gran importancia en la nutrición de las plantas, especialmente en su aspecto sanitario. Este elemento es responsable de más de 48 funciones distintas en las plantas desde regulador del cierre estomático de las hojas en las células oclusivas, hasta principal activador de la síntesis de carbohidratos. Esta última función es muy importante en cultivos como la papa debido al gran contenido de carbohidratos que debe formar y almacenar en los tubérculos.

Munévar, (2004) sugiere la relación entre la concentración de N/K en los tejidos de las plantas tiene efectos sobre el desarrollo de las enfermedades, cuando hay una alta relación N/K, el mecanismo de acción del bajo del K y el alto en N se refuerzan y esto favorece el desarrollo de las enfermedades fungosas. Esta condición explica las observaciones que han permitido sugerir que la alta relación N/K hace parte de los factores de predisposición de la palma de aceite a la enfermedad de la Pudrición de Cogollo.

Velasco (1999) indica que el fósforo y el potasio, en general incrementan la resistencia contra las enfermedades, aunque este efecto es mayor para el potasio, las aplicaciones de P reducen las enfermedades en semillas, así como enfermedades fungosas en la raíz, al estimular un desarrollo vigoroso que permite a las plantas evadir las enfermedades. Puesto que el P es esencial para la multiplicación de los virus, un exceso de éste puede incrementar la susceptibilidad de las plantas a las enfermedades virosas, el mismo autor observo que con un bajo nivel de concentración de P en la solución nutritiva balanceada hubo menor expresión de síntomas del virus mancha anillada del tabaco en calabacita (*Cucurbita pepo* L.) y cuando se mantuvo en cantidades normales observaron un incremento en la expresión de síntomas.

2.13 Marco legal

En el Artículo 18 del Manual de Buenas Agrícolas de (AGROCALIDAD, 2015) se menciona en caso de utilizar materiales orgánicos de producción local, tales como estiércol o restos vegetales derivados de cultivos, entre otros, éstos deben ser tratados mediante procesos anaeróbicos o anaeróbicos, debido que no se debe aplicar estiércol fresco directamente al suelo ya que es perjudicial, se puede utilizar para su descomposición microorganismos (bacterias y hongos.).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del área de estudio

La presente investigación fue realizada en la comunidad San Luis de Agualongo (Figura 9). Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2015), su ubicación geográfica es la siguiente:

3.1.1 Ubicación geográfica

Provincia: Imbabura
 Cantón: Otavalo
 Parroquia: Ilumán
 Lugar: Comunidad San Luis de Agualongo
 Temperatura media: 14.7 °C
 Altura: 2550 m.s.n.m.

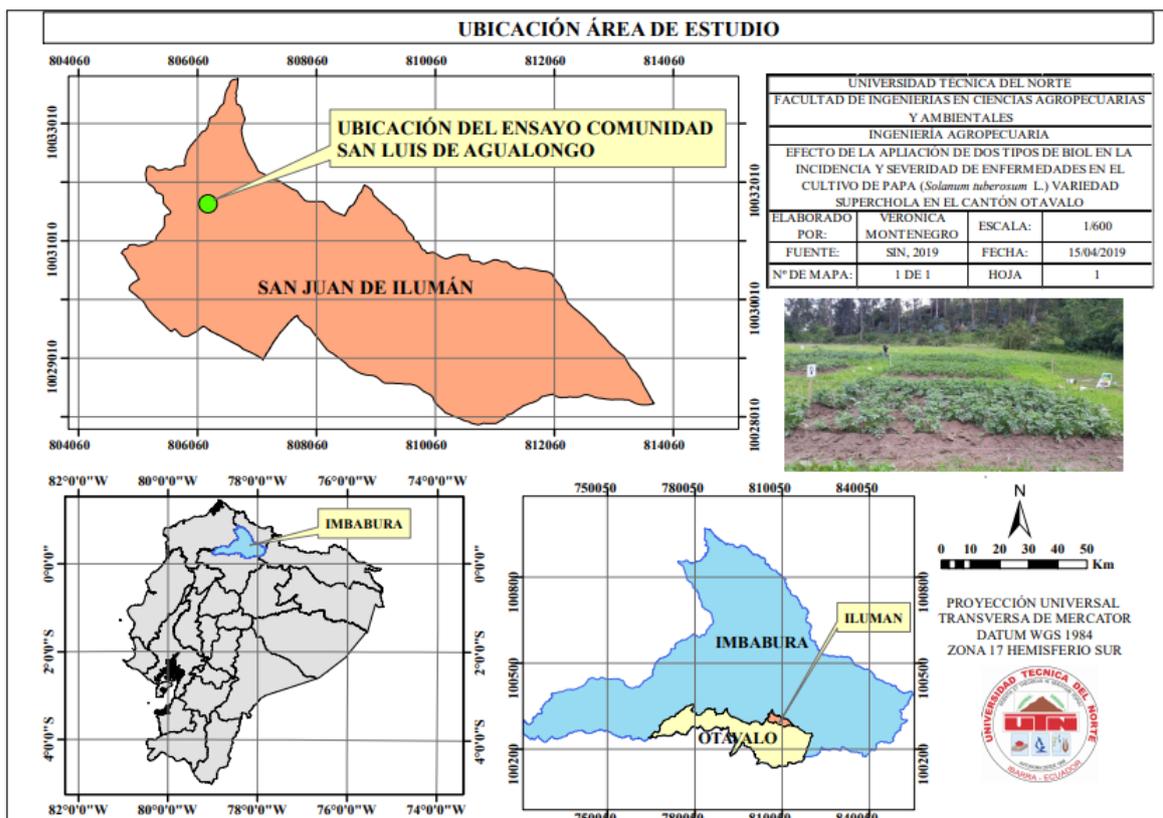


Figura 9. Ubicación del área de estudio San Luis de Agualongo-Otavalo.

3.2 Materiales y métodos

3.2.1 Materiales experimentales

- Variedad de papa Superchola
- Biol estándar
- Biol estándar + lodos lácteos

3.2.2 Materiales de campo

- Tanques plásticos de 200 litros
- Bomba de mochila
- Botas de caucho
- Estacas
- Letreros
- Piola

3.2.3 Materiales de oficina

- Computadora
- Impresora
- Cámara fotográfica
- Flash memory
- Libreta de campo

3.2.4 Insumos

- Fertilizante
- Fungicidas

3.2.5 Factores en estudio

Los factores en estudio son los tipos de biol que se presentan a continuación:

- Biol estándar
- Biol estándar + lodos lácteos
- Testigo (fertilización química)

La dosis de biol que se utilizó por cada tratamiento fue calculada en base a los requerimientos del cultivo de papa, con una dosis de 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno. Para lo cual se necesitó de 3.24 kg de nitrógeno (N) para un área de estudio de 216 m², los cuales

fueron cubiertos con 437 litros de biol por semana, es decir 4 tanques de 200 litros por semana (Anexo 1).

3.2.6 Tratamientos

Los tratamientos a evaluar constan en la Tabla 4.

Tabla 4.

Descripción de tratamientos en estudio

Tratamientos	Descripción
T1	Biol estándar + compost -150 kg N ha ⁻¹ (foliar y drench)
T2	Biol con lodos lácticos + compost -150 kg N ha ⁻¹ (foliar y drench)
T3 (Testigo)	Fertilización química -150 kg N ha ⁻¹

3.2.7 Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA).

3.2.8 Características del experimento

El área del experimento estuvo conformada de la siguiente manera:

Tratamientos:	3
Bloques:	3
Total de unidades experimentales:	9
Largo:	6 m
Ancho:	6 m
Área total:	36 m ² (6 m x 6 m)
Separación entre parcelas:	3 m
Área total del ensayo:	900 m ² (30 m x 30 m)
Distancia entre surco:	1 m
Números de surcos:	6 surcos por parcela
Distancia entre planta:	0.40 cm
Número de plantas por parcela:	90 plantas
Número de plantas por surco:	15 plantas
Número de plantas evaluadas:	24 plantas por parcela.

El experimento estuvo conformado por 810 plantas que se sembraron en 54 surcos, se evaluaron 216 plantas, con una frecuencia semanal.

3.2.9 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se realizó el análisis de varianza, para un Diseño de Bloques Completos al Azar (Tabla 5).

Tabla 5.

Análisis de varianza (ADEVA) para un Diseño de Bloques Completos al Azar para el estudio de biol en enfermedades en el cultivo de papa

Fuentes de variación		GL
Tratamientos	(t - 1)	2
Bloques	(R - 1)	2
E. exp.	(t - 1) (R - 1)	4
Total	(T x R) - 1	8

Para el análisis de datos de se utilizó la prueba de Fisher 5% al encontrar diferencias significativas en los tratamientos.

3.2.10 Variables evaluadas

Para evaluar el efecto de los dos tipos de biol frente al ataque de enfermedades en las plantas de papa, se midieron las siguientes variables:

a) **Incidencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y tizón temprano (*Alternaria solani*)**

Para evaluar el efecto de los dos tipos de biol en la incidencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y tizón temprano (*Alternaria solani*), se seleccionaron 24 plantas al azar por parcela neta, las mismas que fueron evaluadas semanalmente a partir de los 35 días después de la siembra (dds), que corresponde a la etapa fenológica desarrollo vegetativo, hasta los 112 dds que corresponde a la etapa fenológica reproductiva.

Para su cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{Incidencia} = \frac{\text{Número de plantas afectadas}}{\text{Número total de plantas evaluadas}} \times 100 \quad (1)$$

b) Severidad de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y tizón temprano (*Alternaria solani*)

La severidad se determinó visualmente, en las mismas 24 plantas seleccionadas al azar de la anterior variable. En cada planta se evaluaron nueve hojas compuestas seleccionadas al azar (tres del tercio superior, tres del tercio medio y tres del tercio inferior) Figura 10, las mismas que fueron evaluadas semanalmente por un periodo de 12 semanas, es decir desde la etapa fenológica V2 (desarrollo) que corresponde a los 35 días después de la siembra dds hasta la etapa R4 (reproducción) 112 dds, se registró el número de folíolos sanos y enfermos de cada hoja compuesta, con una frecuencia semanal.

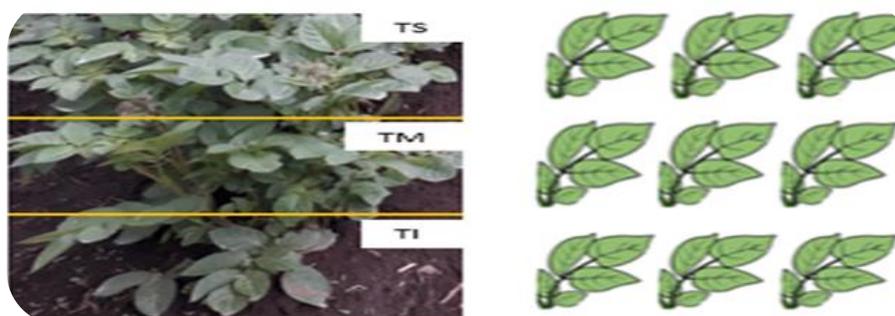


Figura 10. Planta de papa dividida en tres tercios :TS. Tercio superior, TM. tercio medio. TI. tercio inferior

Para su cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%Severidad = \frac{\text{Número de folíolos afectados}}{\text{Número de folíolos totales}} \times 100 \quad (2)$$

c) Incidencia de costra negra (*Rhizoctonia solani*) en planta

Visualmente se evaluaron 24 plantas al azar por parcela la medición de la variable inició a los 21 días después de la siembra observando los brotes y posteriormente la planta con una frecuencia semanal hasta 112 dds.

Para su cálculo se utilizó la fórmula (1).

Incidencia de costra negra (*Rhizoctonia solani*) y pie negro (*Erwinia carotovora*) en tubérculos

Para determinar la incidencia en tubérculos de papa de las enfermedades, costra negra (*Rhizoctonia solani*) y pie negro (*Erwinia carotovora*), se seleccionaron 50 tubérculos al

azar de cada parcela (Figura 11). Los mismos que fueron lavados para identificar cada enfermedad y facilitar la clasificación en tubérculos sanos y enfermos.



Figura 11. 50 tubérculos seleccionados azar de cada parcela neta

Para determinar la incidencia de tubérculos enfermos se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{Incidencia} = \frac{\text{Número de tubérculos enfermos}}{\text{Número de tubérculos evaluados}} \times 100 \quad (3)$$

d) Severidad de costra negra (*Rhizoctonia solani*) y pie negro (*Erwinia carotovora*) en tubérculos

Para determinar la severidad de las enfermedades en tubérculos de papa del resultado de la variable anterior los tubérculos enfermos fueron cortados en cuatro partes o cuadrantes (Figura 12), para observar y determinar el nivel de daño tanto externo e interno. Cabe mencionar que en la enfermedad pie negro (*Erwinia carotovora*) se determinó el nivel de daño externo e interno del tubérculo, para costra negra (*Rhizoctonia solani*) únicamente se realizó nivel de daño externo debido que esta enfermedad no afecta internamente el tubérculo. Para obtener el nivel de severidad se utilizó la siguiente escala (Tabla 6).

Tabla 6.

Niveles de severidad en el tubérculo

Niveles	Cuadrantes por tubérculo	Porcentaje de daño
1	1/2	25%
2	2/4	50%
3	1/3	75%
4	4/4	100%

Fuente: Bosa, Witzgall, Cotes, Fukumoto y Barreto (2005).



Figura 12. Tubérculo cortado en cuatro partes para determinar el nivel de daño de enfermedades

e) **Rendimiento kg/hectárea**

Para determinar el rendimiento del cultivo, se tomó como referencia el número de plantas vivas y el área de cada parcela neta, la cual estuvo conformada por 52 plantas (13 plantas/surco) y un área de 20.8 m² (0.40 m * 1.0 m/planta). Finalmente, con los resultados de producción obtenidos de cada parcela neta, se realizó una proyección orientada a una hectárea.

