



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

TEMA:

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD SUPERCHOLA, BAJO LA APLICACIÓN DE UN BIOL MEJORADO, PARROQUIA SAN JUAN DE ILUMÁN, OTAVALO.

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

Autor:

Taimal Martínez Segundo Ramiro

DIRECTOR

Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc.

IBARRA-ECUADOR

2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERIA INGENIERÍA AGROPECUARIA

“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD SUPERCHOLA, BAJO LA APLICACIÓN DE UN BIOL MEJORADO, PARROQUIA SAN JUAN DE ILUMÁN, OTAVALO.”

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

INGENIERO EN AGROPECUARIA

APROBADO:

Ing. Miguel Gómez, MSc.

DIRECTOR



FIRMA

Ing. Ingrid Martínez, PhD.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Franklin Sánchez, MSc.


MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. María José Romero MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

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:	1004336697
APELLIDOS Y NOMBRES:	Taimal Martínez Segundo Ramiro
DIRECCIÓN:	El Olivo
EMAIL:	ramirotm92@gmail.com
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL: 0990599061

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE PAPA (<i>Solanum tuberosum</i> L.) VARIEDAD SUPERCHOLA, BAJO LA APLICACIÓN DE UN BIOL MEJORADO, PARROQUIA SAN JUAN DE ILUMÁN, OTAVALO.”
AUTOR (ES):	Taimal Martínez Segundo Ramiro
FECHA: DD/MM/AAAA	20/05/2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
DIRECTOR:	Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que 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 20 días del mes de Mayo de 2019

EL AUTOR:


.....

Nombre: Taimal Martínez Segundo Ramiro

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Segundo Ramiro Taimal Martínez, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 20 días del mes de mayo de 2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Miguel Gómez', written over a horizontal line.

Ing. Miguel Gómez, MSc.
DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 20 días del mes de mayo de 2019.

Taimal Martínez Segundo Ramiro: EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD SUPERCHOLA, BAJO LA APLICACIÓN DE UN BIOL MEJORADO, PARROQUIA SAN JUAN DE ILUMÁN, OTAVALO. Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

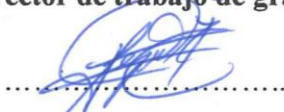
Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, 20 de Mayo del 2019.

DIRECTOR: Ing. Miguel Gómez, MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la concentración de nutrientes en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo la aplicación de un biol mejorado. Entre los objetivos específicos se encuentran: Analizar la concentración de macro y micronutrientes presentes en el tejido foliar del cultivo de papa y en el suelo, evaluar los efectos del biol sobre la concentración de ácido jasmónico y el rendimiento del cultivo y determinar el efecto del biol sobre la población de microorganismos del suelo.



.....
Ing. Miguel Gómez, MSc.
Director de trabajo de grado



.....
Taimal Martínez Segundo Ramiro
Autor

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme guiado durante toda mi carrera, por permitirme vivir y disfrutar de cada día, por ser mi fortaleza en los momentos más difíciles de mi vida y por haberme brindado la oportunidad de culminar una meta más.

Les doy gracias a mis queridos padres Pedro Taimal y Olga Martínez por ser los principales promotores de mis sueños, por ser un ejemplo de perseverancia y trabajo, gracias por anhelar siempre lo mejor para mi vida, por sus consejos y por cada una de sus palabras a lo largo de mi vida. A mis hermanos, amigos, compañeros y demás familiares que me brindaron su apoyo, amistad y tiempo durante este arduo camino y compartir conmigo las alegrías y fracasos.

No ha sido fácil el camino que he recorrido, pero gracias a su bondad, apoyo y paciencia he logrado conseguirlo, notándose menos lo difícil de ese camino, gracia mi quería Margarita.

A la Universidad Técnica del Norte, a la carrera de Ingeniería Agropecuaria y a todos los docentes que formaron parte de la formación académica, ética y profesional. A mi director MSc. Miguel Gómez y asesores MSc. Franklin Sánchez, PhD. Ingrid Martínez y MSc. María José Romero por el valioso conocimiento y apoyo que me brindaron durante el desarrollo de mi investigación. De igual manera un infinito agradecimiento a la Ing. Julia Prado, PhD por la dirección, paciencia y motivación con respecto a mi trabajo de titulación y por permitirme realizar mi experimento en su finca.

¡Gracias a ustedes!

DEDICATORIA

Grandes cosas resultan si dejas de hacer las mismas cosas fueron las palabras que me inspiraron a salir adelante, mismas que fueron inculcadas por mis padres a lo largo de mi vida.

El presente trabajo de investigación lo dedico a lo máspreciado en mi vida que son mis Padres Pedro Taimal y Olga Martínez, a quienes les agradezco por la ayuda incondicional que me brindaron. El trabajo de un padre es difícil ya que requiere de una gran responsabilidad y una dirección oportuna. Es por este motivo que mis logros y mis triunfos se los debo a ustedes. ¡Gracias Padres!”.

De igual manera agradezco sus consejos y palabras que de alguna forma tuvieron sentido en mi vida, por mostrarme que una que de una caída uno se puede levantar con mucha fuerza, les agradezco infinitamente porque sé que con su cariño y educación me han formado como una persona de bien.

Siempre voy a agradecerles y decirles que les amo con todo mi corazón.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
ÍNDICE DE ANEXOS	iv
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
CAPITULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problema	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos	6
1.4.1 General.....	6
1.4.2 Específicos.....	6
1.5 Hipótesis.....	6
CAPÍTULO II	7
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Cultivo de papa en Ecuador.....	7
2.1.1 Importancia del cultivo de papa	7
2.1.1.1 Características de la variedad Superchola.....	7
2.1.2 Descripción taxonómica y botánica.....	7
2.1.2.1 Taxonomía.....	7
2.1.2.2 Morfología.....	8
2.1.3 Requerimientos edafoclimáticos	9
2.1.4 Etapas fenológicas	9
2.1.5 Requerimientos de fertilización del cultivo de papa	10
2.1.5.1 Fertilización química.....	10
2.1.5.2 Fertilización foliar.....	11
2.2 El abono orgánico.....	11
2.2.1 El biol.....	11
2.2.1.1 Materiales para la elaboración de biol	12
2.2.1.1 Ventajas y desventajas del biol.....	14
2.3 Sistemas vegetales de defensa	14

2.3.1 Defensa constitutiva pasiva	15
2.3.2 Defensa constitutiva activa	15
2.3.3 Defensa inducida	15
2.3.3.1 Ácido jasmónico y respuesta sistémica inducida	15
2.3.3.2 Los jasmonatos	16
2.4 Microorganismos del suelo.....	16
2.4.1 Bacterias	16
2.4.2 Hongos	17
2.5 Nutrientes esenciales para las plantas	17
2.5.1 Nutrientes no minerales.....	17
2.5.2 Nutrientes minerales.....	17
2.5.2.1 Macronutrientes primarios.....	18
2.5.2.2 Macronutrientes secundarios	19
2.5.2.3 Micronutrientes	19
CAPÍTULO III.....	21
3. METODOLOGÍA	21
3.1 Caracterización del área de estudio	21
3.1.1 Ubicación geográfica.....	21
3.1.2 Características climáticas	22
3.2 Materiales y métodos.....	22
3.2.1 Materiales, insumos, equipos y herramientas	22
3.2.1.1 Materiales.....	22
3.2.1.2 Insumos.....	22
3.2.1.3 Equipos.....	23
3.2.1.4 Herramientas.....	23
3.2.2 Métodos	23
3.2.2.1 Tratamientos en estudio.....	23
3.2.2.2 Tratamientos.....	24
3.2.2.3 Diseño experimental.....	24
3.2.2.4 Características del experimento	24
3.2.2.5 Análisis estadístico	24
3.3 Variables evaluadas	25
3.3.1 Concentración de macro y micronutrientes en el suelo	25

3.3.2	<i>Determinación de peso seco por estructura de la planta</i>	25
3.3.3	<i>Medición foliar de clorofila</i>	2
3.3.4	<i>Concentración de micro y macronutrientes a nivel foliar</i>	2
3.3.5	<i>Determinación de peso seco de tubérculos en la cosecha</i>	27
3.3.6	<i>Rendimiento</i>	27
3.3.7	<i>Recuento de microorganismos</i>	28
3.4	Manejo específico del experimento	28
3.4.1	<i>Preparación del biol</i>	28
3.4.2	<i>Establecimiento del experimento</i>	29
3.4.3	<i>Delimitación de parcelas</i>	30
3.4.4	<i>Toma de muestras de suelo</i>	30
3.4.5	<i>Análisis foliar</i>	30
3.4.7	<i>Labores culturales</i>	31
CAPÍTULO IV.....		34
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1	Peso seco por estructura de la planta	34
4.1.1	<i>Hojas</i>	34
4.1.2	<i>Tallos</i>	36
4.1.3	<i>Raíces y estolones</i>	38
4.1.4	<i>Tubérculos</i>	39
4.2	Contenido de clorofila	42
4.3	Peso seco de tubérculos en la cosecha	43
4.4	Concentración de macro y micronutrientes a nivel foliar	45
4.4.1	<i>Macronutrientes</i>	45
4.4.2	<i>Micronutrientes</i>	45
4.5	Rendimiento por hectárea	47
4.5.1	<i>Peso de tubérculos por categoría</i>	49
4.5.2	<i>Número de tubérculos por categoría por planta</i>	50
4.6	Concentración de macro y micronutrientes en el suelo	52
4.6.1	<i>Macronutrientes</i>	52
4.6.2	<i>Micronutrientes</i>	52
4.7	Recuento de microorganismos	53
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55

5.1 Conclusiones	55
5.2 Recomendaciones	56
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
7. ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Taxonomía del cultivo de papa</i>	7
Tabla 2. <i>Recomendaciones generales de fertilización en el cultivo de papa</i>	10
Tabla 3. <i>Descripción y tratamientos en estudio (Anexo 3)</i>	24
Tabla 4. <i>Análisis de varianza (ADEVA) de un Diseño de Bloques Completos al Azar</i>	24
Tabla 5. <i>ADEVA de peso seco de las hojas en el cultivo de papa (Solanum tuberosum) variedad Superchola, bajo tres fuentes de fertilización nitrogenada</i>	34
Tabla 6. <i>ADEVA de peso seco de los tallos en el cultivo de papa (Solanum tuberosum)</i>	36
Tabla 7. <i>ADEVA de peso seco de raíz y estolones en el cultivo de papa (Solanum tuberosum)</i>	38
Tabla 8. <i>ADEVA de peso seco de tubérculos en el cultivo de papa (Solanum tuberosum)</i>	40
Tabla 9. <i>ADEVA del contenido de clorofila en el cultivo de papa (Solanum tuberosum)</i>	42
Tabla 10. <i>ADEVA de peso seco del tubérculo en el cultivo de papa (Solanum tuberosum)</i>	43
Tabla 11. <i>Contenido de macronutrientes (media±error estándar) a nivel foliar en el cultivo de papa (Solanum tuberosum), bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico)</i>	45
Tabla 12. <i>Contenido de micronutrientes (media±error estándar) a nivel foliar en el cultivo de papa (Solanum tuberosum), bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico)</i>	46
Tabla 13. <i>ADEVA del rendimiento por hectárea (kg) en el cultivo de papa (Solanum tuberosum)</i>	47
Tabla 14. <i>ADEVA peso de tubérculos por categoría en el cultivo de papa (Solanum tuberosum)</i>	49
Tabla 15. <i>ADEVA de número de tubérculos por categoría en el cultivo de papa (Solanum tuberosum)</i>	50
Tabla 16. <i>Contenido de macronutrientes en el suelo antes y después del cultivo</i>	52
Tabla 17. <i>Contenido de micronutrientes en el suelo antes y después del cultivo</i>	53
Tabla 18. <i>Recuento de bacterias en el suelo al final de la investigación</i>	53