3.3 Análisis de Datos

Modelos lineales generales y mixtos fueron utilizados para realizar el análisis de varianza por medio del programa computacional INFOSTAT, versión 2017 (Di Rienzo et al.2017). En este modelo los tratamientos fueron asumidos como efectos fijos; mientras que, los bloques fueron considerados aleatorios. Diferencias entre las medias de cada tratamiento fueron calculadas usando la prueba de medias Fisher (LSD) con nivel de significancia $P=0.05$.

3.4 Manejo específico del experimento

El ensayo se realizó en el cultivo de papa variedad Superchola.

3.4.1 Preparación de los dos tipos de biol

Dos meses antes de establecer el cultivo papa se elaboraron los dos tipos biol. Cuatro tanques de 200 litros fueron ocupados semanalmente para la preparación (2 tanques por cada biol).

En la preparación de biol estándar (Figura 13a) se añadió a cada tanque 137.5 litros de agua. Luego se agregó 1.25 litros de melaza, 50 kg de estiércol, los 2 litros de leche y 4 kg de ceniza. Finalmente, se mezcló hasta tener una solución líquida.

Para la preparación de biol con lodos lácteos (Figura 13b) se realizó el mismo procedimiento con los mismos materiales, con la diferencia que el 25% de agua fue

reemplazada por los lodos lácteos, es decir que en estos tanques se utilizó 103.13 litros de agua (Anexo 2).



Figura 13. a) Biol estándar. b) Biol con lodos lácteos. c) Tanques de biol tapados herméticamente.

Una vez preparados los dos tipos de biol, los tanques fueron tapados herméticamente (Figura 13c) y fermentados anaeróbicamente durante dos meses. Luego de la cosecha, se procedió a filtrar los dos tipos de biol, mediante la ayuda de una malla de 2 x 2 mm de apertura, para la aplicación foliar con una tela de 0.1 x 0.1 mm de apertura, para obtener un material líquido para la aplicación semanal en el cultivo. Una vez cernidos, los bioles, fueron colocados en pomos de 20 litros hasta su aplicación.

Adicionalmente, se realizó un análisis de laboratorio para conocer el contenido de nutrientes de los bioles (Anexo 3).

Los materiales se fermentaron durante dos meses y se procedió a filtrar primero con una malla de 2 x 2 mm de apertura, luego con una malla de 0.5 x 0.5 mm de apertura y para foliar con una tela de 0.1 x 0.1 mm de apertura, para obtener un material líquido para la aplicación semanal en el cultivo. Posteriormente se colocó en pomos de 20 litros hasta realizar la aplicación.

3.4.2 Selección del lote

El ensayo, se ubicó en un lote con suelo de textura limo arenoso-arcilloso (Figura 14), adecuada rotación de cultivos y con 1 año de descanso en el cultivo de papa.



Figura 14. Lote de terreno

3.4.3 Preparación del suelo

Esta labor se realizó con la ayuda de un tractor (Figura 15) a los 40 días antes de la siembra (septiembre 2017), para remoción del barbecho (pasto). Se realizaron dos pasadas de arado y rastra hasta desmenuzar el suelo y dejar mullido sin terrones.



Figura 15. Preparación del terreno

3.4.4 Delimitación de parcelas

Se delimitaron las parcelas experimentales y los tratamientos, los mismos que fueron distribuidos al azar (Figura 16), usando rótulos con las codificaciones correspondientes. Para el T1 (biol estándar) se utilizó el color rojo, para el T2 (biol estándar + lodos lácteos) color verde y para el T3 (químico) color azul (Anexo 4).



Figura 16. Delimitación de parcelas

3.4.5 Toma de muestras de suelo

Antes de implementar el ensayo, se tomaron tres sub muestras de suelo para formar una muestra representativa de 1 kg por cada tratamiento, las que fueron colocadas en fundas de polietileno (Figura 17), luego se etiquetó y posteriormente se envió al laboratorio Agrar PROJEKT. Los resultados fueron tomados en cuenta para realizar la fertilización. Esta actividad también se realizó al final del experimento (Anexo 5).



Figura 17. Toma de muestras de suelo

3.4.6 Obtención de semilla

La semilla que se utilizó fue de la variedad Superchola certificada, la cual fue adquirida en una casa comercial.

3.4.7 Siembra

Se colocó por cada sitio un tubérculo con una distancia de 0.40 m. Entre plantas y 1 m. entre surcos. Luego se procedió a la desinfección de los tubérculos. Para el T1 se utilizó 9 litros de solución de biol al 50% (v/v) usando agua como solvente. 4.5 litros de biol estándar más 4.5 litros de agua obteniendo un total de 9 litros de solución para cada surco. Para el T2 se utilizó la misma dosis que el T1. Se utilizó esta cantidad de solución con la finalidad de humedecer los tubérculos y evitar el encharcamiento en el surco y así impedir la pudrición de los mismos (Figura 18), la aplicación se realizó en drench con la ayuda de una regadera. Para el T3 se utilizó fungicida (carboxin + captan), 9g/l (Anexo 6).



Figura 18. a) un tubérculo por sitio a una distancia de 0.40 m. b) siembra de tubérculos.

3.4.8 Fertilización

La primera fertilización se realizó al momento de la siembra distribuyendo el fertilizante al fondo del surco y a chorro continuo; la fertilización complementaria, (Figura 19) se aplicó cuando el cultivo tenía tallos y hojas verdaderas, que coincidió con la labor cultural de medio aporque.



Figura 19. Fertilización

La dosis de fertilizante que se utilizó por cada tratamiento fue calculada en base a los requerimientos del cultivo de papa, con una dosis de nitrógeno de 150 kg ha^{-1} . En el T1 se aplicó $18.32 \text{ kg de N ha}^{-1}$ distribuidos en 20 aplicaciones de 81.63 litros por parcela de biofertilizante durante todo el ciclo del cultivo. De igual forma en el T2 se aplicó 50.55

kg de N ha⁻¹ distribuidos en 20 aplicaciones de 55.48 litros por parcela. Las aplicaciones se las realizó al follaje y al suelo con 10% (v/v) y 50% (v/v) respectivamente con agua como disolvente. La otra parte de N fue complementada con la aplicación de 16.21 y 12.41 kg de compost comercial (2.9 % N, 1.46% P₂O₅, 2.83% K₂O) en el T1 y T2 respectivamente, a los 42 días después de la siembra (Anexo 6).

Mientras que el tratamiento químico recibió una dosis de 117.35 kg ha⁻¹ de N mediante la aplicación de fosfato di amónico en la siembra, y la dosis restante de N fue complementada en el aporque del cultivo con la aplicación de urea. Las dosis de P₂O₅ y K₂O en este tratamiento fueron de 300 y 100 kg ha⁻¹, respectivamente. La dosis de K fue cubierta con la aplicación de KCl al momento de la siembra.

3.4.9 Labores culturales

Estas labores se realizaron de acuerdo al desarrollo de las plantas.

- a) **Retape:** esta actividad se realizó a los 15 días después de la siembra en el T1 y T2 debido que los dos tratamientos las plantas germinaron mas rápido, a diferencia del T3 que la germinación se tardó una semana después (21 días) después de la siembra esta labor consistió en remover superficialmente el suelo, para lograr un control oportuno de malezas y aireación del suelo se realizó en forma manual utilizando azadón.
- b) **Rascadillo:** se realizó a los 35 días después de la siembra, con la finalidad de controlar las malezas, remover superficialmente el suelo, se realizó en forma manual utilizando azadón.
- c) **Medio aporque y aporque completo:** esta labor se realizó entre los 40 a 80 días (Figura 20) después de la siembra esta actividad consistió en alzar tierra al surco, con la finalidad de proporcionar soporte a las plantas, aflojar el suelo, cubrir los estolones, dejar los surcos bien formados y controlar malezas, se realizó en forma manual utilizando azadón.



Figura 20. Aporque

d) **Controles fitosanitarios:** los controles fitosanitarios se realizaron de acuerdo a la presencia enfermedades, por lo que a partir de la siembra se efectuó un monitoreo semanal de cada parcela. En el tratamiento (T3) se hicieron seis aplicaciones durante todo el ciclo del cultivo, con fungicidas que utilizaba el agricultor. Este manejo se efectuó de esta manera para contrastar el control típico de enfermedades, como tradicionalmente lo realizaban los agricultores de la zona, con los tratamientos alternativos de los dos tipos de biol se realizaron tres aplicaciones de oxiclورو de cobre un producto permitido en la agricultura orgánica (Anexo 7).

Antes de realizar las soluciones con fungicidas, el pH del agua fue corregido con Fijafix pH con una dosis de 1cc/l.

e) **Cosecha:** la cosecha realizó a los 152 días después de la siembra cuando las plantas alcanzaron la madurez fisiológica (Figura 21a) y cuando la cáscara del tubérculo no se pelo al friccionar con el dedo pulgar (Figura 21b). La cosecha o cave se realizó en forma manual utilizando azadón.



Figura 21. a) Plantas de papa para la cosecha. b) Tubérculos de papa

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados y análisis de los datos obtenidos en la investigación con la aplicación de dos tipos de biol y fertilización química en el cultivo de papa, variedad Superchola, frente al ataque de las siguientes enfermedades, tales como: tizón temprano (*Alternaria solani*), tizón tardío (*Phytophthora infestans*), costra negra (*Rhizoctonia solani*), pie negro (*Erwinia carotovora*) en la comunidad de San Luis de Agualongo en la Provincia de Imbabura.

4.1 Incidencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

El análisis de varianza para los datos de incidencia de *Phytophthora infestans* (Tabla 7) mostró interacción entre días después de la siembra (dds), que corresponde al ciclo fenológico del cultivo y tratamientos (bioles y fertilización química) en el monitoreo semanal ($p= 0.0001$ $F= 3.98$; $gl=22$; 70).

Tabla 7.

ADEVA para la variable incidencia en *Phytophthora infestans* a partir de los 35 días después de la siembra en cultivo papa variedad Superchola.

Fuentes de variación	Grados libertad F.V	de	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Fecha	11		70	47.53	<0.0001
Tratamiento	2		70	18.86	<0.0001
Dds: Tratamiento	22		70	3.98	<0.0001

En la Figura 22, se muestran los resultados de la prueba de Fisher al 5%, donde se puede observar en los 35 días después de la siembra (dds), que corresponde a la etapa fenológica desarrollo vegetativo, los tres tratamientos fueron diferentes. Los tratamientos con biol mostraron porcentajes superiores con una diferencia de un 6% (T1) y un 18% (T2) con respecto al T3. En lo que concierne a los 42 dds, los tratamientos T1 y T3 presentaron un incremento de un 12% (T1) y un 5% (T3), a diferencia del T2 que expresó una disminución de un 13%, en relación a los 35 dds.

A los 49 dds, los tratamientos con biol fueron similares alcanzando el nivel más alto de incidencia de un 82.5% en promedio, es decir un 78.5% más en relación al T3. En lo

respecta al a los 56, 63 y 70 dds que corresponden a las dos últimas etapas fenológicas, los tratamientos con biol mostraron un descenso de un 35.5% en promedio es decir con una diferencia de un 47.3 % con respecto al T3. A partir de los 77 hasta los 112 dds, en las dos últimas etapas fenológicas, los tres tratamientos fueron similares mostrando una incidencia que asciende desde el 45.3% al 99.6%.

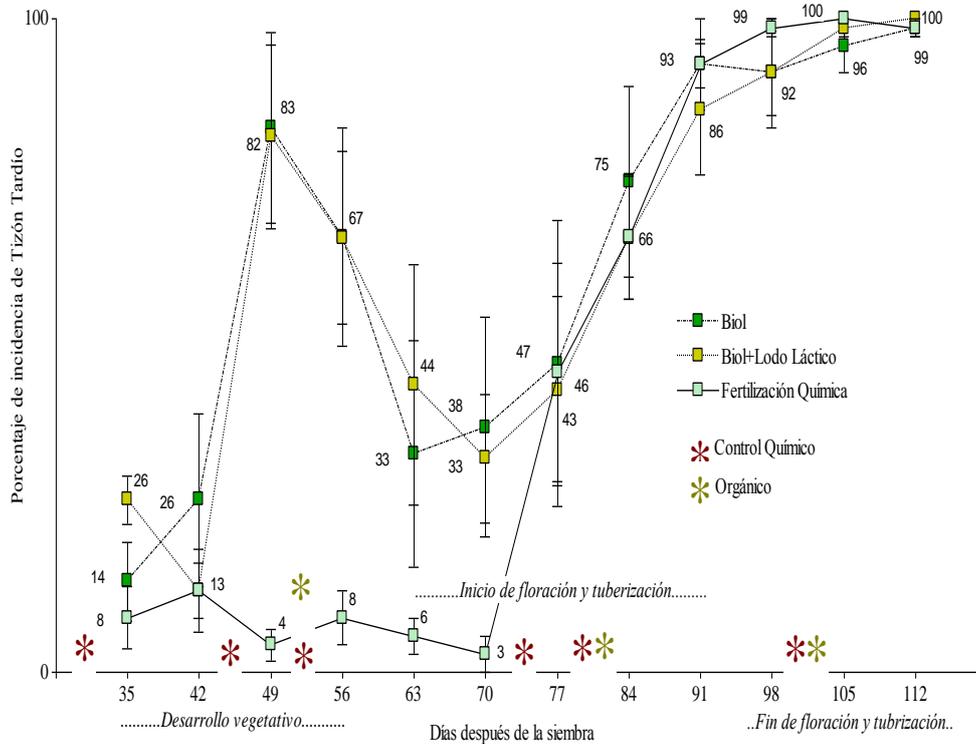


Figura 22. Porcentaje de incidencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en cultivo de papa var. Superchola, bajo tres distintas fuentes de fertilización (T1, biol estándar; T2, biol con lodos lácteos; T3, fertilización química).