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Etapas fenológicas del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>). I) Crecimiento del brote, II) Crecimiento vegetativo, III) Inicio tuberización, IV) Llenado de tubérculos, y V) Maduración.	10
<i>Figura 2.</i> Ubicación del área de estudio.	21
<i>Figura 3.</i> Toma de muestras de suelo.	25
<i>Figura 4.</i> Proceso de secado de las estructuras de la planta. a) Peso fresco por órganos. b) Secado de las muestras. c) Peso seco por órganos.	25
<i>Figura 5.</i> Medición de clorofila en la floración. <i>Figura 6.</i> Medición de clorofila en crecimiento.	2
<i>Figura 7.</i> Toma de muestras foliares.	2
<i>Figura 8.</i> Determinación de peso seco en tubérculos. a) Peso fresco tubérculos. b) Secado de tubérculos. c) Peso seco de tubérculo.	27
<i>Figura 9.</i> Rendimiento total.	28
<i>Figura 10.</i> Clasificación de tubérculos.	28
<i>Figura 11.</i> Rendimiento por planta.	28
<i>Figura 12.</i> Toma de muestras de suelo para recuento de microorganismos.	28
<i>Figura 13.</i> Elaboración de biol.	29
<i>Figura 14.</i> Filtración del biol.	29
<i>Figura 15.</i> Delimitación de parcelas.	30
<i>Figura 16.</i> Siembra y desinfección de tubérculos de papa.	31
<i>Figura 17.</i> Retape a los 21 días.	31
<i>Figura 18.</i> Rascadillo.	31
<i>Figura 19.</i> Aplicación de biol via drench.	32
<i>Figura 20.</i> Fertilización química.	32
<i>Figura 21.</i> Aporque.	32
<i>Figura 22.</i> Aplicación de plaguicidas.	33
<i>Figura 24.</i> Almacenamiento.	33
<i>Figura 23.</i> Cosecha.	33
<i>Figura 25.</i> Peso seco de hojas por planta para cada tratamiento y días de medición en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>), variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).	35
<i>Figura 26.</i> Peso seco de tallos por planta por cada tratamiento y días de medición en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).	37
<i>Figura 27.</i> Peso seco de raíces estolones por planta para cada tratamiento y mes de medición en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>), variedad Superchola. Con los siguientes tratamientos T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).	39
<i>Figura 28.</i> Peso seco de tubérculos por planta para cada tratamiento y días de medición en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>), variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).	41

<i>Figura 29.</i> Medición del contenido de clorofila por días y tratamientos en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).....	43
<i>Figura 30.</i> Peso seco de tubérculos por planta para cada tratamiento en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>), variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).	44
<i>Figura 31.</i> Rendimiento en kg por hectárea en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).	48
<i>Figura 32.</i> Peso de tubérculos por categoría por planta en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).....	50
<i>Figura 33.</i> Número de tubérculos por categoría por planta en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de ácidos grasos de los lodos lácteos- Laboratorio de alimentos de la Universidad Central del Ecuador.....	63
Anexo 2. Análisis del contenido de macro y micronutrientes en suero -Laboratorio Agrar Projekt.	64
Anexo 3. Análisis de ácidos grasos de los lodos lácteos- Laboratorio de alimentos de la Universidad Central del Ecuador.....	65
Anexo 4. Análisis del contenido de macro y micronutrientes en lodos lácteos-Laboratorio Agrar Projekt.....	66
Anexo 5. Cálculo de la cantidad de biol elaborado para la aplicación en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).	68
Anexo 6. Fertilización química y orgánica en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).	68
Anexo 7. Resultado de análisis de microorganismos.....	69
Anexo 8. Cantidad e insumos que se utilizaron para la elaboración de biol estándar y biol con lodos lácticos en tanques de 200 litros.	69
Anexo 9. Resultados de análisis del contenido nutrientes en el biol estándar y biol con lodos lácteos.	72
Anexo 10. Control químico y orgánico de plagas y enfermedades en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).	72
Anexo 11. Croquis de distribución de los tratamientos.	73
Anexo 12. 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).	74
Anexo 13. Medias y errores estándares para días después de la siembra (DDS) en la variable de peso seco de hojas.	75
Anexo 14. Medias y errores estándares de la interacción Mes*Tratamiento en la variable de peso seco de tallos.	75
Anexo 15. Medias y errores estándares de la interacción Mes*Tratamiento en la variable de peso seco de raíz.....	75
Anexo 16. Medias y errores estándares de la interacción Mes*Tratamiento en la variable de peso seco de tubérculos.	75
Anexo 17. Medias y errores estándares de la interacción Tratamiento*Época en la variable contenido de clorofila.....	76
Anexo 18. Medias y error estándar por tratamientos de peso seco en los tubérculos.....	76
Anexo 19. Asimilación de macronutrientes por la planta en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).	77
Anexo 20. Asimilación de micronutrientes por la planta en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).	78
Anexo 21. ADEVA del macronutriente Nitrógeno a nivel foliar.....	78
Anexo 22. ADEVA del macronutriente Fósforo a nivel foliar.	78
Anexo 23. ADEVA del macronutriente Potasio a nivel foliar.	79
Anexo 24. ADEVA del macronutriente Magnesio a nivel foliar.	79
Anexo 25. ADEVA del macronutriente Calcio a nivel foliar.	79

Anexo 26. ADEVA del macronutriente Azufre a nivel foliar.....	79
Anexo 27. Resultados de análisis foliar de nutrientes en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>). .	79
Anexo 28. ADEVA del macronutriente Sodio a nivel foliar.	80
Anexo 29. ADEVA del micronutriente Hierro a nivel foliar.	80
Anexo 30. ADEVA del micronutriente Manganeso a nivel foliar.	80
Anexo 31. ADEVA del micronutriente Cobre a nivel foliar.....	80
Anexo 32. ADEVA del micronutriente Cobre a nivel foliar.....	80
Anexo 33. ADEVA del micronutriente Boro foliar.	80
Anexo 34. Resultados de análisis del contenido de nutrientes en el suelo antes y después de establecer el cultivo.	81
Anexo 35. Medias y error estándar por tratamientos del rendimiento por hectárea (kg).	82
Anexo 36. Medias y error estándar por tratamientos de peso seco en los tubérculos.....	82
Anexo 37. Medias y error estándar por tratamientos de peso seco en los tubérculos.....	82

RESUMEN

El biol es un fertilizante líquido orgánico que puede ser considerado como alternativa a los fertilizantes químicos, ya que posee un alto contenido de nutrientes, microorganismos y hormonas que mejoran el crecimiento y la vigorosidad de la planta. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la concentración de nutrientes en el cultivo de papa después de las aplicaciones del biol. Las aplicaciones se realizaron al suelo y foliarmente durante el ciclo del cultivo, acorde a los requerimientos de nitrógeno del cultivo, con biol estándar, biol con lodos lácteos y fertilización química. Se evaluaron las siguientes variables: concentración de nutrientes a nivel foliar, rendimiento por hectárea y población de microorganismos en el suelo. Al finalizar el estudio se observó que las concentraciones de nutrientes en el tejido foliar fueron las mismas pese a que las cantidades de nutrientes aportadas por los distintos tratamientos y los niveles de extracción de nutrientes por el cultivo fueron distintos para N, P y K. Solamente variaron las concentraciones de Zn y Mn; sin embargo, las concentraciones de nutrientes a nivel foliar fueron normales, a excepción del Fe, que mostró valores superiores al rango normal en todos los tratamientos. Adicionalmente, los rendimientos (kg/ha) de los tratamientos con biol fueron superiores al tratamiento con fertilización química por 13.20 %. Esta mejora en rendimientos fue marcada por una mayor acumulación de peso seco de tubérculos antes y al momento de la cosecha; y, mayor número y peso fresco de tubérculos de primera categoría. Por otro lado, aunque las poblaciones de microorganismos en el suelo difirieron entre tratamientos, las concentraciones de nutrientes a nivel foliar fueron las mismas para todos los tratamientos. Con este antecedente, el biol puede ser una alternativa de reciclaje de nutrientes y fertilización ya que a través de su uso se puede cubrir los requerimientos nutricionales del cultivo de papa y obtener mejores rendimientos.

ABSTRACT

Biol is a liquid organic fertilizer that can be considered as an alternative to chemical fertilizers due to its nutrient, hormone and micro organism content that improve plant growth and vigor. The objective of this research was to assess the nutrient content of potato crop under the application of two kind of biofertilizers. The bio-fertilizers were applied to the soil and to the leaves a long the crop cycle, satisfying crop N requirement. Chemical fertilization, with the same N requirement, was considered as control. The following variable were studied: leave nutrient contents, yield per hectare and population of soil microorganisms. It was observed that leave nutrient concentrations were the same, excepting Zn and Mn, even though the amounts of nutrients given by treatments; and, the extraction levels of N, P and K by the crop were different. Besides, leave nutrient concentrations were in a normal range for all nutrients, excluding Fe, which was in excess for all treatments. Additionally, the yield (kg/ha) for biol treatments was higher a 13,20 % in relation to chemical fertilization. This higher yield was the result of a higher accumulation of tuber dry weight during crop development and harvest; and, a higher number and fresh weight of first category tubers. On the other hand, though soil microorganisms population differed among treatments, the nutrient contents in leaves were the same. With this antecedent, these biofertilizers can be an alternative to recycle nutrients and avoid the dependence of chemical fertilizers. Its use can cover potato crop nutrient requirements and improve yield.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Las provincias con mayor producción de papa en Ecuador son: Carchi, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo y Cotopaxi, las mismas que lo realizan a una altitud entre 2700 – 3400 msnm, siendo la papa el segundo cultivo más importante después del maíz representando la base de alimentación de muchos ecuatorianos. El cultivo de papa integra a 250 000 personas, de las cuales 88130 son productores. El consumo *per cápita* de papa es de 31.8 kg/año (Oficina para Estudios del Agro, 2009).

Entre las prácticas agrícolas más utilizadas a nivel nacional se encuentra la fertilización, la cual varía en dosis, fuentes y épocas de aplicación. La utilización de fertilizantes químicos en diferentes provincias productoras de papa, principalmente en la provincia del Carchi, provoca desbalances iónicos afectando la absorción de nutrientes. Además, la utilización de fertilizantes por parte de los agricultores del Ecuador es de 30000 toneladas al año (Pumisacho y Sherwood, 2002).

Según Angus (2012), un factor importante dentro de la utilización de los fertilizantes químicos estaría relacionado con las fuentes de obtención de los fertilizantes, debido a que son recursos no renovables, además menciona que, para la elaboración de fertilizantes nitrogenados, se necesita el 1% de petróleo que se produce a nivel mundial. También señala que las fuentes de fósforo para el año 2030 se terminarán o serán escasas.

La fertilidad del suelo se mide comúnmente por la disponibilidad de nutrientes para las plantas, sin embargo, existen diversos factores químicos, físicos y biológicos que influyen o limitan la asimilación de los mismos (Pumisacho y Sherwood, 2002). En este sentido el uso de fertilizantes afecta la microbiología del suelo, pues la actividad microbiológica es importante en los ciclos de los minerales, entendiéndose así que los minerales podrían estar más disponibles para las plantas (Buscot y Varma, 2005).

Además, la concentración de nutrientes tiene gran influencia en el desarrollo de la planta, debido a que algunos nutrientes (P, Mg, K y Mn) son necesarios para que se produzca energía mediante la fotosíntesis, y que la planta pueda realizar todas sus funciones fisiológicas (Heldt et al., 1977).

En lo que respecta a la nutrición del suelo, se han realizado estudios en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*), los cuales mostraron que un fertilizante orgánico presenta mejores resultados frente a un fertilizante químico en los mismos niveles de nutrición (NPK), ya que, el fertilizante orgánico líquido incrementó la altura de la planta, cantidad de bacterias, las actividades enzimáticas y la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, mejorando el crecimiento y el vigor de las plantas (Zhu, Zhanga, Wangb, Ran, y Shen, 2013).

En otro estudio realizado en Colombia y en límites de Ecuador, se evaluó la incidencia de la pudrición del cogollo en una plantación de palma de aceite. En la investigación se resaltó que las plantas sanas tenían mayor concentración de nutrientes en las hojas jóvenes, mientras que en plantas enfermas se mostró una concentración mínima de nutrientes, mostrando así que un organismo bien nutrido es más tolerante y tiene menos riesgo de enfermarse (Huber, 1997).