Etapas fenológicas = desarrollo vegetativo; inicio de floración-tuberización; fin de floración-tuberización.

4.2 Severidad de tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

El análisis de varianza para los datos de severidad de *Phytophthora infestans* (Tabla 8) mostró interacción días después de la siembra (dds), que corresponde al ciclo fenológico del cultivo, y, tratamientos (bioles y fertilización química) en el monitoreo semanal siendo el valor de ($p= 0.0001$ $F= 3.77$; $gl=22$; 20665).

Tabla 8.

ADEVA para la variable severidad en Phytophthora infestans a partir de los 35 días después de la siembra en cultivo papa variedad Superchola.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	de	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Fecha	11		20665	70.60	<0.0001
Tratamiento	2		20665	5.73	0.0033
Dds: Tratamiento	22		20665	3.77	<0.0001

Como se observa en la Figura 23 mediante la prueba de Fisher al 5%, muestra que la severidad en *Phytophthora infestans* a los 35 (dds) en los tratamientos T1 y T3 son similares y alcanzan un (1.1%) en promedio a diferencia del T2, que fue mayor por el 1.2%. En lo que corresponde a los 42 (dds), la severidad fue similar para los tres tratamientos con un promedio (1.3%). A los 49 dds el T1 presentó el mayor porcentaje de severidad (11.6%), siendo mayor a T2 y T3 por (4.5%) y (10.8%), respectivamente. A su vez, el T3 alcanzó el menor porcentaje (0.087%), mientras que el T2 obtuvo valores intermedios (7.1%). A los 56 dds el T2 mostró el mayor porcentaje de severidad (3.9%) siendo superior al T1 y T3 con (1.4%) y (3.8%), cabe mencionar que los tratamientos con biol mostraron una disminución de un (9.1%) y (3.1%) para cada caso en lo respecta con el T3 mantuvo el nivel de daño de (0.087%), en lo que concierne a los 63 y 70 dds los tratamientos con biol fueron similares con un porcentaje de (1.1%) y (2.1%) respectivamente siendo mayores al T3 con (1.5%) y (1.1%) para cada caso.

En lo que concierne a los 77 hasta 98 dds los tres tratamientos fueron similares con una severidad entre 1% hasta un (8.7%) en promedio. A diferencia de los 105 dds, el T1 obtuvo un incremento del (4%) siendo mayor a los tratamientos T2 y T3 con un (2.7%). Con respecto a los 112 dds los tres tratamientos fueron diferentes, el T3 mostro el mayor nivel de severidad de un 16.8%, siendo mayor para el T1 con (3.3%) y para el T2 con el (6.6%).

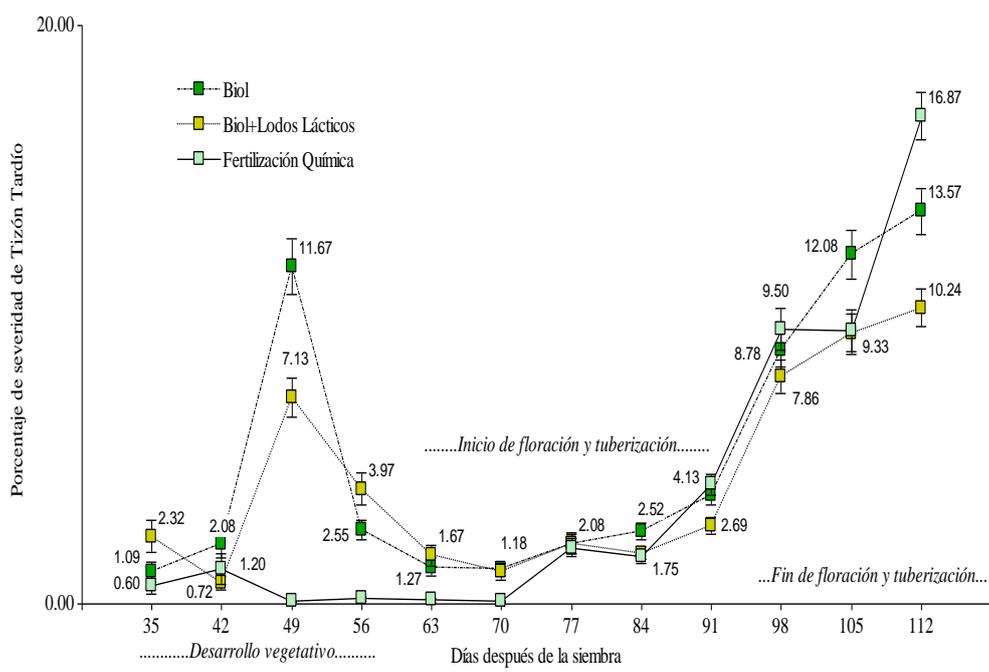


Figura 23. Porcentaje de severidad en tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en cultivo de papa var. Superchola bajo tres distintas fuentes de fertilización (T1, biol estándar; T2, biol con lodos lácteos; T3, fertilización química).

Etapas fenológicas = desarrollo vegetativo; inicio de floración-tuberización; fin de floración-tuberización.

Mediante los resultados obtenidos en las Figuras 22 y 23 sobre la incidencia y severidad de *Phytophthora infestans*, el tratamiento T3 presentó los mejores resultados en control de la enfermedad, en las etapas fenológicas desarrollo vegetativo e inicio de floración-tuberización, cabe mencionar que se realizaron seis aplicaciones durante todo el cultivo en este tratamiento (Anexo 6).

Con respecto a los tratamientos con biol, mostraron el mayor nivel de incidencia y severidad en *Phytophthora infestans*, en las etapas fenológicas desarrollo vegetativo y parte de inicio de floración-tuberización. Cabe indicar que, para el control de la enfermedad, a partir de los 35 (dds), se realizaba aplicaciones foliares semanalmente con biol a una dosis del 10% v/v, a pesar de esto la enfermedad cada semana iba incrementando. Por esta razón hubo necesidad de usar un fungicida permitido en la agricultura orgánica (oxicloruro de cobre), este producto se aplicó en tres ocasiones a los 50 dds, 81 dds y a los 102 dds (Anexo 7).

INIAP y CIP (2011) manifiestan que en investigaciones realizadas en diferentes partes del Ecuador se observó que la principal enfermedad que afecta al follaje, en el cultivo de papa, es *Phytophthora infestans*, la cual genera pérdidas del cultivo cuando el nivel de

severidad es superior al (22.3%.) En esta investigación a los niveles de daño más altos fueron a los 112 dds que corresponde a la etapa fenológica fin de floración–tuberización, el T3 presentó el mayor nivel de daño (16.8%), seguido del T1 con un (13.5%) y un (10.2%) para el T2. Lo que muestra un bajo nivel de daño en los tres tratamientos, independientemente de que se apliquen productos químicos o biol.

Morante (2012) manifiesta que *Phytophthora infestans* puede afectar al cultivo de la papa en todas sus fases fenológicas y su presencia puede perjudicar negativamente la rentabilidad del cultivo al depender en gran parte de la aplicación de fungicidas. Este hecho coincide con la presente investigación, debido que la enfermedad se presentó en todas las fases fenológicas de evaluación de los tres tratamientos, presentando niveles de incidencia de un 3% hasta el 100%, a diferencia de los niveles de severidad que ningún tratamiento alcanza el (22.3%), es decir no es perjudicial para el cultivo debido que no se encontraron efectos desfavorable rendimiento.

En lo que se refiere la fertilización con nitrógeno (N), Marschner (1995) menciona que una fertilización balanceada con (N) debe ser de 115 kg N ha⁻¹ hasta 180 kg N ha⁻¹, estas dosis no están relacionadas únicamente con el rendimiento, también están asociadas a reducir la incidencia y severidad de enfermedades como *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani* y *Erwinia*. Esto es corroborado por Fundora et al. (2010), quienes observaron mayor incidencia de enfermedades, utilizando dosis menores a 115 kg N ha⁻¹ de igual manera obtuvo los mismos resultados con una dosis de 220 kg N ha⁻¹ Marschner (1995) señala, que tanto las deficiencias como los excesos de nitrógeno disminuyen la concentración de lignina, sustancia utilizada por las plantas como defensa física contra el ataque de enfermedades. En esta investigación se utilizó 150 kg N ha⁻¹ una fertilización que está dentro del rango 115 kg N ha⁻¹ hasta 180 kg N ha⁻¹ mencionado por Marschner esto podría relacionarse con el bajo nivel de daño en *Phytophthora infestans* en los tres tratamientos.

También Juárez, Amaro, Rivera, Párraga y Hijmans (2011), probaron tres niveles de nitrógeno (0 ,160 y 320 kg N ha⁻¹) donde la severidad fue menor en 0 kg N ha⁻¹ comparadas con (160 y 320 kg N ha⁻¹. Esto contradice a Marchsner (1995), quien expresa que una nutrición balanceada de 115 kg N ha⁻¹ hasta 180 kg N ha⁻¹ es óptima para la resistencia de la planta a enfermedades. Los mismos autores indican que la fertilización nitrogenada, es un factor potencialmente confuso cuando se comparan los resultados entre varios lugares ya que *Phytophthora infestans* depende de muchos factores como: clima,

uso variedades susceptibles o resistentes, lugar o zona de establecimiento del cultivo y frecuencia de aplicación de fungicidas.

Lo mencionado por Juárez et.al (2011), se relaciona en parte con esta investigación debido que la zona donde se estableció el cultivo no es una zona de producción de papa a gran escala, además no hubo lotes de cultivos de papa cercanos al lote de la investigación, asimismo en la zona de estudio realizan rotación de cultivos es decir no hubo fuentes de inóculo de la enfermedad y esto seguramente también influyó en el bajo nivel de daño de *Phytophthora infestans* en los tres tratamientos.

(Brewster y Büttler, 1989) mencionan que a pesar de la dosis adecuada sobre la fertilización nitrogenada, la aplicación inadecuada genera efectos negativos, como es caso de los bulbos si se aplica los 60 a 75 días después de la siembra causa engrosamiento del falso tallo de las plantas, reduce el valor comercial de los bulbos y favorece a la presencia de enfermedades, los mismos autores señalan que es recomendable la fertilización con nitrógeno y potasio entre los 30 y 40 días después de la siembra en los cultivos de bulbos para disminuir el ataque de enfermedades, obtener una adecuada asimilación del nitrógeno y potasio. De igual manera Marchsner (1995) menciona que nitrógeno debe ser aplicado a los 43 días después de la siembra que corresponde a la etapa de crecimiento en la en la en cultivo de papa para evitar el ataque de enfermedades.

En esta investigación la aplicación de 150 kg N ha⁻¹ para el tratamiento químico se aplicó 117.35 kg N ha⁻¹ en la siembra y parte completaría fue aplicada a los 42 días después de la siembra esto podría relacionarse con el nivel bajo de incidencia y severidad en las fenológicas desarrollo y en inicio de floración-tuberización, a diferencia de los tratamientos con biol, debido que la aplicación de 150 kg N ha⁻¹ fueron aplicados durante todo el ciclo del cultivo semanalmente.

Laredo, Martínez y Guillen (2017) manifiestan que ácido graso linolénico es el precursor ácido jasmónico que se libera principalmente en las hojas de las plantas y se produce después del daño producido por un patógeno, los mismos autores señalan que el ácido jasmónico protege eficientemente a la planta de avena contra la infección por *Erysiphe graminis* f. sp. De igual forma protege a las plantas de tomate y papa contra *Phytophthora infestans*, razón por la cual el nivel de daño en los tratamientos con biol no causo pérdidas al cultivo.

Mierch, A y Col, E (1993) reportaron en diferentes estudios con 46 especies de hongos, pertenecientes a 23 géneros diferentes producen ácido jasmónico cuando son atacados por: (*Agrybe*, *Aspergillus*, *collybia*, *Coprinus*, *Cunninghamella*, *Daedalea*, *Fomes*, *Fusarium*, *Gleoporus*, *Polyporus*, *Rhizoctonia*, *Stropharia*, *Talaromyces*, *Trametes*, *Trichoderma*, *Alternaria solani*, *Phytophthora infestans*) pero los más destacados para la producción de ácido jasmónico son: *Collibya*, *Coprinus* y *Mycena*.

4.3 Incidencia en tizón temprano (*Alternaria solani*)

A través del análisis de varianza para la variable incidencia de *Alternaria solani* (Tabla9), se determinó que existen interacción entre días después de la siembra (dds), que corresponde al ciclo fenológico del cultivo; y tratamientos (bioles y fertilización química), siendo el valor de $p= 0.0001$ ($F= 3.26$; $gl=22$; 70).

Tabla 9.

ADEVA del porcentaje de incidencia de tizón temprano (Alternaria solani) a partir de los 35 días después de la siembra en cultivo papa variedad Superchola.

Fuentes de variación	Grados libertad F.V	de Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Semana	11	70	90.89	<0.0001
Tratamientos	2	70	3.52	0.0349
Dds: Tratamientos	22	70	3.26	0.0001

En la Figura 24, se observan los resultados de la prueba de Fisher para la variable incidencia de tizón temprano (*Alternaria solani*), donde se puede observar, que en los tres tratamientos en la fase fenológica desarrollo vegetativo, la enfermedad no se presentó. Sin embargo, en la fase fenológica inicio de floración –tuberización a los 77 dds, se puede apreciar que los tres tratamientos son similares y presentan un porcentaje de incidencia de un (39.6%). Posteriormente para los 84 y 91 dds, los tratamientos con biol fueron similares con una incidencia del 55.5% en promedio, mostrando un incremento de un (15.4%) en promedio en relación a la semana anterior, a diferencia del T3 con (31%) disminuyó un (8.6%) es decir menor con un (29%) en promedio comparación a los tratamientos con biol. En lo que concierne a la etapa fenológica fin de floración y tuberización la enfermedad desapareció en los tres tratamientos.