En lo que respecta al biol, estudios realizados en brócoli con diferentes dosis de biol enriquecido con roca fosfórica, mostraron que después de haber aplicado biol, hubo mayor cantidad de nutrientes en la planta, mejorando el crecimiento y vigorosidad de la misma, y reduciendo el tiempo de cosecha; mientras que el testigo de fertilización química, presentó inconvenientes en su crecimiento y el tiempo de cosecha (Chiluisa, 2014).

Con estos antecedentes se puede notar que es necesario buscar alternativas al uso de fertilizantes químicos. Siendo el biol un fertilizante orgánico muy eficiente, debido a que posee una gran cantidad de nutrientes y hormonas, que generan beneficios a las plantas y al suelo, además no afectan al medio ambiente (Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social [FONCODES], 2014).

1.2 Problema

En el Ecuador, el cultivo de papa es de gran importancia debido a que es un producto básico en la alimentación humana, pero su producción está ligada al alto uso de fertilizantes químicos, con un promedio de 30000 toneladas de fertilizante químico al año (Pumisacho y Sherwood, 2002). El uso excesivo de fertilizantes provoca desbalance de nutrientes, alteración del pH y en ocasiones toxicidad en el suelo, y esto genera una limitada nutrición de la planta, afectando sus funciones fisiológicas.

Para tener una planta vigorosa y resistente a plagas y enfermedades, se necesita de una nutrición balanceada de la misma. Esto conlleva a que los agricultores apliquen altas cantidades de fertilizante químico, lo cual afecta a los microorganismos presentes en el suelo y por ende la disponibilidad de los nutrientes en el mismo. Además, genera una limitada nutrición de la planta debido a que estos intervienen en los ciclos de los minerales, lo que genera un mayor riesgo de vulnerabilidad al ataque de plagas y enfermedades.

Por otro lado, la dependencia de fertilizantes químicos a largo plazo, afectaría a la obtención de los mismos, debido a su alto costo y se obtienen de recursos no renovables. Por ejemplo, se requiere del 1% de la producción mundial de petróleo para la elaboración de fertilizantes nitrogenados.

1.3 Justificación

Según Suquilanda (2001), dentro de los biofertilizantes se destaca el biol, que es un excelente abono orgánico, utilizado para los cultivos de papa, maíz, trigo, haba, hortalizas y frutales. Contiene una gran cantidad de nutrientes y sustancias producidas por microorganismos, proporcionando una alimentación equilibrada y energía a las plantas.

Restrepo (2001), menciona que los bioles son abonos líquidos con elementos minerales y energía equilibrada, los cuales son preparados a base de estiércol fresco de vaca, disuelta en agua, más leche y melaza, mismos que son fermentados anaeróbicamente en tanques plásticos, y en ocasiones es enriquecido con sales minerales como son los sulfatos de magnesio, zinc, cobre, entre otros. Además, el biol tiene gran influencia en el suelo ya que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas favoreciendo las actividades en el mismo (Paca, 2009).

De acuerdo a Infante (2011) y Pino (2005), el biol es una fuente orgánica de fitorreguladores, que acelera la germinación de las semillas, mejora el crecimiento de las raíces, genera mayor vigor a las plantas, fortalece la acción microbiana y es de fácil absorción para las plantas, resumiéndose todo esto en un incremento significativo del 50% de la producción final.

Estudios realizados en tomate (*Solanum lycopersicum*) muestran que un fertilizante orgánico líquido incrementa la altura de la planta, cantidad de bacterias, las actividades enzimáticas y la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, con respecto al fertilizante químico (Zhu, Zhanga, Wangb, Ran, y Shen, 2013).

Otro estudio realizado en el cultivo de lechuga menciona que la aplicación del biol genera resultados similares a fertilizantes químicos, ya que es una alternativa de fertilización para los cultivos. El biol puede aplicarse con la finalidad de prevenir plagas y enfermedades, aportar nutrientes a la planta, y mejorar la calidad del suelo (Sánchez, 2009).

Al sufrir la planta situaciones de estrés producidas por daños (mecánicos o bióticos), sequías y el ataque por patógenos y plagas, se produce una respuesta de defensa incrementando el

ácido linolénico del cual se deriva el ácido jasmónico. El ácido jasmónico es una fitohormona que actúa como molécula señalizadora a situaciones de estrés introduciendo defensas en la planta, además ayuda al crecimiento de la raíz, tuberización, maduración de frutos y senescencia (Zavala, 2010).

Acorde a lo anteriormente mencionado, al incorporar material que contenga ácido linolénico al biol, ayudaría a incrementar el sistema inmune de la planta, ya que se incrementaría la cantidad de ácido jasmónico, reduciendo así el ataque de patógenos. Así también el biol podría incrementar las poblaciones de microorganismos del suelo, lo cual ayudaría a que los nutrientes sean más asimilables para la planta.

El presente estudio tuvo la finalidad de implementar al biol como una alternativa orgánica de fertilización, debido a que contiene nutrientes y hormonas, necesarios para que la planta realice sus funciones fisiológicas, por lo cual se recomendaría aplicar este fertilizante en el cultivo de papa debido a que su producción depende directamente del uso de fertilizantes químicos.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

- Evaluar la concentración de nutrientes en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo la aplicación de un biol mejorado.

1.4.2 Específicos

- Analizar la concentración de macro y micronutrientes presentes en el tejido foliar del cultivo de papa y en el suelo.
- Evaluar los efectos del biol sobre la concentración de ácido jasmónico y el rendimiento del cultivo.
- Determinar el efecto del biol sobre la población de microorganismos del suelo.

1.5 Hipótesis

H₀= La aplicación del biol mejorado no influye en la asimilación de nutrientes en la planta.

H_a= La aplicación del biol mejorado influye en la asimilación de nutrientes en la planta.

H₀= La aplicación del biol mejorado no influye en la concentración de nutrientes y en la población de microorganismos en el suelo.

H_a= La aplicación del biol mejorado influye en la concentración de nutrientes y en la población de microorganismos en el suelo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Cultivo de papa en Ecuador

2.1.1 Importancia del cultivo de papa

Entre las principales actividades agrícolas que se realizan en el país se encuentra el cultivo de papa, ocupando el séptimo lugar de producción a nivel nacional debido a su contenido nutricional y a su consumo diario en la alimentación, además es cultivado en 12 provincias del Ecuador (Monteros, 2016).

La semilla de papa Superchola en Ecuador en el año 2015 presentó un notorio rendimiento promedio de 16.13 t/ha a nivel nacional, donde la provincia del Carchi obtuvo rendimientos superiores a la media nacional de 27.30 t/ha en este ciclo, y la provincia con menor productividad fue Cotopaxi con 12.8 t/ha. Además, las provincias de Pichincha, Chimborazo, y Tungurahua presentan rendimientos de 14.9, 14.5, y 14.2 t/ha, respectivamente (Monteros, 2016).

2.1.1.1 Características de la variedad Superchola

Se desarrolla muy bien en la sierra norte, en una altitud de 2800 a 3400 msnm, su densidad de siembra es de 20 – 25 qq/ha, con una distancia entre surcos de 1.1 -1.2 m y entre plantas de 0.3 a 0.4 m; obteniendo un rendimiento promedio de 20 a 30 t/ha (Mastrocola et al., 2016).

2.1.2 Descripción taxonómica y botánica.

2.1.2.1 Taxonomía

Tabla 1.
Taxonomía del cultivo de papa

Taxonomía	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Familia:	Solanácea
Género:	<i>Solanum</i>
Especie:	<i>Solanum tuberosum</i> L.

Fuente: Pumisacho y Sherwood (2002).

2.1.2.2 *Morfología*

Como mencionan Pumisacho y Velásquez (2009), la planta de papa está conformada por tallos aéreos y subterráneos, donde se sostienen las hojas, flores y los tubérculos, respectivamente.

- a) **Tallos:** Son de sección angular, los tallos principales nacen de los brotes de los tubérculos, los tallos secundarios nacen de las yemas subterráneas de los tallos principales, además poseen estolones que son tallos subterráneos.
- b) **Raíces:** la planta de papa posee un sistema radicular fibroso y muy ramificado, y son las responsables de la absorción del agua.
- c) **Hojas:** La papa posee hojas compuestas y pinnadas, las primeras hojas tienen aspecto simple y son alternas, las hojas de una planta adulta son compuestas e imparipinada. Egúsquiza (2000), menciona que las partes que conforman la hoja son: folíolos laterales, folíolo terminal, interhojuela, raquis o peciolo y yema; además cumplen la función de transformar la energía solar en energía alimenticia (azúcares y almidón).
- d) **Flores:** Las flores crecen en racimos y son terminales, misma que son bisexuales, tetracíclicas, pentámeras; con colores que varían desde el color blanco al color morado, son las encargadas de la reproducción sexual.
- e) **Frutos:** en estado maduro es una baya de forma redonda u oval, de color que va desde el verde amarillo hasta violeta, su tamaño alrededor de 5 cm de diámetro.
- f) **Tubérculos:** es la porción apical del tallo que crece, almacena reserva y se la utiliza como semilla para la reproducción, también se puede referir al tubérculo como el fruto agrícola de la papa (Egúsquiza, 2000).

2.1.3 Requerimientos edafoclimáticos

De acuerdo a Franco (2002), los requerimientos edafoclimáticos del cultivo de papa son:

- a) **Altitud:** 2900 y 3300 msnm.
- b) **Temperatura óptima:** 9 y 11 °C.
- c) **pH:** 4.5 y 7.5
- d) **Humedad:** Debe ser relativa moderada para el éxito del cultivo. Sin embargo, la humedad en exceso puede causar daños en la germinación, floración hasta a la maduración del tubérculo. Además, una humedad ambiental excesivamente alta favorece el ataque de la enfermedad Mildú.
- e) **Suelo:** La papa crece mejor en suelos profundos con buen drenaje, de preferencia francos y franco arenosos, fértiles y ricos en materia orgánica. Villafuerte (2008), señala que la papa puede ser sembrada en suelos arcillosos de buena preparación y buen drenaje.
- f) **Temperatura:** Para una buena tuberización la temperatura máxima durante el día debe ser de 20 a 25°C, mientras que en la noche la temperatura debe estar en un rango de 8 a 13°C, si la temperatura sobrepasa estas temperaturas se disminuye la fotosíntesis y aumenta la respiración, dando como consecuencia la pérdida de hidratos de carbono que se almacenan en los tubérculos.
- g) **Luminosidad:** Influye en la producción de carbohidratos, ya que interviene en la fotosíntesis. Además, influye en la distribución de los carbohidratos, siendo su concentración mayor en los tubérculos cuando es alta.

2.1.4 Etapas fenológicas

Pumisacho y Velásquez (2009), señalan que el cultivo de papa atraviesa por tres etapas:

- a) **Etapa vegetativa:** (V0) Brotación semilla, (V1) Emergencia, (V2) Desarrollo, (V3) Inicio floración y tuberización.
- b) **Etapa de reproducción:** (R4) Fin floración-y tuberización, (R5) Engrose
- c) **Maduración:** (R6) Maduración y Cosecha.

Mientras que Dwelle (2003), menciona que las etapas fenológicas del cultivo de papa son las que se presentan a continuación (Figura 1):

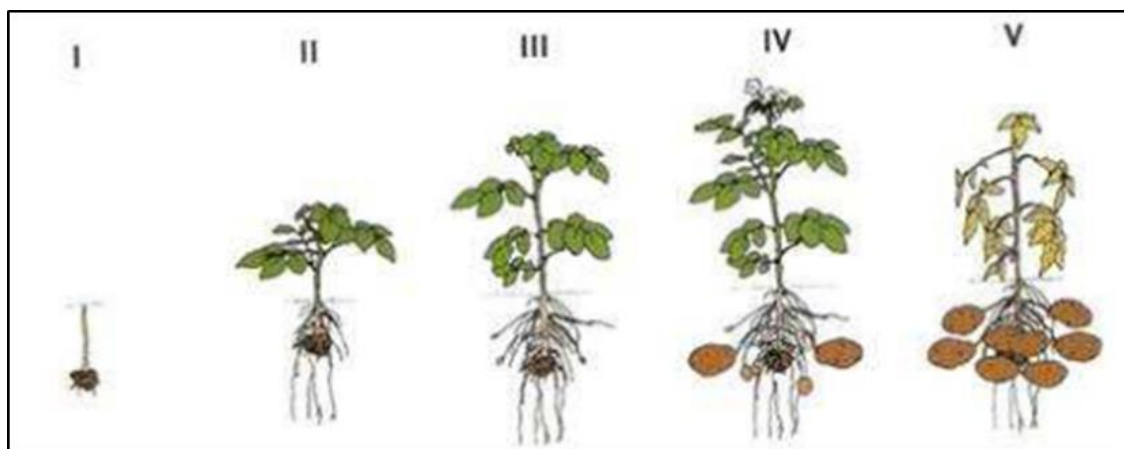


Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). I) Crecimiento del brote, II) Crecimiento vegetativo, III) Inicio tuberización, IV) Llenado de tubérculos, y V) Maduración.