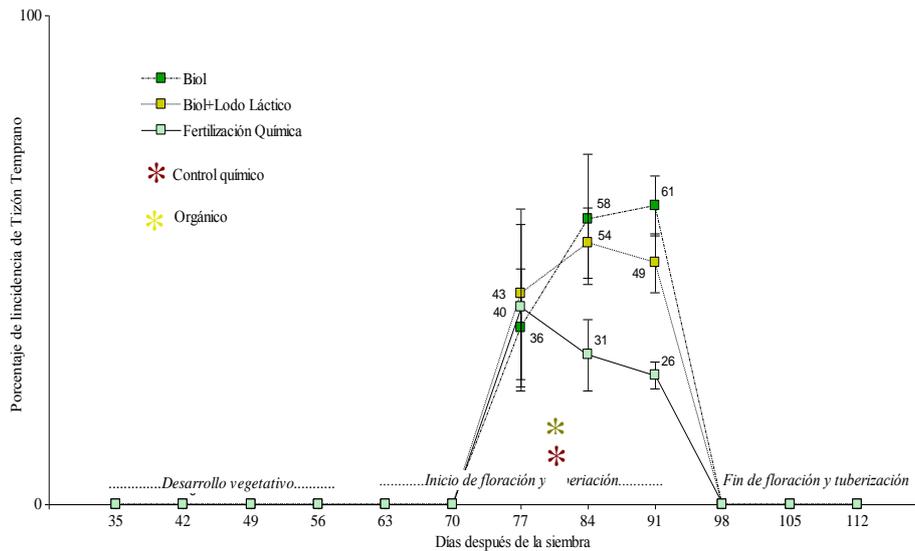


Figura 24. Porcentaje de incidencia de *Alternaria solani* en cultivo de papa var. Superchola, bajo tres distintas fuentes de fertilización (T1, biol estándar; T2, biol con lodos lácteos; T3, fertilización química).

Etapas fenológicas = desarrollo vegetativo; inicio de floración-tuberización; fin de floración-tuberización.

4.4 Severidad de tizón temprano (*Alternaria solani*)

A través del análisis de varianza para la variable severidad *Alternaria solani* (Tabla 10), se pudo determinar que existe interacción entre días después de la siembra (dds), que corresponde al ciclo fenológico del cultivo y tratamientos, con un valor $p= 0.0001$ ($F=3.77$; $gl=22$; 20665).

Tabla 10.

*ADEVA del porcentaje de severidad de tizón temprano (*Alternaria solani*) a partir de los 35 días después de la siembra en cultivo papa variedad Superchola.*

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	de Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Semana	11	20665	70.60	<0.0001
Tratamientos	2	20665	5.73	0.0033
Dds: Tratamientos	22	20665	3.77	<0.0001

En la Figura 25 se puede apreciar que en la etapa desarrollo del cultivo no hubo daño por *Alternaria solani*, mientras que en la etapa inicio de floración y tuberización, a partir de los 77 dds hubo presencia de daño los tres tratamientos fueron diferentes, el T2 mostró el mayor porcentaje de severidad de un (2.1%), siendo mayor al T1 y T3 con el (1%) y (0.6%) respectivamente. En lo que corresponde a los 84 y 91 dds los tratamientos con biol fueron similares presentando mayor nivel de severidad de un (1.1%) en promedio,

siendo superiores al T3 con un (0.5%) en promedio. En lo que respecta a la etapa fenológica fin de floración-tuberización en los tres tratamientos no hubo presencia de daño.

Mediante los resultados obtenidos en las Figuras 24 y 25, sobre la incidencia y severidad en *Alternaria solani*, los tres tratamientos tuvieron un comportamiento similar al inicio de la enfermedad. A los 81 dds los tres tratamientos recibieron una aplicación para el control de la enfermedad, para los tratamientos con biol se aplicó oxiclورو de cobre, mientras que para el T3 se utilizó benalxyl + mancozeb.

La presencia de los síntomas de la enfermedad en este estudio se observaron en el estado de floración. Este resultado se relaciona con el criterio de Avilés y Piedra (2017) que mencionan que la presencia de *Alternaria solani*, depende del estado fenológico y que generalmente se presenta en la floración del cultivo, donde las plantas aumentan la cantidad de follaje y las hojas bajas empiezan a envejecer y se desarrolla el patógeno.

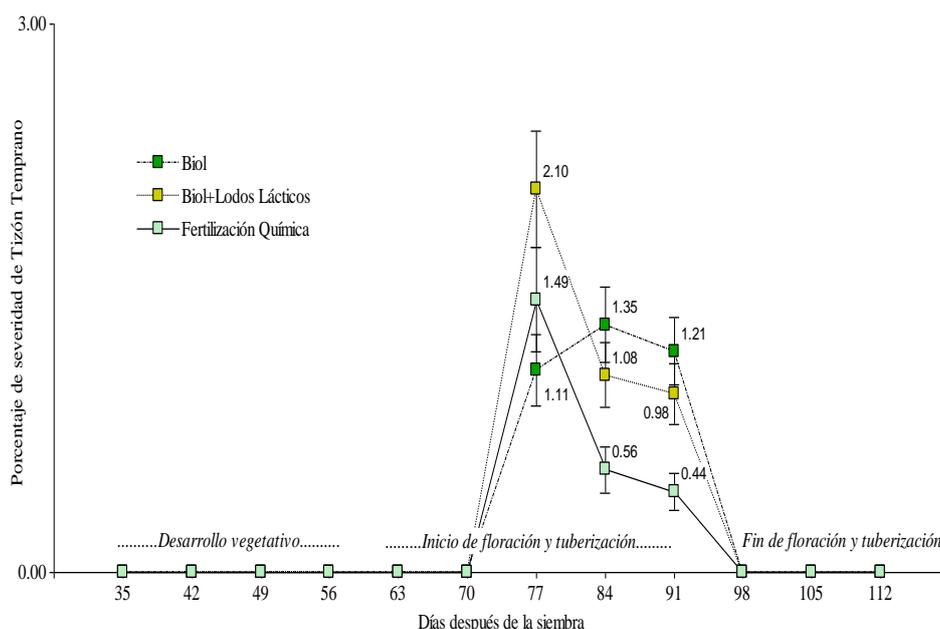


Figura 25. Porcentaje de severidad de *Alternaria solani* en cultivo de papa var. Superchola bajo tres distintas fuentes de fertilización (T1, biol estándar; T2, biol con lodos lácteos; T3, fertilización química).

Etapas fenológicas= Desarrollo vegetativo; inicio de floración-tuberización; fin de floración-tuberización.

Torres (2002) señala que la infección se produce en el tercio inferior de la planta. El mismo el autor indica que la enfermedad se desarrolla con mayor rapidez durante periodos en que las condiciones ambientales de humedad y sequía se presenten alternadamente, información que coincide con las condiciones climáticas de la zona de estudio ya que a

los 77 dds hubo presencia de lluvias, de lo observado a los 84 y 91 dds donde no se reportaron lluvias lo que podría explicar la presencia de la enfermedad en los tratamientos.

Morales (2009), menciona que la adición de compost a base de lodos lácteos al suelo puede producir beneficios como reducir la presencia de enfermedades en las plantas y erosión del suelo. En las variables incidencia y severidad en *Alternaria solani* se pudo observar que la aplicación frecuente de biol normal y el biol + lodos lácteos mostraron mayor porcentaje de presencia y daño de la enfermedad en las plantas en comparación con el T3 que presentó mejor control de la enfermedad, sin embargo, los dos tipos de bioles si pueden ser una alternativa para reducir el uso de pesticidas debido que el nivel de severidad no fue superior al 2%.

Ziegler, Keinänen y Baldwin (2001) comentan los lodos lácteos (grasa) es posible que contenga ácido linolénico, el cual es el precursor del ácido jasmónico. Los mismos autores mencionan que los jasmonatos presentan una función reguladora clave en los mecanismos de respuesta de defensa de las plantas ante el ataque de patógenos, mediante esta investigación podemos decir que los dos tipos de biol tienen la misma función que los productos químicos (fungicidas) en disminuir o controlar el ataque de patógenos, además esto nos ayudaría a reducir la contaminación ambiental y enfermedades tanto para el productor como para el consumidor.

Laredo, Martínez y Guillen (2017) señalan en una investigación realizada en cultivo de tomate la utilización del ácido jasmónico presentó una disminución de *Alternaria solani*, esto podría relacionarse al bajo nivel de daño en T2, además Veitía, Alvarado, García, Bermúdez y Leiva, (2008) afirman que *Alternaria solani*, se presenta con mayor incidencia en las zonas paperas, la infección se origina desde los primeros estadios de la planta aunque los síntomas aparecen en las hojas más viejas, se pueden presentar a los 28 días de plantados los tubérculos, pero en la mayoría de casos los síntomas se pueden observar en cultivo después de los 60 días, lo cual coincide con la investigación debido que la enfermedad se presentó a los 77 dds a mitad de la etapa fenológica inicio de floración-tuberización y desapareció a los 98 dds, donde inicia la fase de fin de floración y tuberización.

Acuña y Sandoval (2017) indican que la infección foliar se ve favorecida por temperaturas alrededor de 10 °C hasta 25 °C para *Alternaria solani*, donde se produce liberación de

esporas que hacen que se formen los anillos característicos de la lesión, en los días 77, 84 y 91 dds las temperaturas de la zona fueron de 15 °C hasta 22°C en promedio (Figura 26), considerándose óptimas para el desarrollo del patógeno. Según INIA-Remehue (2015) las temperaturas óptimas para el desarrollo de los esporangios de *Phytophthora infestans* son de 15 °C hasta 21 °C, esto estaría relacionado con presencia de la enfermedad durante las 12 semanas de evaluación.

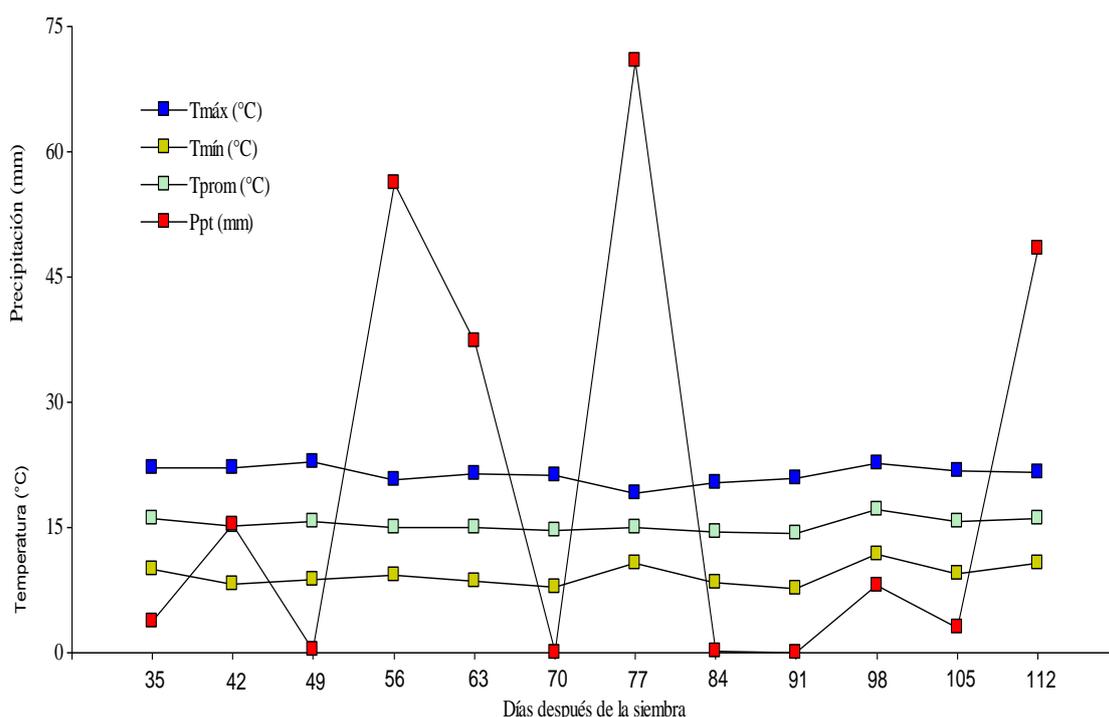


Figura 26. Temperatura y precipitación

4.5 Incidencia de costra negra (*Rhizoctonia solani*) en planta

En el análisis de la variable incidencia en planta en costra negra (*Rhizoctonia solani*) en el cultivo de papa, la enfermedad no se presentó en ningún estado fenológico del cultivo, a pesar de que las temperaturas fueron hasta 22 °C la que se considera óptima para el desarrollo del patógeno, además en la zona de estudio no se realiza el monocultivo, también se utilizó semilla certificada, hecho que Inostroza, Méndez, Espinoza y Acuña (2017) mencionan que la semilla es un componente básico del manejo integrado de plagas o enfermedades, debido que el principal medio de transmisión de esta enfermedad son los tubérculos-semilla infectados, los cuales pueden tener apariencia de estar sanos.

4.6 Incidencia en costra negra (*Rhizoctonia solani*) en tubérculos

A través del análisis de varianza para la variable incidencia en costra negra (*Rhizoctonia solani*) (Tabla 11), se determinó que no existe diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, siendo el valor de ($p = 0.6400$; $F = 0.50$; $gl = 2.4$).

Tabla 11.