2.1.5 Requerimientos de fertilización del cultivo de papa

2.1.5.1 Fertilización química

La fertilización del cultivo de papa es una práctica agronómica importante, pues permite incrementar de forma notable el rendimiento y la calidad de los tubérculos cosechados. El cultivo de papa requiere de una fuerte inversión de capital, si se toman en cuenta todos sus factores de manejo. La fertilización generalmente representa el 30% de los costos totales de producción (Sierra, Santos y Kalazich, 2002).

Tabla 2.

Recomendaciones generales de fertilización en el cultivo de papa.

	Recomendación de fertilización			
	N(kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O(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).

2.1.5.2 Fertilización foliar

Se la realiza a la planta como complemento a la fertilización edáfica, con la finalidad de cubrir las necesidades de micronutrientes, y para ayudar a la planta a combatir los daños ocasionados por factores bióticos y abióticos. La eficacia de su aplicación depende de la edad del cultivo, área foliar, época, forma de aplicación y movilidad de los nutrientes en la planta (Pumisacho y Sherwood, 2002).

Estudios realizados en fertilización muestran que aplicar abonos foliares completos incrementan el rendimiento de papa hasta 5 t/ha, tal es el caso del zinc que al aplicarlo como quelato incrementa hasta 2.6 t/ha. Al aplicar abonos foliares se obtiene resultados positivos, ya que cubren las deficiencias de azufre, zinc y manganeso en el suelo. Además, se recomienda realizar de 2 a 4 aplicaciones desde el principio de la floración con una frecuencia de 21 días (Pumisacho y Sherwood, 2002).

2.2 El abono orgánico

Los abonos orgánicos son los residuos orgánicos vegetales y animales que se utilizan como fertilizantes, mismos que constituyen la materia orgánica, la cual juega un papel importante en la vida del suelo. La materia orgánica mejora la estructura, reduce la erosión y regula la temperatura del suelo, además ayuda a almacenar más humedad, mejorando su fertilidad y sirve de alimento para los organismos del suelo (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2002).

2.2.1 El biol

Los abonos orgánicos líquidos se generan tras la fermentación de materiales orgánicos, como estiércol de diversos animales, desechos de plantas y frutos frescos. Estos abonos generalmente se aplican mediante vía foliar, sin embargo, en ocasiones son aplicados al suelo (Restrepo, 2001).

El biol es un abono orgánico líquido, elaborado con estiércol fresco y otros ingredientes orgánicos, los mismos que son dejados a fermentación en tachos herméticamente cerrados, donde todo debe ser anaeróbico. Además, este abono es aplicado tanto al suelo como por vía foliar (hojas y tallos) de las plantas (Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social [FONCODES], 2014).

El biol es utilizado principalmente para promover y fortalecer el crecimiento de la planta, raíces y frutos, ya que tiene o produce hormonas vegetales (giberelinas, citoquininas, ácido fólico, ácido indol acético, entre otros.), las cuales son desechos del metabolismo de las bacterias que están en la fermentación anaeróbica. Estos beneficios hacen que se requiera menor cantidad de fertilizante mineral u otro empleado (Aparcana, 2008).

2.2.1.1 Materiales para la elaboración de biol

Para la elaboración de biol se puede utilizar una gran variedad de insumos, ya sean estos líquidos o sólidos y se describen a continuación:

- a) **Estiércol:** es un insumo de consistencia solida con la función de proporcionar nitrógeno y en menor cantidad fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro al biol. Además, contiene una gran cantidad ácidos grasos, y microorganismos ruminales que intervienen en la fermentación de componentes orgánicos (Mansson, 2008).
- b) **Leche:** es un insumo de consistencia liquida que tiene la función de proporcionar nutrientes y microorganismos al biol. Además, la grasa que contiene la leche de vaca es considerada como la grasa más compleja de origen natural, ya que posee una gran cantidad de ácidos grasos (Linolénico, Mirístico, Butírico, Palmítico, Linoleico, Araquidónico, Esteárico, entre otros) con diferentes estructuras bioquímicas, peso molecular, y grado de insaturación (Harvatine et al., 2009). Los ácidos grasos presentes en la leche de vaca, se originan por medio de dos fuentes, el tipo alimentación y la actividad bacteriana dentro del rumen (Mansson, 2008).

- c) **Suero:** es un insumo de consistencia líquida, residuo de la leche, que tiene las funciones de la leche, como controlar el pH (debido a la presencia de *Lactobacillus*) aportar nutrientes y ácidos grasos (Harvatine et al., 2009). Esto se puede observar en los análisis efectuados en esta investigación en el Laboratorio de alimentos de la Universidad Central del Ecuador y en el Laboratorio Agrar Projekt (Anexo 1 y 2).
- d) **Lodos lácteos:** son las aguas residuales de las industrias lácteas, que atraviesan por diversos procesos en las plantas de tratamientos, obteniendo un efluente semilíquido como producto final con una humedad de 65 a 75% de humedad, con un pH que varía con la presencia de soluciones ácidas y alcalinas y una elevada conductividad. Las características que poseen los lodos lácteos es muy variada, ya que esto depende del proceso de tratamiento de cada empresa (Morales, 2009). Además, los análisis realizados en esta investigación muestran el contenido de nutrientes y ácidos grasos que poseen los lodos (Anexo 3 y 4). También se puede mencionar que los lodos que se producen en la empresa Floralp en la ciudad de Ibarra, son desechados a los depósitos de basura y utilizados por agricultores del sector.
- e) **Melaza:** es un insumo que se obtiene del procesamiento de la caña de azúcar, con una consistencia semilíquida, que tiene la función de proporcionar una fuente energética para la fermentación del biol, de igual manera sirve como alimento para los microorganismos que descomponen los materiales del biol, además contiene varios nutrientes (K, Ca, Mg y B).
- f) **Ceniza:** es un insumo de consistencia sólida con la función de aportar potasio al biol.
- g) **Agua:** tiene la función de diluir y proporcionar la humedad los materiales del biol, además proporciona las condiciones necesarias para el desarrollo y reproducción de los microorganismos presentes en el biol.

2.2.1.1 Ventajas y desventajas del biol

a) Ventajas del biol

Como menciona FONCODES (2014), las ventajas y desventajas del biol son las siguientes:

- No contamina el suelo, el agua, el aire, ni los cultivos.
- Su preparación es fácil y puede ser colocado en diversos tipos de envase.
- Es de bajo costo ya que se emplea insumos que encontramos en la finca.
- Ayuda a incrementar la producción.
- Revitaliza las plantas que tienen estrés, por el ataque de plagas y enfermedades, sequías, heladas o granizadas, si aplicamos en el momento adecuado. Tiene sustancias (fitohormonas) que aceleran el crecimiento de la planta.

b) Desventajas del biol

- Periodo largo de elaboración de 2 a 4 meses, hay que planificar su producción en el año.
- Sólo se puede usar entre 3 a 6 meses de su cosecha, después disminuye sus propiedades.
- El mal manejo durante su aplicación puede quemar las plantas.
- Cada lote tiene una composición diferente.

2.3 Sistemas vegetales de defensa

Como respuesta a la presión ejercida por factores bióticos (hongos, virus, bacterias, nematodos e insectos herbívoros) y abióticos (condiciones ambientales), la planta ha desarrollado diferentes sistemas de defensa, asociados a un tipo de respuesta, un sistema de defensa constitutiva y el otro de respuesta inducida, los cuales se encuentran presentes en la planta dependiendo de la especie (Tofiño, Romero, y Ceballos, 2007).

2.3.1 Defensa constitutiva pasiva

Esta respuesta está relacionada con las características estructurales que posee cada planta, como son cutinas, suberinas, ceras y tricomas, consideradas respuestas no activas, ya que están presentes en la planta, en ausencia o presencia de ataques de patógenos (Heil, 2004).

2.3.2 Defensa constitutiva activa

Esta respuesta está constituida por aquellas sustancias asociadas a productos del metabolismo secundario, que se sintetizan de forma constante por la planta y brindan defensa al ataque de patógenos (terpenos, fenoles, flavonoides, isoflavonoides, glucosinolatos, glicosidos cianogénicos, aminoácidos no proteicos, y algunas proteínas) (Segura, 2006).

2.3.3 Defensa inducida

La defensa inducida, ocurre como respuesta al ataque de un patógeno a una planta. La respuesta comienza de manera local después de detectarse el ataque de un patógeno, dependiendo del tipo de respuesta generada por el señalizador, esta puede extenderse por toda la planta (Perez, Martínez, Solórzano, Sosa del Castillo, y Martínez, 2011).

2.3.3.1 Ácido jasmónico y respuesta sistémica inducida

Las plantas activan varios compuestos de defensa como respuesta al daño mecánico, por lo que el daño celular cumple una función importante en la percepción del ataque. Las respuestas al daño celular están reguladas por una hormona de estructura química que es el ácido jasmónico (Farouk y Osman, 2011).

El ácido jasmónico es un señalizador intracelular que actúa solo o conjuntamente con un proceso de interacción hormonal con etileno y ácido salicílico, de manera cooperativa o antagónica. Esta fitohormona está relacionada con señales químicas (jasmonatos) que inducen defensas en las plantas como respuesta al ataque de insectos (Zavala, 2010).

2.3.3.2 Los jasmonatos

Los jasmonatos son fitohormonas del grupo de los octadecanoides, derivados del ácido linoleico y linolénico, que están relacionados con procesos de respuesta al estrés en la planta, inhibición de crecimiento y promoción de senescencia. Se producen en mayor cantidad tras el ataque de herbívoros y están ligados en la inducción de genes en el proceso de respuesta sistémica inducida (Heil, 2000).

Los jasmonatos se encuentran involucrados en el incremento de varias defensas como la resistencia al ataque de plagas, desarrollo de tricomas en las hojas y el aumento de la producción de defensas químicas directas e indirectas. El daño mecánico y el ataque de insectos incrementan la acumulación de ácido jasmónico en las células en menos de treinta 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 mecánicamente o por el ataque de insectos (Zavala, 2010).

2.4 Microorganismos del suelo

La fertilidad del suelo comúnmente se la mide por la disponibilidad de nutrientes para las plantas, sin embargo, existen diversos factores químicos, físicos y biológicos que influyen en la asimilación de los mismos (Pumisacho y Sherwood, 2002). Tal es el caso de los microorganismos, mismos que juegan un papel importante en el suelo, pues intervienen en la transformación de materia orgánica, solubilización de los minerales y la fijación de nitrógeno de la atmosfera (Buscot y Varma, 2005).

2.4.1 Bacterias

La principal función es la descomposición de residuos orgánicos y la mineralización de residuos orgánicos, ya que se alimentan y obtienen energía de los mismos. En lo que se refiere a las plantas las bacterias incrementan la cantidad de raíces y elementos que mejoran el desarrollo y rendimiento, además son componentes de las poblaciones microbianas (Buscot y Varma, 2005; Compant, Clément y Sessitsch, 2010).

2.4.2 Hongos

Su principal función es reciclar biomasa y descomponer de residuos orgánicos que se incorporan al suelo, produciendo enzimas capaces de destruir estructuras complejas, y así obtener su fuente de alimento. Los hongos estimulan el crecimiento y proporcionan protección al ataque de fitopatógenos (Buscot y Varma, 2005).