*ADEVA para la variable incidencia en costra negra (*Rhizoctonia solani*) en tubérculos en el cultivo papa variedad Superchola.*

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Intercept	1	4	2.00	0.2302
Tratamiento	2	4.	0.50	0.6400

Mediante la prueba de Fisher al 5% en la variable incidencia en costra negra (*Rhizoctonia solani*) en tubérculos, los tres tratamientos son similares entre sí, comparten el mismo rango (A) con una media de 0.4% en promedio (Anexo 12).

4.7 Severidad en costra negra (*Rhizoctonia solani*) en tubérculos

A través del análisis de varianza para la variable severidad en costra negra (*Rhizoctonia solani*) (Tabla 12), se determinó que no existe diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, siendo el valor de ($p = 0.1207$; $F = 2.12$; $gl = 2.1795$).

Tabla 12.

*ADEVA para la variable severidad en costra negra (*Rhizoctonia solani*) en tubérculos en el cultivo papa variedad Superchola.*

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Intercept	1	1795	3.19	0.0741
Tratamiento	2	1795	2.12	0.1207

Mediante la prueba de Fisher al 5% en la variable severidad en costra negra (*Rhizoctonia solani*) en tubérculos, los tres tratamientos no presentan ninguna diferencia, debido que comparten el mismo rango (A) con una media en promedio de 0.02% (Anexo 13).

En el análisis de incidencia con *Rhizoctonia solani* en tubérculos, se puede mencionar que ninguno de los factores en estudio influyó sobre esta variable, Arcos y Zúñiga (2015)

mencionan, que esta enfermedad causa perjuicios significativos, cuando alcanza un nivel de incidencia de un 80%. En esta investigación, el nivel de incidencia no llega al 1%, en los tres tratamientos.

En la variable severidad en tubérculos *Rhizoctonia solani* se registró un ataque mínimo de un 0.02 % en los tres tratamientos, es decir que no afecto la calidad de tubérculos en forma significativa. En lo respecta en incidencia y severidad en tubérculos en *Rhizoctonia solani* no hubo presencia de daño significativos, en ninguno de los tres tratamientos, hecho que pudo haber sucedido, por el uso de semilla certificada, de igual manera en el momento de la siembra realizo una desinfección de los tubérculos con la finalidad de obtener plantas sanas de *Rhizoctonia solani*, en el T3 se aplicó carboxin + captan, a diferencia de los tratamientos T1 y T2, se aplicó biol (Anexo 7).

4.8 Incidencia externa en pie negro (*Erwinia carotovora*) en tubérculos

A través del análisis de varianza para la variable incidencia externa en pie negro (*Erwinia carotovora*) en tubérculos (Tabla 13), se determinó que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos con dos tipos biol y fertilización química, siendo el valor de ($p= 0.9999$; $F =0.00$; $gl=2.4$).

Tabla 13.

ADEVA para la variable incidencia externa en pie negro (Erwinia carotovora) en tubérculos en el cultivo papa variedad Superchola.

Fuentes de variación	Grados libertad F.V	de Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Intercept	1	4	3.00	0.1583
Tratamiento	2	4	0.00	>0.9999

Mediante la prueba de Fisher al 5% en la variable incidencia externa en pie negro (*Erwinia carotovora*) en tubérculos, los tres tratamientos son similares entre sí, comparten el mismo rango (A) y una media de 0.67% (Anexo 14).

4.9 Severidad externa en pie negro (*Erwinia carotovora*) en tubérculos

A través del análisis de varianza para la variable incidencia externa en pie negro (*Erwinia carotovora*) en tubérculos (Tabla 14), se determinó que no existe diferencias estadísticas significativas entre tratamientos con dos tipos biol y fertilización química, siendo el valor de ($p= 0.7307$; $F =0.31$; $gl=2$; 1795).

Tabla 14.

ADEVA para la variable severidad externa en pie negro (*Erwinia carotovora*) en tubérculos en el cultivo papa variedad Superchola.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	de	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Intercept	1		1795	1.88	0.1704
Tratamiento	2		1795	0.31	0.7307

Mediante la prueba de Fisher al 5% en la variable severidad externa en pie negro (*Erwinia carotovora*) en tubérculos, los tres tratamientos muestran similitud, al compartir el mismo rango (A) y una media de 0.02% en promedio (Anexo 15).

4.10 Incidencia interna en pie negro (*Erwinia carotovora*) en tubérculos

A través del análisis de varianza para la variable incidencia interna en pie negro (*Erwinia carotovora*) en tubérculos (Tabla 15), se determinó que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos con dos tipos biol y fertilización química, siendo el valor de ($p = 0.6400$ $F=0.50$; $gl=2$; 4).

Tabla 15.

ADEVA para la variable incidencia interna en pie negro (*Erwinia carotovora*) en tubérculos en el cultivo papa variedad Superchola.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	de	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Intercept	1		4	3.00	0.1583
Tratamiento	2		4	0.50	0.6400

Mediante la prueba de Fisher al 5% en la variable incidencia interna *Erwinia carotovora* en tubérculos para los tres tratamientos no se encontraron diferencias, debido que comparten el mismo rango (A) y una media de 1.3% (Anexo 16).

4.11 Severidad interna en pie negro (*Erwinia carotovora*) en tubérculos

A través del análisis de varianza para la variable severidad interna en pie negro (*Erwinia carotovora*) en tubérculos (Tabla 16), se determinó que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos con dos tipos biol y fertilización química, siendo el valor de ($p = 0.0287$ $F=3.56$; $gl=2$; 1795).

Tabla 16.

ADEVA para la variable severidad interna en pie negro (Erwinia carotovora) en tubérculos en el cultivo papa variedad Superchola.

Fuentes de variación	Grados libertad F.V	de	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Intercept	1		1795	1.65	0.1993
Tratamiento	2		1795	3.56	0.0287

Mediante la prueba de Fisher al 5% en severidad interna en *Erwinia carotovora* (Figura 27), en relación con los tratamientos, mostró dos rangos A y B. El (T1) presentó el mayor nivel de severidad con un 0.20 %, mientras que los tratamientos T2 y T3 comparten el mismo rango con menor nivel severidad de un 0.035% en promedio (Anexo 17).

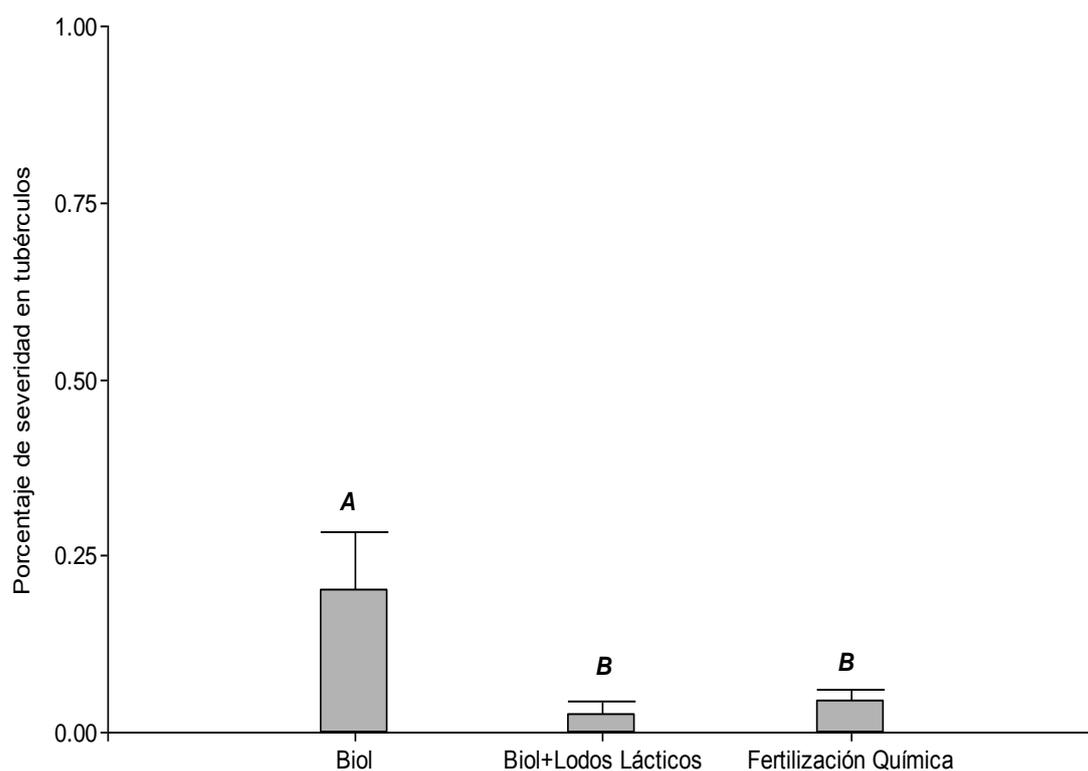


Figura 27. Severidad interna en *Erwinia carotovora* en tubérculos en el cultivo papa var. Superchola.

Posiblemente estos resultados se obtuvieron debido que en el lote donde se estableció el cultivo, no se cultivó papa durante un año y se realizó rotación de cultivos. El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones [MAGA-VISAR], (2015) mencionan que los daños internos y externos

más severos se producen especialmente en suelos donde se cultiva papa de manera continua. Además, Pumisacho y Sherwood (2002) indican que *Erwinia carotovora* no sobrevive más de un año en suelos donde se realicen rotación de cultivos.

La incidencia interna y externa puede ser alta o baja dependiendo de las condiciones de almacenamiento y de la presencia de uno u otro patógeno. Según Pumisacho y Sherwood (2002) mencionan que se considera un daño grave por *Erwinia carotovora* cuando se obtiene una incidencia interna mayor del (20%) en esta investigación el nivel de incidencia y severidad no alcanzan el (1%), además Inostroza, Méndez, Espinoza y Acuña, (2017) señalan que el ataque de *Erwinia carotovora* puede desarrollarse en el suelo antes de la cosecha, durante la cosecha, por el manipuleo o clasificación de tubérculos, golpes, cortes y tubérculos mojados, cualquiera de estos factores da inicio a la podredumbre en la región interna del tubérculo. Cabe mencionar que los días en que se realizó la cosecha y almacenamiento, hubo presencia de lluvias, lo que pudo promover la propagación de la bacteria, y por esta razón se obtuvo niveles bajos de severidad.

4.12 Rendimiento kg/hectárea

Los resultados del análisis de varianza (Tabla 17) para la variable rendimiento en el cultivo de papa muestra diferencia significativa entre la aplicación de dos tipos de biol y fertilización química, donde el valor ($p = 0.0080$; $F=20.37$; $gl=2$; 4).

Tabla 17.

ADEVA para la variable rendimiento (kg) por hectárea en el cultivo de papa variedad Superchola.

Fuentes de variación	Grados libertad F.V	de Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Interacción	1	4	1620.57	<0.0001
Tratamiento	2	4	20.37	0.0080

Mediante la prueba de Fisher al 5% para la variable rendimiento por hectárea en cultivo de papa, en relación a los tratamientos, mostró que los tratamientos T1 y T2 son similares entre sí, y comparten el mismo el rango (A) (Figura 28) y tuvieron rendimientos superiores al T3 con una media de 25018 kg y 25350 kg, respectivamente. El promedio de estos rendimientos supera un 13.7% en relación al T3, mismo que presenta una media de 21859 kg (Anexo 18).

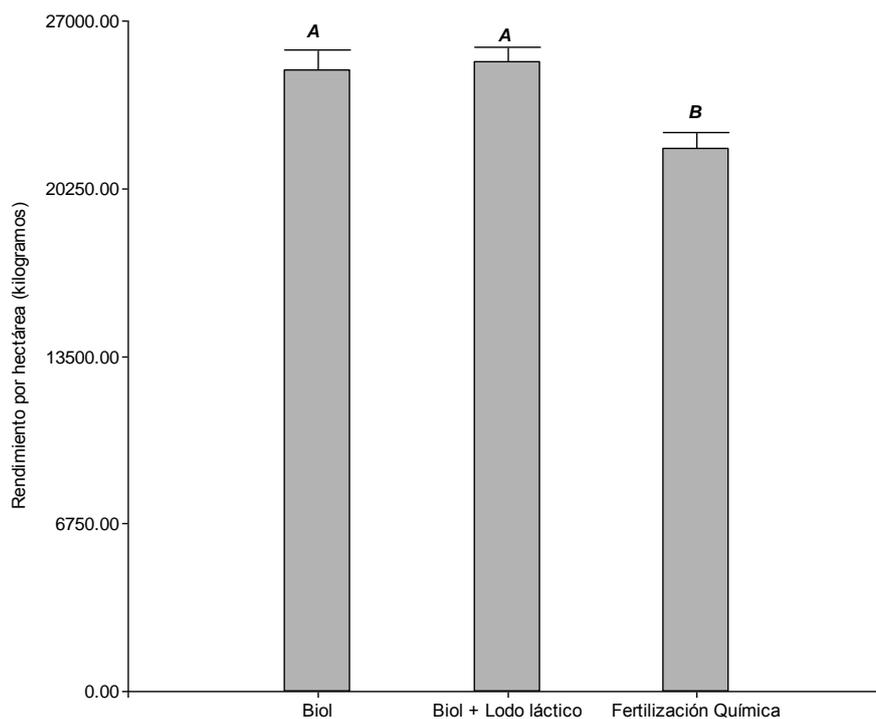


Figura 28. Rendimiento kg /hectárea en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácteos) y T3 (químico).

Los resultados obtenidos en la variable rendimiento, permiten considerar que las aplicaciones de los dos tipos biol (T1 y T2), si influyeron positivamente en el rendimiento (independientemente contengan o no lodos lácteos) en relación al (T3), ya que es posible que los bioles contengan ácido jasmónico o precursor del mismo, Laredo, Martínez, Iliná, Cisneros y Hernández (2017) señalan que es hormona que actúa en el crecimiento de la raíz, tuberización, maduración de frutos generando buenos rendimientos en los cultivos.