2.5 Nutrientes esenciales para las plantas

La fertilidad del suelo es de gran importancia desde el punto de vista productivo, ya que es el medio en el cual las plantas crecen y se desarrollan, pero diversos factores como el mal drenaje, sequias, plagas y enfermedades, pueden llegar a disminuir la producción de los cultivos, incluso si el suelo tuviese una buena fertilización (Pumisacho y Sherwood, 2002; Instituto de Investigación Agropecuarias, 2009).

2.5.1 Nutrientes no minerales

Los nutrientes no minerales corresponden al carbono, hidrogeno y oxígeno, los cuales se encuentran la atmosfera y en el agua, y son utilizados en la fotosíntesis por las plantas. Los productos de la fotosíntesis intervienen en gran parte en el aumento del crecimiento de las plantas (Pumisacho y Sherwood, 2002; INIA, 2009).

2.5.2 Nutrientes minerales

Los nutrientes minerales corresponden a los elementos que provienen del suelo, y se dividen en tres grupos: macronutrientes primarios (nitrógeno, fósforo, y potasio), macronutrientes secundarios (calcio, magnesio, y azufre), y micronutrientes (boro, molibdeno, cloro, zinc, cobre, hierro, manganeso) (INIA, 2009; Mengel y Kirkby, 2001)

Los macronutrientes son los elementos que la planta requiere en cantidades altas, y por lo general se encuentran en cantidades deficientes. Al igual que los macronutrientes la planta requiere micronutrientes, pero en cantidades pequeñas, sin embargo, son de igual importancia para una fertilización adecuada (INIA, 2009; Marschner, 2012).

2.5.2.1 Macronutrientes primarios

- **Nitrógeno (N)**

El nitrógeno es uno de los elementos más importantes en la nutrición de las plantas. Ya que es un constituyente de la clorofila, forma parte del proceso de fotosíntesis y de las vitaminas y aminoácidos que constituyen proteínas. Las plantas pueden absorber el nitrógeno en forma nítrica (NO_3^-) y amoniacal (NH_4^+). Pero, la planta tiene un mayor crecimiento en presencia de nitratos (Kovacik et al, 2007). Además, el INIA (2009), señala que en el cultivo de papa el nitrógeno se concentra en los tubérculos, estimándose un 80% de concentración en los mismos.

- **Fósforo (P)**

Este elemento es absorbido por la planta en forma de iones ortofosfatos primarios o secundarios (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}) que se encuentran en el suelo. El fósforo es esencial dentro del rendimiento y la calidad de los cultivos, pues interviene en los procesos de fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía.

Además, incrementa la formación de tubérculos, crecimiento de las raíces, resistencia a bajas temperaturas, eficiencia del uso de agua, resistencia a enfermedades y acelera la madurez (Xiang-wen et al, 2008).

- **Potasio (K)**

Dentro de la fotosíntesis el potasio es esencial, en la síntesis de proteínas. Interviene en la descomposición de carbohidratos produciendo energía, forma parte del control del balance iónico y contribuye en el traslado de metales pesados. Además, proporciona resistencia a enfermedades, como la fusariosis y la mancha negra del tubérculo. También regula el metabolismo de la planta, ya que contribuye a la resistencia contra la sequía abriendo y cerrando los estomas. El potasio del suelo es absorbido por las plantas en forma de iones (K^+) (Pyo et al., 2010).

2.5.2.2 *Macronutrientes secundarios*

- **Azufre (S)**

El azufre se encuentra presente en diversos compuestos orgánicos, ayuda al proceso de formación de la clorofila y al desarrollo de enzimas y vitaminas vegetales, además es absorbido en forma de sulfato (SO_4^{2-}), el cual es oxidado por bacterias para que la planta pueda asimilarlo (Pumisacho y Sherwood, 2002).

- **Magnesio (Mg)**

Dentro de la clorofila el constituyente principal es el magnesio con un porcentaje del 15 al 20 por ciento, mismo que se encuentra en las partes verdes, además interviene en las reacciones enzimáticas relacionadas con la transferencia energética en la planta (Pumisacho y Sherwood, 2002).

- **Calcio (Ca)**

El calcio es absorbido por las plantas en forma de ion Ca^{++} y es primordial en el crecimiento de las raíces. A pesar de que la mayoría de los suelos tienen disponible en grandes cantidades el calcio, en ciertas zonas tropicales se presenta deficiencia de calcio en suelos muy pobres. Aunque la aplicación de calcio (encalado) tiene la finalidad de reducir la acidez del suelo (Littke y Zabowaki, 2007).

2.5.2.3 *Micronutrientes*

- **Boro (B)**

La planta absorbe al boro en forma de anión (H_2BO_3^-), el cual es transportado por el xilema, se relaciona con la transpiración ya que es un elemento de poca movilidad. El bajo contenido de boro inhibe la elongación de la raíz, además es necesario para la germinación de los granos de polen (Marschner, 2012).

- **Cloro (Cl)**

Las plantas toman el cloro del suelo en forma de ion inorgánico (Cl^-). La función del cloro está relacionada con la fotosíntesis, además es importante para la regularización estomática, ya que es el anión acompañante del potasio tanto a la entrada como a la salida de las células (Melgarejo, 2010).

- **Cobre (Cu)**

La función del cobre se centra en la síntesis de la clorofila junto con el hierro y el manganeso. En el suelo se encuentra en forma de catión divalente (Cu_2^+), y para la fertilización se lo aplica en forma de quelatos. Además, forma parte de diversas enzimas (plastocianina, citocromo oxidasa, polifenol oxidasas) mismas que cumplen varias funciones dentro de las células de las plantas (Marschner, 2012).

- **Hierro (Fe)**

El hierro es absorbido por las plantas en forma de quelatos (Fe_3^+ y de Fe_2^+), está relacionado con el desarrollo de los cloroplastos y síntesis de la clorofila. En la fotosíntesis es muy importante ya que aproximadamente el 80% de hierro se localiza en los cloroplastos de las hojas (Melgarejo, 2010).

- **Manganeso (Mn)**

La planta absorbe el manganeso como catión manganeso (Mn_2^+). Interviene en el proceso fotosintético, conjuntamente con el cloro, participa en la fotólisis del agua y es constituyente estructural de los ribosomas, por lo cual su deficiencia podría ocasionar la disminución de la fotosíntesis (Shenker, Plessner, y Tel-Or, 2004).

- **Molibdeno (Mo)**

El molibdeno es absorbido en forma de oxianión molibdato (MoO_4^{2-}). Es un constituyente esencial dentro de las enzimas de nitrógeno y con la reducción de nitrato a amonio. Las deficiencias de molibdeno provocarían la disminución del metabolismo de nitrógeno (Marschner, 2012).

- **Zinc**

El zinc es absorbido por la planta como catión divalente (Zn_2^+) o quelato vía radical o foliar, es transportado por el xilema y es poco móvil dentro de la planta. El zinc es constituyente de la enzima anhidrasa carbónica, que cataliza la formación de ácido carbónico a partir de CO_2 y agua. Además, es parte del aminoácido aromático triptófano, precursor de las auxinas (Melgarejo, 2010).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Caracterización del área de estudio

3.1.1 Ubicación geográfica

Provincia: Imbabura
Cantón: Otavalo
Parroquia: San Juan de Ilumán
Lugar: San Juan de Ilumán
Longitud: 0° 14' 36" N
Latitud: 78° 15' 0" O
Altitud: 2550 msnm

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2014).

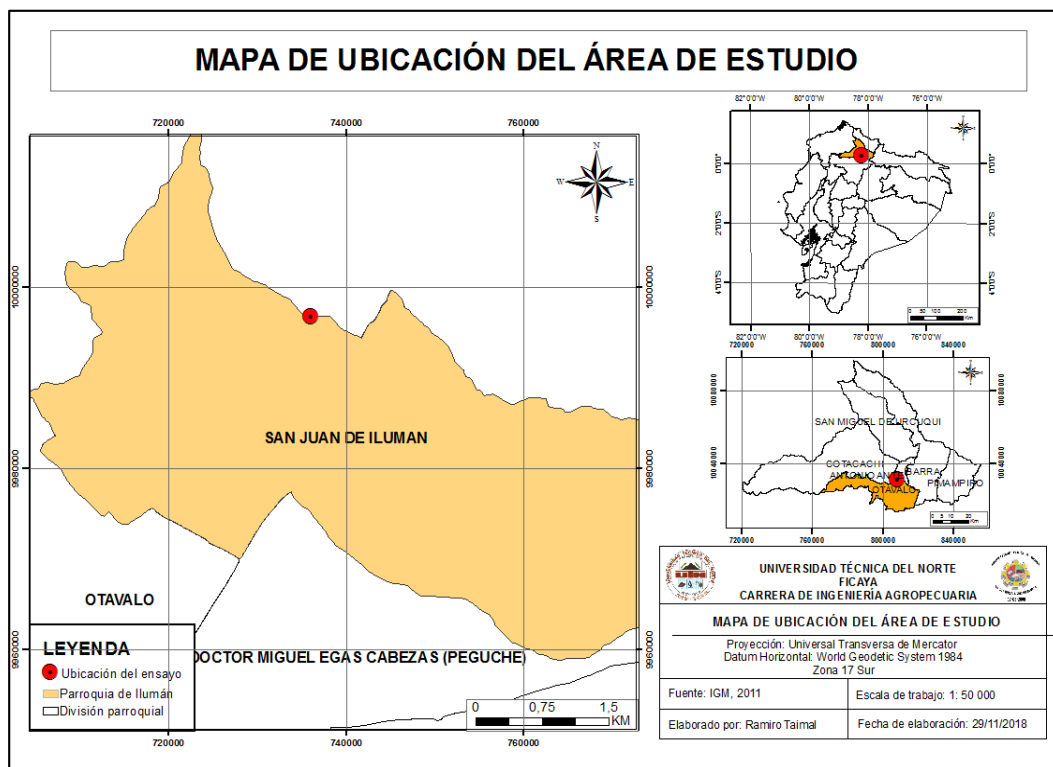


Figura 2. Ubicación del área de estudio.

3.1.2 Características climáticas

Temperatura media anual:	14° C
Precipitación media anual:	965 mm.
Clima:	Subhúmedo temperado
Suelo:	Franco
pH:	7

Fuente: INAMHI (2014).

3.2 Materiales y métodos

3.2.1 Materiales, insumos, equipos y herramientas

3.2.1.1 Materiales

- Libreta de campo
- Rótulos
- Piola
- Croquis
- Tanque de 200 litros
- Estacas
- Etiquetas

3.2.1.2 Insumos

- Fertilizantes
- Fungicidas
- Insecticidas
- Biol estándar
- Biol con mayor contenido de ácido linolénico
- Semilla de papa variedad Superchola

3.2.1.3 Equipos

- Computador
- Impresora
- Cámara digital
- Conductímetro
- Potenciómetro
- Medidor de clorofila HC – 100.

3.2.1.4 Herramientas

- Azadón
- Pala
- Rastrillo
- Barreno
- Cinta métrica

3.2.2 Métodos

3.2.2.1 Tratamientos en estudio

Los tratamientos que se evaluaron fueron los tipos de biol que se presentan a continuación:

- Biol estándar
- Biol con lodos lácticos
- Testigo (fertilizante químico)

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 N. 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 5).

3.2.2.2 Tratamientos

En la Tabla 3 se puede observar los tratamientos que se evaluaron en la investigación.

Tabla 3.

Descripción y tratamientos en estudio (Anexo 6).

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

3.2.2.3 Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con tres tratamientos y tres bloques.

3.2.2.4 Características del experimento

Tratamientos: 3

Bloques: 3

Total de unidades experimentales: 9

El experimento estuvo conformado por 810 plantas que se sembraron en 54 surcos, mismos que cuentan con medidas de 1 m (ancho) x 6 m(largo), teniendo 36 m² por unidad experimental y una área total del ensayo: 900 m².

3.2.2.5 Análisis estadístico

Tabla 4.

Análisis de varianza (ADEVA) de un Diseño de Bloques Completos al Azar.

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

Se utilizó la prueba de Fisher al 5% al encontrar diferencias significativas en los tratamientos.

3.3 Variables evaluadas

3.3.1 Concentración de macro y micronutrientes en el suelo

Las muestras de suelo fueron tomadas al inicio y final del ciclo del cultivo. Esto se realizó con un barreno, a profundidad de 20 cm, con muestras de 1 kg de suelo de cada unidad experimental (Merchán, Valverde, Novoa y Pumisacho, 2009). Las muestras fueron enviadas al laboratorio Agrar Projekt (Figura 3).



Figura 3. Toma de muestras de suelo

3.3.2 Determinación de peso seco por estructura de la planta

Para esta variable se recolectaron 3 plantas por cada repetición. Las plantas fueron disectadas en tallos, hojas, raíces y tubérculos, registrando el peso fresco de cada órgano. Posteriormente los órganos de las plantas fueron colocados en fundas de papel por separado, e introducidos en la estufa para deshidratarlos a 105 °C durante 36 horas. Al finalizar esta etapa de secado se registró su peso seco. Este procedimiento se lo realizó mensualmente (60, 90 y 120 días después de la siembra) (Figura 4).



Figura 4. Proceso de secado de las estructuras de la planta. a) Peso fresco por órganos. b) Secado de las muestras. c) Peso seco por órganos.

3.3.3 Medición foliar de clorofila

La medición de clorofila se la realizó en 24 plantas de cada unidad experimental con la ayuda de un equipo de medición (MC-100 Chlorophyll Concentration Meter), en los folíolos centrales de tres hojas de tallos diferentes. Los datos fueron tomados en la etapa de crecimiento (51 días después de la siembra) y en la etapa de floración (74 días después de la siembra). La concentración de clorofila fue expresada en micromoles por metro cuadrado de superficie foliar ($\mu\text{m}/\text{m}^2$) (Figuras 5 y 6).



Figura 5. Medición de clorofila en la floración.



Figura 6. Medición de clorofila en crecimiento.

3.3.4 Concentración de micro y macronutrientes a nivel foliar

Acorde al protocolo para la toma de muestras foliares del laboratorio de Agrar Projekt, se tomaron muestras de 25 hojas por repetición con un peso aproximado de 100 g de hojas de edad media (90 días). Estas muestras fueron colocadas en fundas de papel y enviadas al laboratorio para determinar la concentración de nutrientes (Figura 7).



Figura 7. Toma de muestras foliares.

3.3.5 Determinación de peso seco de tubérculos en la cosecha

Para determinar el peso seco en los tubérculos de papa se tomaron cinco plantas del surco central de cada repetición. Los tubérculos fueron pesados y cortados en rodajas para deshidratarlos posteriormente en una estufa a 105 °C, durante 36 horas. Al finalizar este proceso de deshidratación se pesaron las muestras (Figura 8).



Figura 8. Determinación de peso seco en tubérculos. a) Peso fresco tubérculos. b) Secado de tubérculos. c) Peso seco de tubérculo.

3.3.6 Rendimiento

Al finalizar la cosecha, de cada parcela neta se evaluó la cantidad de tubérculos por planta, peso en fresco (kg/parcela neta) y se realizó una clasificación a base en 4 categorías acorde al peso: gruesa (>121 g), grande (71-120 g), mediana (51-70 g), pequeña (31 a 50 g) (Pumisacho y Sherwood, 2002). Las papas con pesos menores a 31 g no fueron tomadas en cuenta dentro de esta variable por no ser comerciables (Figuras 9, 10 y 11).

Para determinar el rendimiento del cultivo, se tomó como referencia el número de plantas que sobrevivieron y el área de cada parcela neta, la cual estuvo conformada por 52 plantas y un área de 20.8 m². De la cantidad de plantas anteriormente mencionadas, se excluyó las plantas que se utilizaron para peso seco (9 plantas/unidad experimental) y las plantas muertas. Finalmente, con los resultados de producción obtenidos de cada parcela neta, se realizó una proyección orientada a una hectárea.



Figura 9. Rendimiento total.



Figura 10. Clasificación de tubérculos.



Figura 11. Rendimiento por planta.

3.3.7 Recuento de microorganismos



Figura 12. Toma de muestras de suelo para recuento de microorganismos.

Para esta variable se tomaron muestras de 1 kg de suelo de cada tratamiento, a una profundidad de 20 cm, según la metodología de la Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado de suelos en el cultivo de la papa (Merchán et al, 2009) y fueron enviados al Laboratorio de alimentos de la Universidad Central del Ecuador (Anexo 7), con la finalidad de realizar un recuento microorganismos presentes en el suelo (Figura 12).

3.4 Manejo específico del experimento

El ensayo se realizó en plantas de papa de la variedad Superchola, en el cual se utilizó semilla certificada.

3.4.1 Preparación del biol

De acuerdo a Zagoya et al., (2015) se utilizó la siguiente receta básica de biol para cada uno de los tanques de 200 litros, con cierta variabilidad en los insumos:

- 50 kg de estiércol fresco de bovino
- 2 litros de leche
- 4 kg de ceniza
- 144 litros de agua
- 2 litros de melaza

Previo a la implementación del experimento se realizó un análisis del perfil lipídico del suero y de los lodos lácticos. Con los resultados obtenidos, se optó por incorporar los lodos lácticos en el T2, ya que estos contienen mayor contenido de ácido linolénico (Anexos 1 y 3).

Se elaboraron 4 tanques de 200 litros por semana, 2 tanques de biol estándar y 2 tanques de biol con lodos lácticos (acorde a las cantidades de remplazo de lodo del 25% por agua descritos en el Anexo 8), que fueron fermentados durante 2 meses (Figura 13).

Los bioles fueron filtrados en una malla metálica de 0.5 x 0.5 mm de apertura, con la finalidad de obtener un material líquido para la aplicación semanal en el cultivo mediante drench, adicionalmente se filtró una cantidad de biol con una tela de 0.1 x 0.1 mm de apertura para la aplicación foliar. Posteriormente el material filtrado fue colocado en pomos de 20 litros hasta realizar la aplicación (Figura 14).



Fig 14. Filtración del biol.

- **Análisis químico de los bioles:**

Antes de la aplicación de los bioles en el cultivo de papa se realizaron análisis para determinar la cantidad de nutrientes que posee, para posteriormente aplicar dosis adecuadas (Anexo 9).

3.4.2 Establecimiento del experimento

El cultivo de papa fue establecido en la comunidad de San Juan de Agualongo, en la parroquia San Juan de Ilumán. El manejo técnico del cultivo se lo realizó acorde a procedimientos establecidos en el sistema convencional.

En lo referente a la fertilización y manejo de plagas y enfermedades, en los tratamientos 1 y 2 se realizaron aplicaciones de biol y los controles orgánicos establecidos (Anexo 6), mientras que el tratamiento 3 se lo hizo de forma convencional acorde a la fertilización y controles químicos establecidos (Anexo 6 y 10).

3.4.3 Delimitación de parcelas

Las parcelas se delimitaron por medio de estacas y piolas acorde a al Anexo 11, con los respectivos rótulos que definieron correctamente las parcelas. La dimensión de cada unidad experimental fue de 36 m², conformada por 6 surcos cada una, con un área total de 900 m² (Figura 15).



Figura 15. Delimitación de parcelas.

3.4.4 Toma de muestras de suelo

Una vez establecidas las parcelas se tomó una muestra de suelo de 1 kg por cada tratamiento, misma que estaba formada por 3 submuestras cada una. Las muestras fueron identificadas y enviadas al laboratorio Agrar Projekt. Las muestras se tomaron antes del establecimiento del cultivo y al final del experimento para evaluar la cantidad de nutrientes extraída por el cultivo.

3.4.5 Análisis foliar

De cada unidad experimental se colectaron muestras de 25 hojas completas de la parte media de los tallos. Las muestras se tomaron en la etapa de floración, y pesaron 100 g por cada muestra. Estas fueron colocadas en fundas de papel para posteriormente ser enviadas al laboratorio, donde analizaron la cantidad de nutrientes presentes.

3.4.7 Labores culturales

Se realizaron las siguientes actividades:

a) Siembra



Figura 16. Siembra y desinfección de tubérculos de papa.

La siembra se realizó con una densidad de 0.40 m entre planta y 1.00 m entre surco, con tubérculos ya clasificados con un rango de peso de 50 a 70 g. Se colocó un tubérculo por sitio (Figura 16). Para los tratamientos 1 y 2 se aplicó biol en el surco como desinfectante y fertilizante. Mientras que en el tratamiento 3 se utilizó Vitavax como desinfectante y se incorporó fertilizante químico en el surco acorde a las dosis establecidas (Anexo 6 y 10).

b) Retape

Esta labor se realizó a los 21 días después de la siembra (Figura 17), con la finalidad de emparejar la emergencia de las plántulas y controlar malezas del cultivo (Pumisacho y Sherwood, 2002).



Figura 17. Retape a los 21 días.

c) Rascadillo



Figura 18. Rascadillo.

Se lo realizó a los 30 días después de la siembra, manualmente con azadón (Figura 18), con la finalidad de mejorar la aireación en el suelo y el controlar las malezas de forma oportuna (Pumisacho y Sherwood, 2002).

d) 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 150 kg ha^{-1} de N. En el T1 se aplicó $18.32 \text{ kg de N ha}^{-1}$ distribuidos en 20 aplicaciones de 81.63 litros de biofertilizante durante todo el ciclo del cultivo. De igual forma en el T2 se aplicó $50.55 \text{ kg de N ha}^{-1}$ distribuidos en 20 aplicaciones de 55.48 litros. Las aplicaciones se las realizó al follaje y al suelo (Figura 19), 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% P_2O_5 , 2.83% K_2O) en el T1 y T2 respectivamente, a los 42 días después de la siembra (Anexo 6 y 12).

Mientras que el tratamiento químico recibió una dosis de $117.35 \text{ kg ha}^{-1}$ 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 P_2O_5 y K_2O 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 (Figura 20).



Figura 19. Aplicación de biol vía drench



Figura 20. Fertilización química.

e) Aporque



Figura 21. Aporque.

Se realizó acorde al desarrollo de la planta a partir de los 45 días después de la siembra (Figura 21). La realización de esta labor realiza con la finalidad de mejorar la tuberización del cultivo, prevenir el ataque de plagas y facilitar la cosecha (Pumisacho y Sherwood, 2002).

f) Controles fitosanitarios

Para los controles fitosanitarios, en el tratamiento químico (T3) se aplicaron plaguicidas que constan en el Anexo 9, con la finalidad de prevenir y controlar plagas que afectan al cultivo de papa (Montesdeoca, 2006). Mientras que en los otros tratamientos (T1 y T2) se aplicó biol, y controles químicos permitidos por la agricultura orgánica (Figura 22).



Figura 22. Aplicación de plaguicidas.

g) Cosecha

Se realizó la cosecha manualmente al quinto mes del ciclo del cultivo, cuando este alcanzó su madurez (Figura 23). La cosecha fue clasificada en 4 categorías (gruesa > 121 g, grande 71 a 120 g, mediana 51 a 70 g y pequeña 31 a 50 g). Posteriormente la producción fue colocada en sacos de arpilla, para determinar el rendimiento de cada una de las unidades experimentales (Figura 24).



Figura 24. Cosecha.



Figura 23. Almacenamiento.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Peso seco por estructura de la planta

4.1.1 Hojas

Los análisis estadísticos muestran que no existe interacción entre los factores: días de medición y tratamientos con respecto al contenido de peso seco de las hojas ($F= 0.26$; $gl= 4, 70$; $p= 0.9019$). De igual manera, no se registraron diferencias entre tratamientos ($F= 2.28$; $gl= 2, 70$; $p= 0.1099$). Sin embargo, con respecto al factor días de medición, si existieron diferencias significativas ($F= 40.23$; $gl= 2, 70$; $p= <0.0001$) (Tabla 5).

Tabla 5.

ADEVA de peso seco de las hojas en el cultivo de papa (Solanum tuberosum) variedad Superchola, bajo tres fuentes de fertilización nitrogenada.