Con respecto a la importancia del potasio (K) en la calidad y rendimiento de los cultivos (Mengel y Kirkby, 1987) comentan que su función promotora de acumulación de sacarosa, azúcar y su transporte para los frutos, granos, tubérculos, incrementan su tamaño. Es muy posible que esto se relacione con el mayor rendimiento de los tratamientos con biol, los cuales recibieron mayor cantidad de K en comparación al tratamiento químico (Anexo 19).

Esto tiene mucha relación con ensayos similares realizados por Delgado (2003) en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus*) y espinaca. Al aplicar biol como fertilizante orgánico obtuvo un incremento de 50% y un 22.9%.

También Agrios (2010) señala que las plantas pueden sufrir daños considerables o de poca importancia, muchas de ellas sobreviven y con frecuencia continúan su desarrollo normal llegando a producir buenos rendimientos. Esto se relaciona con lo descrito por Molina, Boanerge y Aguilar (2004), quienes mencionan que la planta de papa puede tolerar daños superiores al 20% en el follaje durante la fase vegetativa, sin que sus rendimientos sean afectados. Como se mencionó anteriormente el nivel de daño en esta investigación en los tratamientos con biol no superan el 14%, por lo cual el rendimiento del cultivo no fue afectado.

Por otra parte, en lo que respecta al efecto de nitrógeno en el rendimiento de papa, Fundora et al. (2010) señalan que se deben utilizar dosis de nitrógeno no menores de 115 kg ha⁻¹ y que no sobrepasen los 180 kg ha⁻¹ para alcanzar un rendimiento de 30 t ha⁻¹, esto se podría relacionarse con esta investigación donde se utilizó 150 kg ha⁻¹ alcanzando el mayor rendimiento en los tratamientos con biol de 25 t ha⁻¹ y 21 t ha⁻¹ en el tratamiento químico. De igual forma MAG (2017) indica que el rendimiento en la variedad Superchola en el Ecuador comprende de 18.9 t ha⁻¹ a 30 t ha⁻¹ es decir que los rendimientos obtenidos en esta investigación se encuentran dentro de los rangos de producción de papa variedad Superchola.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En incidencia en *Phytophthora infestans*, los tres tratamientos fueron atacados por esta enfermedad. Los resultados obtenidos de la aplicación de dos tipos de biol, en comparación con el tratamiento químico, permiten aceptar la hipótesis alternativa, que la aplicación constante de biol sí influyó sobre el control de la enfermedad.
- Con respecto a los resultados encontrados en la aplicación de los dos tipos de biol frente al tratamiento químico para el control de enfermedades *Phytophthora infestans* y *Alternaria solani*, se concluye que los tratamientos con biol, independientemente que contenga o no lodo lácteos, son una buena alternativa para los agricultores ya que es posible reducir el uso y dependencia de los pesticidas, debido que en los tratamientos con biol se realizaron tres aplicaciones con un producto preventivo, a diferencia de lo ocurrido en el T3, en el cual se realizaron seis aplicaciones con productos preventivos y curativos.
- Las aplicaciones de dos tipos de biol no tuvieron influencia en las variables incidencia y severidad en costra negra (*Rhizoctonia solani*) y pie negro (*Erwinia carotovora*) en tubérculos, con respecto al tratamiento químico, debido que los tres tratamientos no presentaron niveles que afecten la calidad de tubérculos ya que se obtuvo un nivel de incidencia y severidad menor al 1%.
- En la variable rendimiento los tratamientos con biol obtuvieron mejores resultados independientemente que contenga o no lodos lácteos, siendo superiores al tratamiento químico con un 13.7%. Además, se considera que el cultivo de papa aumenta la producción cuando se aplican altas cantidades de K.

5.2 Recomendaciones

- Al comparar de los dos tipos de bioles en el cultivo de papa, no encontraron diferencias significativas, por esta razón no se recomienda utilizar lodos lácteos como materia prima en la elaboración de biol ya que es difícil que se mezclen con los otros ingredientes debido que los lodos lácteos son muy viscosos, poseen un mal olor y no se descomponen en su totalidad.
- Realizar la misma investigación en alguna localidad de la provincia del Carchi ya que en esta zona se realiza el monocultivo de distintas variedades de papa, debido que esta actividad es de interés comercial; además, se daría a conocer que el uso de biol es una alternativa que permitirá reducir la dependencia de productos químicos, utilizar los recursos que se producen en las fincas y reducir la contaminación del medio ambiente.
- Capacitar a los agricultores sobre la importancia del uso de biol debido que es un biofertilizante que se puede utilizar para mejorar la fertilidad del suelo, disminuir el nivel de daño en enfermedades y obtener buenos rendimiento de los cultivos.
- Se recomienda realizar análisis de residualidad de pesticidas y análisis nutricional en tubérculos de papa, tanto para el tratamiento químico como para los tratamientos con biol, ya que en la presente investigación estos no fueron realizados.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, I. y Sandoval, C. (2017). *Manual de enfermedades de la papa*. Chile: INIA Remehue.
- Agrios, G. (2010). *Introducción a la fitopatología*. Mexico:Limusa
- Avilés, J., y Piedra R. (2017). *Manual del cultivo de papa en Costa Rica (Solanum tuberosum L.)* Instituto Nacional de Innovación en Tecnología Agropecuaria, San José (Costa Rica). Araujo, y., García, L., y González, L. (2011). Alternativa socio-tecnológica fertilización. Una experiencia en el municipio Libertador del Estado Mérid. Servicio de Gestión y Publicación Electrónica de Revistas de la ULA Derecho y Reforma Agraria, 17-73.
- Arcos, J., y Zúñiga, D. (2015). Efecto de rizobacterias en el control de *Rhizoctonia solani* en el cultivo de papa. *Ecología Aplicada*, 14, 95-101.
- Basaure, P. (2006). Biofermentados abonos líquidos. Obtenido de Centro de Promoción Agropecuaria Campesina.: [enwww.cepac.org.bo/moduloscafe/.../Conf%20Biofermentadores.pdf](http://www.cepac.org.bo/moduloscafe/.../Conf%20Biofermentadores.pdf).
- Bayona, R. (2013). *Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de papa*. Paucartambo-Cusco: Agro.
- Bedmar, F. (2011). Los verdaderos costos de los plaguicidas. *Revista Tierra Adentro*, 21(122), 35.
- Berger, S. (2002). Jasmonate-related mutants of arabidopsis as tools for studying stress signaling. *Planta*. 214 (4), 497-504.
- Bettiol, W., Tratch, R., y Galvão, J. (1998). *Control de enfermedades de plantas con biofertilizantes*. Brasil: EMBRAPA-CNPMA.
- Bezemer, M. (2005). La vinculación de las interacciones de tierra sobre el suelo y por debajo a través de defensas de las plantas inducidas. *Tendencias en ecología y evolución*, 20 (11), 617-624.
- Borba, N. (2008). Posibles impactos frente a al introducción de la papa transgénica. Obtenido de Red de Acción en Plaguicidas y sus alternativas para mérica latina Uruguay: <http://www.rapaluguay.org/transgenicos/Papa/Papa.pdf>
- Bosa, F., Witzgall, P., Cotes, A., Fukumoto, T., y Barreto, N. (2005). Evaluación de la técnica de la interrupción de la cópula *Tesia salinivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Colombiana de entomología*, 31(2), 145-150.

- Castillo, C., Huenchuleo, M., Michaud, A. y Solano, J. (2016). Micorrización en un cultivo de papa adicionado del biofertilizante Twin-N establecido en un andisol de la Región de La Araucanía. *IDESIA*, 34(1), 39-45.
- Castro, I., y Contreras, A., (2011). *Manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de papa. Chile*: Imprenta Austral.
- Centro Internacional de la Papa, [CIP] (2008). Tizón tardío de la papa. Lima: Departamento de Comunicación y Difusión del CIP.
- Centro Internacional de la Papa, CIP. (1995). Potato statistics. Obtenido de Cipotato: <http://www.cipotato.org/potato/stats.asp>
- Ciampi, L. (1994). Marchitez bacteriana de la papa. En: Resúmenes, VII *Congreso Latinoamericano de Fitopatología*. p. 129-137.
- Centro Uruguayo de Tecnologías Apropriadas [CEUTA] (2006). Biofertilizantes Nutriendo cultivos sanos. Montevideo - Uruguay: Talleres de Artes Gráficas S.A.
- Creelman, R., y Mullet, J. (1997). Biosynthesis and action of jasmonates in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 48, 355–81.
- Crissman, C., Yanggen, D., y Espinosa, P. (2002). Los plaguicidas: impactos en producción, salud y medio ambiente en Carchi, Ecuador. Quito: Abya-Yala.
- Chaparro, P., y Castañeda, C. (2015). Mortalidad debida a intoxicación por plaguicidas en Colombia entre 1998 y 2011. *Biomédica*,35(2), 90-102.
- Delgado, J. (2003). *Efecto de fertilización foliar en el cultivo de pepinillo para encurtido (Cucumis sativus L.)*, cv. BLITZ. (Tesis de pregrado) UNALM, Lima-Perú.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2015). InfoStat versión 2017, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- Durrant W y Dong X. (2004). Systemic acquired resistance. *Annu. Rev. Phytopathol* 42, 185-209.
- Espinoza, E. (2015). Productividad de la papa aumento en 9TM. *Revista el Agro*, 226, 12-15.
- Franqui, R. y Medina, S. (2003). Especies Invasoras. Puerto Rico.
- Fundora, O., Llanes, D., Eichler, B., Lugo, I., Mena, L., y Pérez, A. (2010). Reducción de la fertilización nitrogenada en papa: menor incidencia de enfermedades, limitación de la contaminación ambiental y mayor rendimiento. *Centro Agrícola*, 37(1), 5-10.

- García, R., García, A., y Garnica, C. (2002). Distribución, incidencia y alternativas de control de *Rhizoctonia solani* en el cultivo papa en el Estado Mérida, Venezuela. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 13, 24-40.
- Guambuguete, J. (2010). Evaluación de dos abonos orgánicos (natural y comercial). Obtenidode<http://dspace.unl.edu.ec:9001/http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/5561/1/Guambuguete%20Paredes%20Javier.pdf>
- Guanopatín, M. (2012). Aplicación de biol en el cultivo establecido de alfalfa (*Medicago sativa*) (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Inostroza, J., Méndez, P., Espinoza, N., & Acuña, I. (2017). *Manual del cultivo de la papa en Chile*. Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y Centro Internacional de la Papa (CIP) (2011). Quito .CIP
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)-Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). (2009). *Manual de cultivo de papa para pequeños productores*. Quito. INIAP.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI] (2015). Boletín Climatológico Anual. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología 1, 1-28.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de papa*. Bogotá: Nigel Cattlin/Holt Studios.
- Juárez, H., Amaro, J., Rivera, M., Párraga, A., y Hijmans, R. (2011). Efecto del nitrógeno en el tizón tardío de la papa. Memorias del Taller Internacional complementando la Resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en los Andes, 121-132.
- Laredo, E., Martínez, J., y Guillen, L. (2017). Aplicación de ácido jasmónico como inductor de resistencia vegetal frente a patógenos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (3), 673-683.
- Marschner, P. (1995). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Australia: Elsevier.
- Méndez, P., y Inostroza, J. (2009). *Manual de papa para la Araucanía manejo de cultivo, enfermedades y almacenaje*. INIA Chile.
- Mengel, K. y Kirkby, E. 1980. Potassium in crop production. *Advances in Agronomy*. Academic Press. Inc, 33, 59-110.

- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA); Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones (VISAR) (2015). Plan de manejo integrado de enfermedades de la papa en Guatemala (*Solanum tuberosum* L.). Guatemala: AdA-Integración.
- Ministerio de Ganadería, A. y. (2011). Situación del cultivo de la papa. Observatorio Granjero.
- Molina, J., Boanerge, S., y Aguilar, L. (2004). *Manejo Integrado de plagas en papa*. Managua: impresión comercial la prensa.
- Morante, M. (2012). tizón tardío de la papa causado por *Phytophthora infestans*, en Bolivia. *Boletín técnico*, 6 (5),1-4.
- Morales, I. (2009). *Aprovechamiento de lodos primarios provenientes del tratamiento de aguas residuales de una industria láctea por medio de la producción de concentrados para animales del sector porcícola y ganadero vacuno*.(Tesis de pregrado).Universidad de la Salle de la republica de Bogota, Colombia.
- Mur, L., Kenton, A., Atzorn, R., Miersch, O., y Wasternack, C. (2006). The outcomes of concentration-specific interaction between salicylate and jasmonate signal include synergy, antagonism and oxidative stress leading to cell death. *Revista Plant Physiol*, 140 (1), 249-262.
- Munévar, F. (2004). Relación entre la nutrición y las enfermedades de las plantas. *Palmas*, 25(2), 171-178.
- Oyazun, P., Taípe, J.y Febres G. (2001). *Phytophthora infestans* su actividad y particularidades en el Ecuador. Perfil en estado actual del Manejo Integrado del tizón tardío (MIP- Tizón tardío) en países Andinos (pp:17-27).
- Ordeñana, K. M. (2002). Mecanismos de defensa en las interacciones planta-patógeno. *Manejo Integrado de Plagas*, 63, 2 2 - 3 2.
- Parra, R. (2009). Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 62 (1), 4967-4982.
- Peralta, L., Juscamaita, J., y Meza, V. (2016). Obtención y caracterización de abono orgánico líquido a través del tratamiento de excretas del ganado vacuno de un establo lechero usando un consorcio microbiano ácido láctico. *Ecología Aplicada*, 15(1), 1-10.