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Días de medición	2	70	40.23	<0.0001
Tratamiento	2	70	2.28	0.1099
Días: Tratamientos	4	70	0.26	0.9019

En la Figura 25, se observa que el peso seco de las hojas incrementa a medida que la planta se desarrolla, obteniendo mayor peso seco en la última medición (115DDS-etapa de floración y tuberización) independiente de los tratamientos.

En la medición que se realizó a los 55 DDS el peso seco de las hojas no presentó diferencias significativas entre tratamientos con un promedio de 19.96 g; en la segunda medición (85 DDS-etapa de crecimiento) el peso seco no presentó diferencias significativas entre tratamientos con un promedio de 46.89 g y un incremento de peso de 135% en relación a la primera medición. De igual forma en la última medición de (115 DDS-etapa de floración y tuberización), el contenido de peso seco de las hojas no presentó diferencias significativas entre tratamientos, mostrando un promedio de 79.59 g y un incremento de peso de 61% en relación a la segunda medición (Anexo 13).

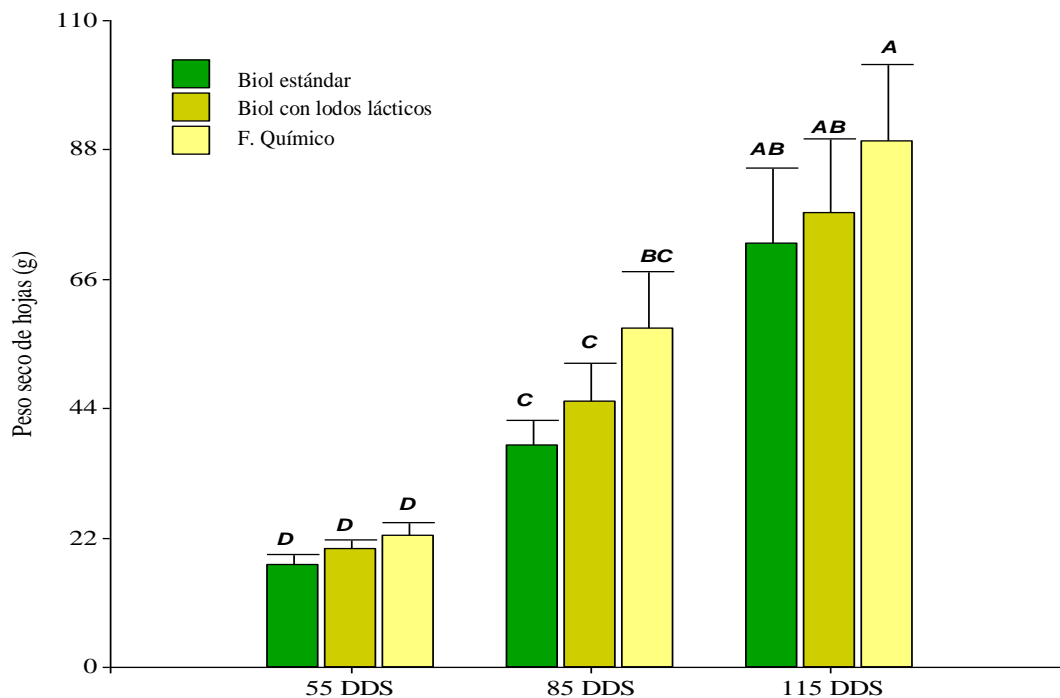


Figura 25. Peso seco de hojas por planta para cada tratamiento y días de medición en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

Los datos obtenidos en esta investigación muestran que la aplicación de lodos lácticos en el biol no tuvo efecto en el contenido de peso seco de las hojas, ya que no se evidencia diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, presenta una tendencia de incremento de peso en las mediciones de cada tratamiento en las diferentes fechas.

Los pesos secos obtenidos en la presente investigación no concuerdan con los rangos de peso seco registrados por Segura, Núñez y Santos (2009) en su investigación, ya que los datos de las primeras mediciones son inferiores a los que mencionan estos autores, a diferencia de la última medición, en la cual se puede evidenciar similitud en el peso seco de las hojas. En la investigación evaluaron mensualmente el peso seco de hojas de cuatro variedades de papa, con muestras mensuales por planta con rangos de: 23-37 g en el segundo mes después de la siembra, 67-116 g en el tercer mes y 49-176 g en el cuarto mes.

4.1.2 Tallos

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que existe interacción entre los factores: días de medición y tratamientos con respecto al contenido de peso seco de los tallos ($F= 2.86$; $gl= 4, 70$; $p= 0.0295$) (Tabla 6).

Tabla 6.

ADEVA de peso seco de los tallos en el cultivo de papa (Solanum tuberosum).

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Días de medición	2	70	38.37	<0.0001
Tratamiento	2	70	4.81	0.0110
Días: Tratamientos	4	70	2.86	0.0295

En la Figura 26, se puede apreciar que el peso seco de los tallos del T1 a los 85 DDS obtuvo un rango estadístico mayor por presentar BC, que a los 55 DDS un rango D. Y a los 115 días presentó características intermedias en relación a los 55 y 85 días por presentar CD. El T2 a los 85 DDS presentó un rango B, mayor al registrado a los 55 y 115 DDS con rangos D y CD respectivamente, mismos que comparten similaridad de rangos. Mientras que el T3 a los 85 DDS mostró un rango A, que es mayor que a los 55 y 115 DDS con rangos D y BC respectivamente (Anexo 14).

De igual forma se puede observar que el peso seco de los tallos varía de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo. En la medición realizada a los 55 DDS (etapa de crecimiento) el peso seco de los tallos, no presentó diferencias significativas entre tratamientos con un promedio de 15.11 g. En la siguiente medición (85 DDS-etapa de crecimiento) el T3 obtuvo mayor peso seco con una media de 112.56 g, con una diferencia de 54.67 g en comparación al T1 y 44.67 g en relación al T2. Los tratamientos con biol (T1 y T2) no presentaron diferencias entre sí. En la tercera medición (115 DDS-etapa de floración y tuberización) el peso seco de los tallos fue similar para todos los tratamientos, con un promedio de 39.26 g.

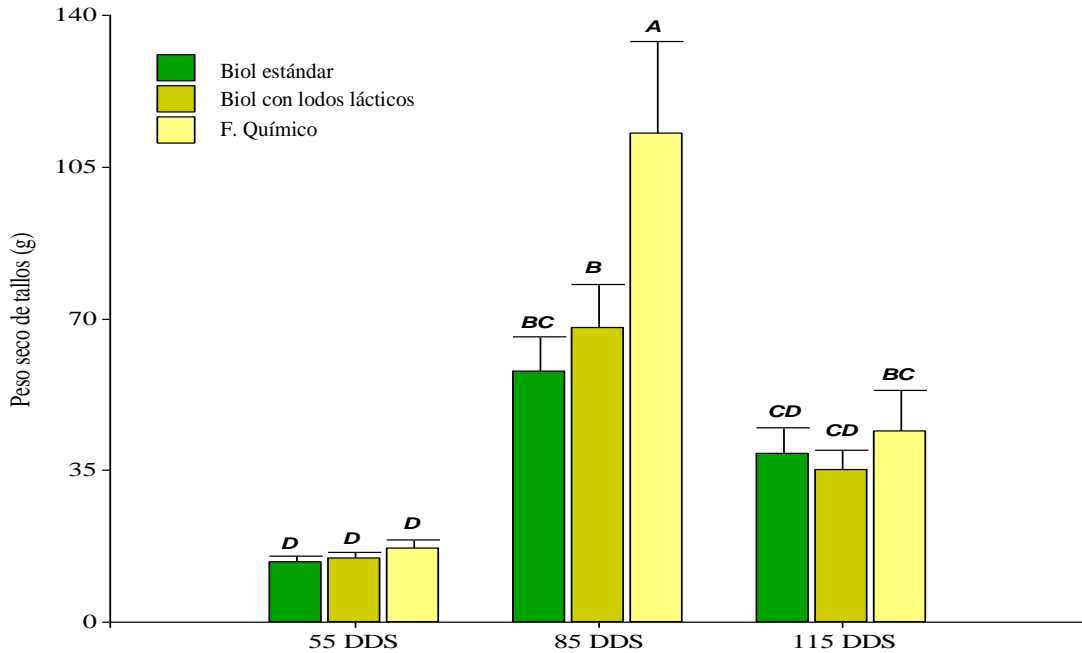


Figura 26. Peso seco de tallos por planta por cada tratamiento y días de medición en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

De acuerdo a los datos obtenidos en el presente estudio, la aplicación de lodos lácticos no tuvo efecto en el peso seco de tallos, ya que el mayor peso seco lo obtuvo el T3. Estos resultados estarían relacionados con la concentración de clorofila, debido a este tratamiento presentó mayor concentración de la misma, como mencionan (Gaitán, González, Nústez, Saldaña y Cotes, 2013), la distribución de la peso seco en la planta esta relacionada con el comportamiento de los asimilados (producto de la clorofila) en los diferentes órganos de la planta, por lo que existe la posibilidad que el alto contenido de clorofila en el T3 en relación a los demás tratamientos incremento el peso seco de los tallos.

Sin embargo, los resultados obtenidos en la presente investigación se encuentran dentro de los rangos de peso seco obtenidos por (Segura, Nústez y Santos, 2009), en donde evaluaron el peso seco de tallos en cuatro variedades de papa, con muestras mensuales por planta con rangos de: 11-20 (g) en el segundo mes después de la siembra, 53-107 g en el tercer mes y 60-165 g en el cuarto mes.

4.1.3 Raíces y estolones

Los resultados de los análisis de varianza muestran que no existe interacción entre los factores: días de medición y tratamiento con respecto al peso seco de las raíces y estolones ($F= 0.77$; $gl= 4, 70$; $p= 0.5475$). De igual manera, no se registraron diferencias entre tratamientos ($F= 1.97$; $gl= 2, 70$; $p= <0.1478$). Sin embargo, con respecto al factor días de medición si existieron diferencias significativas ($F= 20.66$; $gl= 2, 70$; $p= <0.0001$) (Tabla 7).

Tabla 7.

ADEVA de peso seco de raíz y estolones en el cultivo de papa (Solanum tuberosum).

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Días de medición	2	70	20.66	<0.0001
Tratamiento	2	70	1.97	0.1478
Mes: Tratamientos	4	70	0.77	0.5475

En la Figura 27, se observa que el peso seco de las raíces y estolones del T1 es mayor a los 115 DDS en relación a los 55 DDS. Y a los 85 tuvo un comportamiento intermedio. En el T2, a los 55 DDS mostro menor peso seco que los demás tratamientos, mientras que a los 85 y 115 DDS esta se mantiene debido a que comparten los mismos rangos estadísticos.

Y el T3 presentó menor peso seco a los 55 DDS, sin embargo, para los 85 y 115 DDS presentaron similares rangos estadísticos (Anexo 15).

En la primera medición (55DDS-etapa de crecimiento) el peso seco de las raíces y estolones, no presentó diferencias significativas entre tratamientos con un promedio de 5.22 g; en la siguiente medición (85DDS-etapa de crecimiento) el T3 obtuvo mayor peso seco con una media de 11.67 g, con una diferencia de 4.0 g en comparación al T1, mientras que el T2 presentó un peso seco intermedio con el T1 y T3. Para la tercera medición (115DDS-etapa de floración y tuberización), no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en el peso seco de las raíces y estolones con un promedio de 10.15 g.

Sin embargo, los resultados obtenidos en la presente investigación se encuentran dentro de los rangos de peso seco obtenidos por (Segura, Núñez y Santos, 2009), en donde evaluaron el peso seco de raíces y estolones en cuatro variedades de papa, con muestras mensuales por planta con rangos de: 1- 4 g en el segundo mes después de la siembra, 3 -12 g en el tercer mes y 4 - 16 g en el cuarto mes.