- Pumisacho, M., y Sherwood, S. (2002). El cultivo de papa en Ecuador. Quito: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Experimental Santa Catalina.
- Pumisacho, M. y Velásquez, J. (2009). Manual del cultivo de la papa para pequeños productores. Quito – Ecuador. INIAP – COSUDE pp. 10 -102
- Ramírez Gómez, M., y Rodríguez, A. (2012). Mecanismo de defensa y respuesta de las plantas en la interacción micorriza. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14, 48-52.
- Remedi, S. (1995). *Efecto del agregado de materia orgánica y dosis de nitrógeno sobre la producción de frutilla en suelos arenosos de Salto.*(Tesis de pregrado) Universidad de la Republica, Montevideo, Uruguay.
- Restrepo, J. (2007). Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca. Cali: Feriva S.A.
- Revelo, J., Andrade, J., y Gallegos, P. (1997). Manejo integrado de las principales plagas y enfermedades del cultivo de papa. Quito: Estación Experimental Santa Catalina.
- Riveros, A. (2010). Inducción de resistencia en plantas interacción planta-patógeno. Ibagué_Tolima: IICA.
- Rodríguez-Fernandez, P., y Silva-Soria, S. (2007). Impacto de los productos biológicos sobre el número de bacterias y hongos edáficos y la productividad del pimiento en la agricultura urbana. *Ciencia en su Pc*, 1, 16-30.
- Roque , Darío y Organización Mundial de la Salud (OMS). (2009). *La soja , la salud y la gente*. Argentina: Cerrito.
- Sánchez, J. D., López, A., y Rodríguez, L. E. (2005). Determinación de las etapas críticas en el desarrollo fenológico del cultivo de la papa *Solanum phureja*, frente al ataque de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Lepidóptera: Gelechiidae). *Agronomía Colombia*, 23(2), 230-238.
- Silva, C., Cevallos, R., Sarabia, M., y Boza, J. (2016). Impacto en el medio ambiente de las actividades agropecuarias en el Cantón El Empalme, Ecuador. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 16, 12-25.
- Solano, R., y Lorenzo, O. (2005). Señalización de ácido jasmónico e interacciones con otras hormonas. En metabolismo y modo de acción de efecto hormonas (pp. 79-98). Ediciones Universidad de Salamanca.

- Torres, H. (2002). *Manual de las enfermedades más importantes de la papa en Perú*. Lima: CIP.
- Velasco, V. (1999). Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas . *Terra Latinoamericana*, 17(3), 193-200 .
- Veitía, N., Alvarado, Y., García, L., Bermúdez, I. y Leiva, M. (2008). Aplicación de la selección in vitro en el mejoramiento genético de lapapa para la resistencia al tizón temprano. *Biotecnología Vegetal* , 8(1), 3 – 14.
- Warnars y Oppenoorth.,(2014).El biol, fertilizante supremo estudio sobre el biol, sus usos y resultados-23 p.
- Zavala, J. (2010). Respuestas inmunológicas de las plantas frente al ataque de insectos. *Ciencia hoy*, 20 (117), 53-59.
- Ziegler, J., Keinänen, M., y Baldwin, T. (2001). Herbivore-induced allene oxide synthase transcripts and jasmonic acid in *Nicotiana attenuata*. *Phytochemistry*, 58(5), 729-38.
- Zipfel, C. (2008). Pattern-recognition receptors in plant innate immunity. *Current Opinion in Immunology*,20(1), 10-6.

7. ANEXOS

Anexo 1. Cálculo de la cantidad de biol elaborado para la aplicación en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)

Cantidad de N => $(216 \text{ m}^2 * 150 \text{ kg de N}) / 10000 \text{ m}^2 = 3.24 \text{ kg de N}$

Cantidad de N por mes => $3.24 \text{ kg de N} / 5 \text{ meses} = 0.65 \text{ kg de N/mes}$

Cantidad de N por semana => $0.65 \text{ kg de N/mes} / 4 \text{ semanas} = 0.16 \text{ kg de N/semana}$

Conversión de kg a mg => $0.16 \text{ kg de N} * 1000000 \text{ mg} = 160000 \text{ mg de N}$

Cantidad de biol por semana según análisis de biol estándar => $(160000 \text{ mg de N} * 1 \text{ litro}) / 366 \text{ mg N} = 437 \text{ litros de biol por semana}$

Biol a obtener => $(200 \text{ litros de biol} * 68\% \text{ eficiencia}) / 100\% = 136 \text{ litros de biol a obtener}$

Tanques de biol a realizar por semana => $437 \text{ litros de biol por semana} / 136 \text{ litros de biol a obtener} = 3.25 \text{ tanques por semana}$

Anexo 2. Cantidad e insumos que se utilizaron para la elaboración de biol estándar y biol con lodos lácteos en tanques de 200 litros.

MATERIALES PARA ELABORACIÓN DE LOS DOS TIPOS DE BIOL			
		TANQUES (200 litros)	
INSUMOS	CANTIDAD	BIOL ESTANDAR	BIOL CON LODOS LÁCTEOS
AGUA (litros)	137.5	137.5	103.13
MELAZA (litros)	1.25	1.25	1.25
ESTIERCOL (kg)	50	50	50
CENIZA (kg)	4	4	4
LECHE (litros)	2	2	2
LODO LÁCTEOS (litros)			34.38

Anexo 3. Resultados de análisis del contenido nutrientes en el biol estándar y biol con lodos lácteos

Resultados # 1: Ing. Miguel Gómez, Abono Orgánico Líquido ("Biol"), 23-11-2017

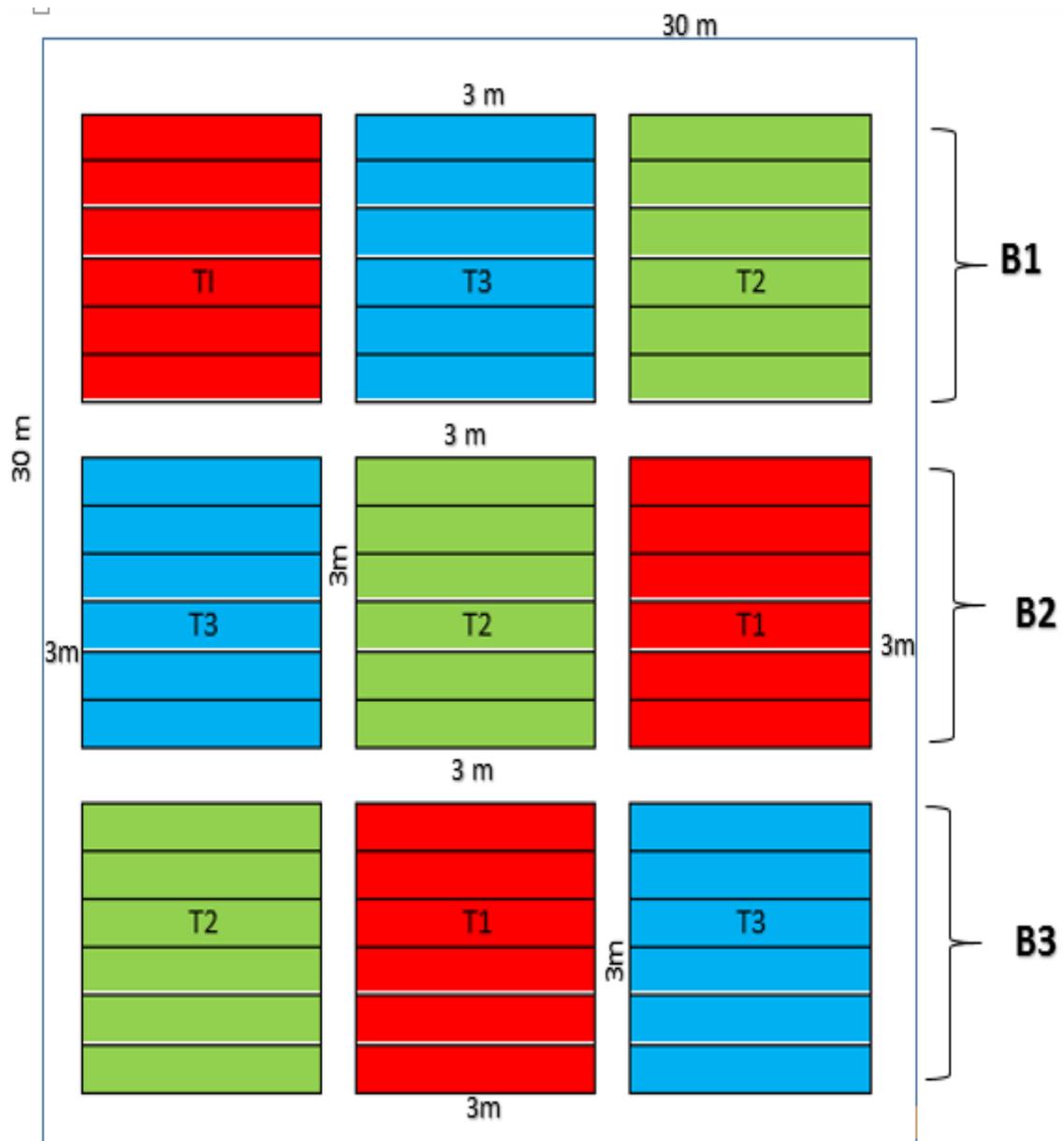
pH, C.E. y contenido de macro- y micronutrientes en mg / litro (respectivamente ppm) en el Biol – Nutrientes en solución, disponibles para la planta

Parámetro	Unidad	# 1: Biol Estándar	# 2: Biol Lodos
pH		7.0	5.8
C.E. (mS/cm)	mS/cm	12.4	14.0
Nitrato (NO ₃) NO ₃ - N	mg/l	29.0 6.6	28.0 6.3
Amonio (NH ₄) NH ₃ - N	mg/l	43.6 33.8	204 158
Nitrito (NO ₂) NO ₂ - N	mg/l	< 0.5 < 0.2	< 0.5 < 0.2
(NO ₃ +NH ₄) – N	mg/l	40.4	164
Fosfato (PO ₄) PO ₄ - P	mg/l	617 201	993 324
Potasio (K)	mg/l	3 450	3 030
Magnesio (Mg)	mg/l	618	625
Calcio (Ca)	mg/l	597	676
Sulfato (SO ₄) Azufre (SO ₄ – S)	mg/l	118 39.4	190 63.4
Sodio (Na)	mg/l	355	374
Cloruro (Cl)	mg/l	750	842
Hierro (Fe)	mg/l	7.6	7.3
Manganeso (Mn)	mg/l	17.2	20.7
Cobre (Cu)	mg/l	0.3	0.3
Zinc (Zn)	mg/l	1.7	1.1
Boro (B)	mg/l	7.9	5.1

Anexo 4. Croquis de distribución de los tratamientos.

Tratamientos:

T1  T2  T3 



Anexo 5. Resultados de análisis del contenido de nutrientes en el suelo antes y después de establecer el cultivo.

Empresa: Ing. Miguel Gómez
Cultivo: Papas (*Solanum tuberosum*)
Fecha: 06/11/2017



Contenido de macro- y microelementos en mg / kg de suelo seco

	Método de Análisis	Unidad de Expresión	Nivel Optimo para Papas - Cultivo Intensivo	# 1	# 2	# 3
				Suelo T1	Suelo T2	Suelo T3
				Suelo, Papas	Suelo, Papas	Suelo, Papas
Características del Suelo	Materia Orgánica	%	2 - 6	6.1	6.2	6.0
	Textura		"arena limosa" hasta "limo arenoso-arcilloso"	limo arenoso-arcilloso	limo arenoso-arcilloso	limo arenoso-arcilloso
	C.E.	Vol. 1:2	mS/cm	0.21	0.26	0.26
	pH (en H2O)	Vol. 1:2		6.9	6.7	6.7
	pH (en KCl)	Vol. 1:2		6.0	6.0	6.0
Macronutrientes	Nitrato (NO3-N)	CaCl2 0.01 M	mg/kg	18.5	29.5	25.2
	Amonio (NH4-N)	CaCl2 0.01 M	mg/kg	6.5	8.9	8.6
	(NO3+NH4)-N	CaCl2 0.01 M	mg/kg	25.0	38.4	33.8
	Fósforo (P)	NaHCO3 0.5M	mg/kg	30 - 60	20.9	21.1
	Potasio (K)	CaCl2 0.01 M	mg/kg	200 - 340	210	214
	Magnesio (Mg)	CaCl2 0.01 M	mg/kg	75 - 180	159	151
	Calcio (Ca)	NaCl 0.05 M	mg/kg	600 - 1800	329	287
	Azufre (SO4-S)	Extracto Agua	mg/kg	10 - 15	3.7	3.9
Micronutrientes	Hierro (Fe)	DTPA/CaCl2	mg/kg	20 - 50	95.5	106
	Manganeso (Mn)	DTPA/CaCl2	mg/kg	6 - 30	50.5	54.0
	Cobre (Cu)	DTPA/CaCl2	mg/kg	1.0 - 4.0	3.3	3.5
	Zinc (Zn)	DTPA/CaCl2	mg/kg	1.2 - 6.0	2.7	2.9
	Boro (B)	Extracto Agua	mg/kg	0.15 - 0.60	0.45	0.53
Peligro Salinidad	Sodio (Na)	Extracto Agua	mg/kg	< 140	8.1	9.2
	Cloruro (Cl ⁻)	Extracto Agua	mg/kg	< 98	17.7	19.7
	Sales Totales	Extracto Agua	mg/kg	< 2000	175	217

Página 2 de 3

UTN-06-11-17

Empresa: Ing. Miguel Gómez
Cultivo: Papas (*Solanum tuberosum*)
Fecha: 04/04/2018



Contenido de macro- y microelementos en mg / kg de suelo seco

	Método de Análisis	Unidad de Expresión	Nivel Optimo para Papas - Cultivo Intensivo	# 1	# 2	# 3
				Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
				Suelo, Papas	Suelo, Papas	Suelo, Papas
Características del Suelo	Materia Orgánica	%	2 - 6	6.4	6.3	6.3
	Textura		"arena limosa" hasta "limo arenoso-arcilloso"	limo arenoso-arcilloso	limo arenoso-arcilloso	limo arenoso-arcilloso
	C.E.	Vol. 1:2	mS/cm	0.26	0.23	0.18
	pH (en H2O)	Vol. 1:2		7.5	6.7	6.4
	pH (en KCl)	Vol. 1:2		6.7	6.3	6.1
Macronutrientes	Nitrato (NO3-N)	CaCl2 0.01 M	mg/kg	8.2	12.2	14.7
	Amonio (NH4-N)	CaCl2 0.01 M	mg/kg	9.3	7.1	6.9
	(NO3+NH4)-N	CaCl2 0.01 M	mg/kg	17.5	19.3	21.6
	Fósforo (P)	NaHCO3 0.5M	mg/kg	30 - 60	17.6	16.5
	Potasio (K)	CaCl2 0.01 M	mg/kg	200 - 340	269	267
	Magnesio (Mg)	CaCl2 0.01 M	mg/kg	75 - 180	180	187
	Calcio (Ca)	NaCl 0.05 M	mg/kg	600 - 1800	270	275
	Azufre (SO4-S)	Extracto Agua	mg/kg	10 - 15	6.1	6.3
Micronutrientes	Hierro (Fe)	DTPA/CaCl2	mg/kg	20 - 50	47.6	76.0
	Manganeso (Mn)	DTPA/CaCl2	mg/kg	6 - 30	40.2	48.6
	Cobre (Cu)	DTPA/CaCl2	mg/kg	1.0 - 4.0	3.5	3.4
	Zinc (Zn)	DTPA/CaCl2	mg/kg	1.2 - 6.0	2.3	2.1
	Boro (B)	Extracto Agua	mg/kg	0.15 - 0.60	0.29	0.32
Peligro Salinidad	Sodio (Na)	Extracto Agua	mg/kg	< 140	12.2	10.2
	Cloruro (Cl ⁻)	Extracto Agua	mg/kg	< 98	37.5	40.2
	Sales Totales	Extracto Agua	mg/kg	< 2000	217	194

Página 2 de 3

MIG-04-04-18

Anexo 6. Fertilización química y orgánica en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

Tratamiento	Practica agrícola	Producto	Fórmula	Etapa fenológica de aplicación	Nro. de aplicaciones	Dosis
1	Fertilizantes Orgánicos	Biol		Todo el ciclo del cultivo	20	81.63 litros/por
		Compost	2.9-1.46-2.83	Aporque	1	parcela 16.21 kg
2	Fertilizantes orgánicos	Biol con lodo láctico		Todo el ciclo del cultivo	20	55.48 litros
		Compost	2.9-1.46-2.83	Aporque	1	12.41 kg
3	Fertilizantes químicos	Fosfato diamónico	18-46-00	Siembra y aporque	1	0.65 kg
		Urea	46-00-00	Siembra y aporque	1	0.68 kg
		Muriato de potasio	00-00-60	Siembra y aporque	1	0.60 kg
Aplicación de biol T1 y T2 (50% (v/v) drench y 10% (v/v) foliar con agua)						

Anexo 7. Control químico y orgánico de enfermedades en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

Tratamientos	Etapa fenológica	Enfermedad	Ingrediente activo	Número de aplicación	Dosis	Días después de la siembra
Químico (T3)	Siembra	<i>Rhizoctonia</i> , <i>Erwinia</i>	carboxin+captan	1	9g/litro	0
	Desarrollo de cultivo	<i>(Phytophthora infestans)</i>	oxicloruro de cobre	1	3g/litros	33 días
	Desarrollo de cultivo	<i>(Phytophthora infestans)</i>	methalaxyl+mancozeb	1	3g/litros	43 días
	Desarrollo de cultivo	<i>(Phytophthora infestans)</i>	oxicloruro de cobre	1	3g/litros	50 días
	Inicio floración, Inicio tuberización	<i>(Phytophthora infestans)</i>	methalaxyl+mancozeb	1	3g/litros	74 días
	Inicio floración, Inicio tuberización	<i>(Phytophthora infestans)</i> <i>(Alternaria solani)</i>	benalaxyl + mancozeb	1	1.5g/litros	81 días
	Fin floración, Fin tuberización	<i>(Phytophthora infestans)</i>	oxicloruro de cobre	1	3g/litros	102 días
Orgánico (T1 y T2)	Desarrollo de cultivo	<i>(Phytophthora infestans)</i>	oxicloruro de cobre	1	3g/litros	50 días
Inicio floración, Inicio tuberización	<i>(Phytophthora infestans)</i> <i>(Alternaria solani)</i>	oxicloruro de cobre	1	3g/litros	81 días	
Fin floración, Fin tuberización	<i>(Phytophthora infestans)</i>	oxicloruro de cobre	1	3g/litros	102 días	

Anexo 8. Medias y errores estándares de la interacción Semana* Tratamiento en la variable incidencia en *Phytophthora infestans*

Días después de siembra	Tratamiento	Medias	E.E.									
112	2	100.00	0.00	A								
105	3	100.00	0.00	A								
112	3	98.61	1.39	A								
98	3	98.61	1.39	A								
11	2	98.61	1.39	A								
105	1	98.61	1.39	A								
105	1	95.83	4.17	A	B							
91	3	93.06	3.67	A	B							
91	1	93.06	6.94	A	B							
98	2	91.67	6.36	A	B							
98	1	91.67	8.33	A	B							
91	2	86.11	10.01	A	B	C						
49	1	83.33	14.63	A	B	C						
49	2	81.95	14.09	A	B	C						
84	1	75.00	14.63		B	C						
84	3	66.67	9.62			C	D					
56	1	66.66	16.67			C	D					
56	2	66.49	13.25			C	D					
84	2	66.43	9.41			C	D					
77	1	47.22	21.83				D	E				
77	3	45.83	16.67				D	E				
63	2	44.02	10.39				D	E				
77	2	43.06	10.39					E				
70	1	37.50	10.39					E				
63	1	33.33	10.39					E	F			
70	2	32.67	10.39					E	F			
35	2	26.39	10.39					E	F	G		
42	1	26.39	10.39					E	F	G		
35	1	13.89	10.39						F	G	H	
42	3	12.50	10.39						F	G	H	
42	2	12.50	10.39						F	G	H	
56	3	8.33	10.39							G	H	
35	3	8.33	10.39							G	H	
63	3	5.56	10.39							G	H	
49	3	4.17	10.39							G	H	
70	3	2.78	10.39								H	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 9. Medias y errores estándares de la interacción Semana* Tratamiento en la variable severidad en *Phytophthora infestans*.

Días después de la siembra	Tratamiento	Medias	E.E.																		
112	3	16.87	0.87	A																	
112	1	13.56	0.87	B																	
105	1	12.07	0.87	C																	
49	1	11.67	0.87	C																	
112	2	10.25	0.87	D																	
98	3	9.50	0.87	D	E																
105	3	9.45	0.87	D	E																
105	2	9.34	0.87	D	E																
98	1	8.77	0.87	E	F																
98	2	7.88	0.87	F	G																
49	2	7.13	0.87	G																	
91	3	4.13	0.87							H											
56	2	3.99	0.87							H	I										
91	1	3.73	0.87							H	I										
91	2	2.70	0.87							H	I	J									
56	1	2.53	0.87							H	I	J	K								
84	1	2.50	0.87							H	I	J	K								
35	2	2.31	1.12							H	I	J	K								
77	2	2.09	0.87								I	J	K								
77	1	2.08	0.87								I	J	K								
42	1	2.07	1.12								I	J	K	L							
77	3	1.94	0.87									J	K	L							
84	2	1.77	0.87									J	K	L							
63	2	1.69	0.87									J	K	L							
84	3	1.63	0.87									J	K	L							
63	1	1.25	0.87									J	K	L	M						
42	3	1.19	1.12									J	K	L	M						
70	1	1.17	0.87									J	K	L	M						
70	2	1.12	0.87									J	K	L	M						
35	1	1.05	1.12									J	K	L	M						
42	2	0.71	1.12										K	L	M						
35	3	0.61	1.13											K	L	M					
56	3	0.17	0.87												L	M					
63	3	0.13	0.87													M					
49	3	0.08	0.87														M				
70	3	0.07	0.87															M			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 10. Medias y errores estándares de la interacción Semana* Tratamiento en la variable incidencia en *Alternaria solani*.

Días después de la siembra	Tratamiento	Medias	E.E.			
84	1	58.33	13.39	A		
91	1	61.11	6.05	A	B	
77	2	43.05	17.40	A	B	
77	3	40.28	17.07	A	B	
91	2	49.40	5.99	A	B	
84	2	53.50	7.25		B	C
77	1	36.11	12.11			C D
84	3	30.56	7.35			D
91	3	26.39	2.78			D
49	1	0.00	0.00			E
42	1	0.00	0.00			E
35	2	0.00	0.00			E
112	1	0.00	0.00			E
112	2	0.00	0.00			E
70	1	0.00	0.00			E
70	3	0.00	0.00			E
49	2	0.00	0.00			E
70	2	0.00	0.00			E
112	3	0.00	0.00			E
98	1	0.00	0.00			E
35	1	0.00	0.00			E
63	1	0.00	0.00			E
98	2	0.00	0.00			E
98	3	0.00	0.00			E
42	2	0.00	0.00			E
63	2	0.00	0.00			E
35	3	0.00	0.00			E
63	3	0.00	0.00			E
56	2	0.00	0.00			E
56	1	0.00	0.00			E
56	3	0.00	0.00			E
42	3	0.00	0.00			E
105	1	0.00	0.00			E
105	3	0.00	0.00			E
84	2	0.00	0.00			E
91	3	0.00	0.00			E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 11. Medias y errores estándares de la interacción Semana* Tratamiento en la variable severidad en *Alternaria solani*.

Días después de la siembra	Tratamiento	Medias	E.E.				
77	2	2.10	0.32	A			
77	3	1.49	0.29	B			
84	1	1.35	0.21	B	C		
91	1	1.21	0.18	B	C	D	
77	1	1.11	0.20		C	D	
84	2	1.08	0.18		C	D	
91	2	0.98	0.16			D	
84	3	0.56	0.13				E
91	3	0.44	0.10				E
56	2	0.00	0.00				F
70	2	0.00	0.00				F
98	2	0.00	0.00				F
63	2	0.00	0.00				F
112	2	0.00	0.00				F
105	2	0.00	0.00				F
35	3	0.00	0.00				F
98	3	0.00	0.00				F
49	2	0.00	0.00				F
49	3	0.00	0.00				F
70	1	0.00	0.00				F
49	1	0.00	0.00				F
105	1	0.00	0.00				F
56	2	0.00	0.00				F
112	3	0.00	0.00				F
63	2	0.00	0.0			F	
42	2	0.00	0.00				F
70	3	0.00	0.0		F		
98	3	0.00	0.00				F
105	2	0.00	0.0			F	
112	1	0.00	0.0			F	
56	3	0.00	0.00				F
63	3	0.00	0.0			F	
35	1	0.00	0.0			F	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 12. Medias y errores estándares por tratamientos en incidencia en costra negra (*Rhizoctonia solani*).

Tratamiento	Medias	E.E	
1	0.67	0.67	A
3	0.67	0.67	A
2	0.00	0.00	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 13. Medias y errores estándares por tratamientos en severidad en costra negra (*Rhizoctonia solani*).

Tratamiento	Medias	E.E		
3	0.03	0.02	A	
1	0.02	0.01	A	B
2	0.00	0.00		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 14. Medias y errores estándares por tratamientos en incidencia externa en pie negro (*Erwinia carotovora*).

Tratamiento	Medias	E.E	
3	0.67	0.67	A
2	0.67	0.67	A
1	0.67	0.67	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 15. Medias y errores estándares por tratamientos en severidad externa en pie negro (*Erwinia carotovora*).

Tratamiento	Medias	E.E	
2	0.03	0.02	A
1	0.02	0.01	A
3	0.01	0.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 16. Medias y errores estándares por tratamientos en incidencia interna en pie negro (*Erwinia carotovora*).

Tratamiento	Medias	E.E	
1	2.00	1.15	A
3	1.33	1.33	A
2	0.67	1.67	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 17. Medias y errores estándares por tratamientos en severidad interna en pie negro (*Erwinia carotovora*).

Tratamiento	Medias	E.E	
1	0.20	0.08	A
3	0.04	0.02	B
2	0.03	0.02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 18. Medias y errores estándares por tratamientos del rendimiento por hectárea (kg).

Tratamiento	Medias	E.E	
2	25350.65	692.22	A
1	25018.04	692.22	A
3	21859.44	692.22	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 19. Aporte total de nutrientes de los tratamientos por hectárea en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), con los siguientes fertilizantes: T1 y T2 (biol+compost) y T3 (fertilizante químico).

Nutrientes (kg/ha)	Fertilizantes	Tratamientos		
		T1	T2	T3
N	Biol	18,32	50,55	
	Compost	131,68	99,45	
	Fertilizante químico			150
	Total	150	150	150
P	Biol	91,16	99,87	
	Compost	65,73	50,33	
	Fertilizante químico			300
	Total	157	150	300
K	Biol	1564,6	933,33	
	Compost	127,4	97,56	
	Fertilizante químico			100
	Total	1692	1031	100
Mg	Biol	280,28	192,65	
Ca		270,75	208,37	
S		17,87	19,54	
Na		161	115,28	
Cl		340,14	259,54	
Fe		3,45	2,25	
Mn		7,8	6,38	
Cu		0,14	0,09	
Zn		0,77	0,34	
B		3,58	1,57	