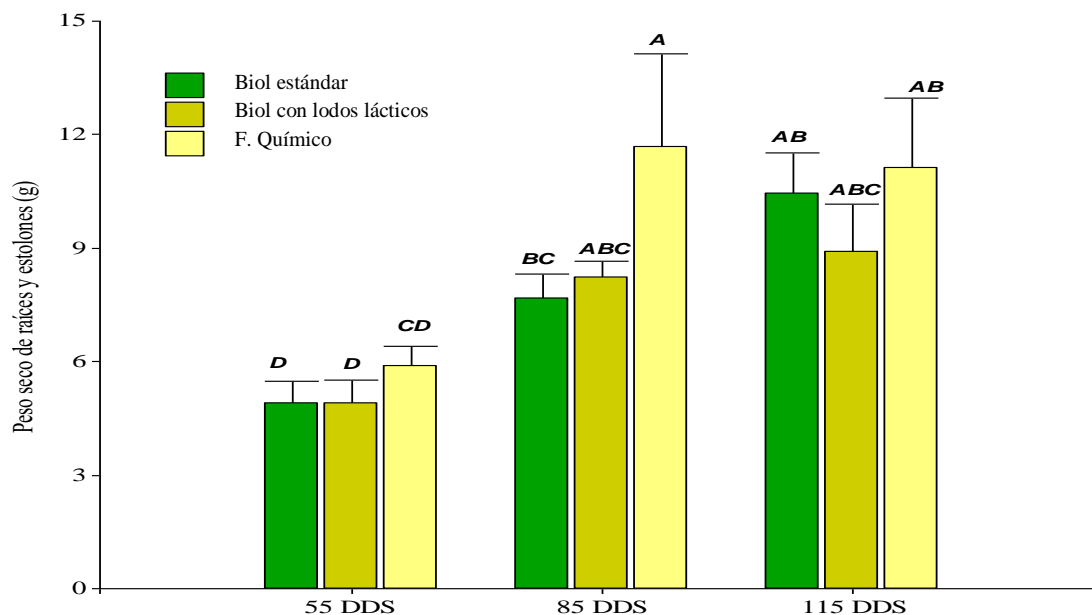


Figura 27. Peso seco de raíces estolones por planta para cada tratamiento y mes de medición en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), variedad Superchola. Con los siguientes tratamientos T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

4.1.4 Tubérculos

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que no existe interacción entre los factores: días de medición y tratamientos con respecto al peso seco de tubérculos ($F= 2.03$; $gl= 4, 70$; $p= 0.0998$). Sin embargo, con respecto al factor días de medición si existe diferencias significativas ($F= 123.83$; $gl= 2, 70$; $p= <0.0001$) independientemente de los tratamientos. De igual forma con respecto al factor tratamiento si existen diferencias significativas ($F= 5.08$; $gl= 2, 70$; $p= <0.0087$) independientemente del mes de medición (Tabla 8).

Tabla 8.

ADEVA de peso seco de tubérculos en el cultivo de papa (Solanum tuberosum).

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Días de medición	2	70	123.83	<0.0001
Tratamientos	2	70	5.08	0.0087
Mes: Tratamientos	4	70	2.03	0.0998

En la Figura 28, se observa que los tratamientos influyen en el peso seco de los tubérculos independientemente de los días de medición, adicionalmente el peso seco es afectado por los días de medición, independientemente de los tratamientos. Obteniendo mayor peso seco a los 115 DDS (etapa de floración y tuberización), donde los tratamientos con biol (T1 y T2) obtuvieron mayor peso.

En la primera medición (55 DDS-etapa de crecimiento) el peso seco de tubérculos, no presentó diferencias significativas entre tratamientos; en la siguiente medición (85 DDS-etapa de crecimiento) el T2 obtuvo mayor peso seco con una media de 70.00 (g), con una diferencia de 36.89 (g) en comparación al T3, sin presentar diferencias con el T1. Para la tercera medición (etapa de floración y tuberización), los tratamientos con biol (T1 y T2) obtuvieron mayor peso seco en este órgano con un promedio de 226.06 (g), y una diferencia de 77.84 (g) en comparación al T3 (Anexo 16).

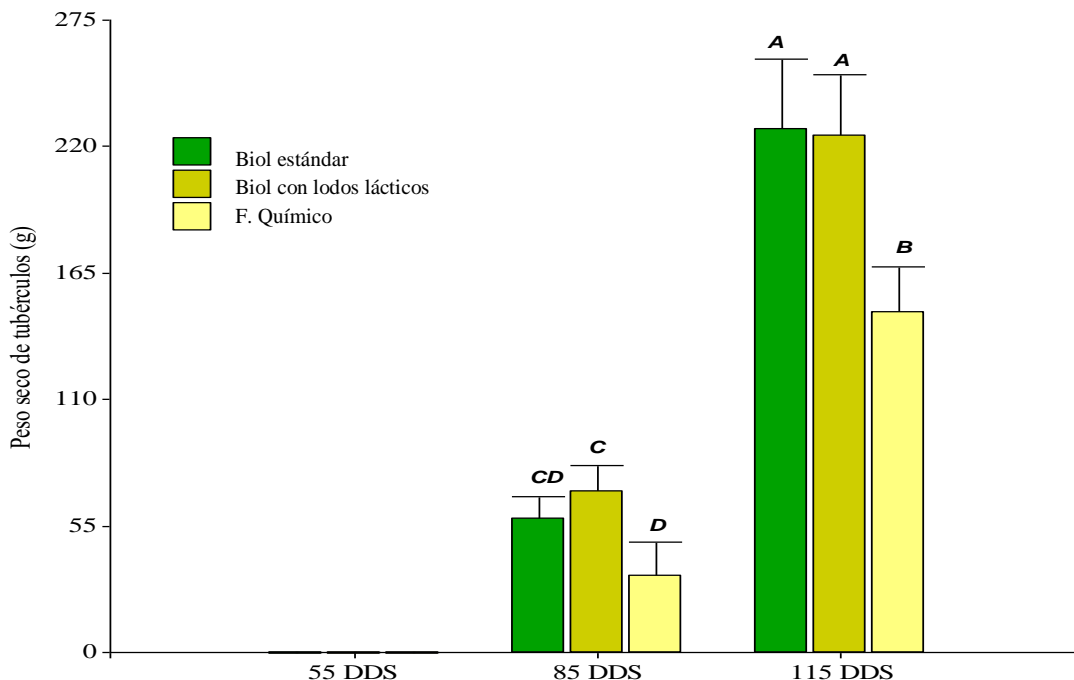


Figura 28. Peso seco de tubérculos por planta para cada tratamiento y días de medición en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

La aplicación de lodos lácticos en el biol no tuvo efecto en el peso seco de tubérculos, ya que los tratamientos con biol comparten similaridad de peso entre sí, a pesar de aportar diferentes cantidades de nutrientes a la planta.

Los pesos obtenidos en esta investigación son inferiores a los registrados por Segura, Núñez y Santos (2009), en su investigación, donde evaluaron el peso seco de tubérculos del cultivo de papa en cuatro variedades, con muestras mensuales por planta con rangos de: 0-2 g en el segundo mes después de la siembra, 104-192 g en el tercer mes y 241-374 g en el cuarto mes. Estos resultados reflejarían que la variabilidad de peso seco estaría influenciada por las etapas fenológicas y el genotipo de cada variedad.

Además, se podría mencionar que el incremento del peso seco de los tubérculos en los tratamientos con biol estaría relacionado con el ácido jasmónico en la planta, ya que Pruski et al, (2002), realizó un estudio *in vitro* en el cultivo de papa en el cual aplicó ácido jasmónico y demostró que los jasmonatos realizan varias funciones fisiológicas como la inducción a la tuberización, y por ende el incremento del tamaño de los tubérculos.

4.2 Contenido de clorofila

En la Tabla 9 los resultados de los análisis estadísticos muestran que existe interacción entre los factores tratamiento y días de medición, con respecto a la variable contenido de clorofila ($F= 7.87$; $gl= 2, 1288$; $p= 0.0004$) (Tabla 9).

Tabla 9.

ADEVA del contenido de clorofila en el cultivo de papa (Solanum tuberosum).

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Tratamiento	2	1288	58.07	<0.0001
Días de medición	1	1288	695.14	<0.0001
Tratamiento: Días	2	1288	7.87	0.0004

En la Figura 29, se observa que el contenido de clorofila varía de acuerdo a las etapas y tratamientos evaluados. En la primera medición que se realizó a los 48 DDS (etapa de crecimiento) el T3 obtuvo mayor concentración de clorofila en comparación a los tratamientos con biol, con $36.68 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ más que el T2 y $56.58 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ que el T1. Al mismo tiempo se puede apreciar que el T2 fue superior al T1 con $19.90 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ (Anexo 17).

En la siguiente medición (75 DDS-etapa de floración), el T3 presentó mayor contenido de clorofila con respecto a los tratamientos con biol, con $25.90 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ más que el T1 y $29.84 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ que el T2, mientras que los tratamientos con biol no presentan diferencias entre sí.

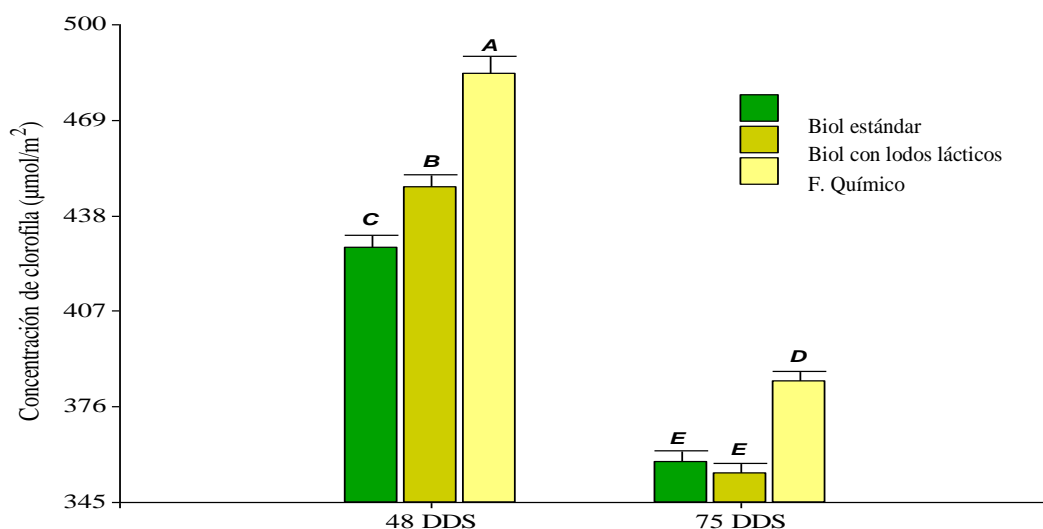


Figura 29. Medición del contenido de clorofila por días y tratamientos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

Los resultados mencionados anteriormente con respecto al contenido de clorofila, estarían relacionados con las etapas del cultivo, es decir que en la etapa de crecimiento los nutrientes se concentran en la parte foliar de la planta y en la etapa de floración y tuberización en la parte subterránea de la planta. Como lo señala Arce (2002), en la etapa de crecimiento del cultivo de papa, la planta distribuye los productos de la fotosíntesis hacia todos los tejidos, mientras que en la etapa de reproducción y tuberización los distribuye hacia los tubérculos.

Con respecto a los tratamientos, la concentración de clorofila fue mayor en el T3 y menor en el T1 y T2. Posiblemente estas diferencias se deban a la solubilidad y la forma de aplicación del fertilizante químico, ya que fue aplicado en la siembra y a porque en su totalidad, mientras que en los tratamientos con biol, las aplicaciones se las realizó constantemente durante el ciclo del cultivo. Los fertilizantes químicos son más solubles, lo que hace que los nutrientes estén más disponibles para las plantas.

Además, hay varios nutrientes que intervienen en el contenido de clorofila, tal es el caso del manganeso que está relacionado con la formación de clorofila en la planta y la producción de oxígeno en la fotosíntesis (Shenker, Plessner, y Tel-Or, 2004). Por lo que existe la posibilidad de que el manganeso influyó en la concentración de clorofila, ya que en esta investigación el T3 obtuvo mayor contenido de manganeso (Tabla 12) a nivel foliar.

Por otra parte, el contenido de clorofila obtenido en los tratamientos con biol pudo haber sido afectado por el ácido jasmónico (AJ) en las plantas, ya que Parthier (1990), señala que el AJ induce a la senescencia en las plantas, por ende, la disminución de clorofila en las hojas y aumento de la respiración.

4.3 Peso seco de tubérculos en la cosecha

El análisis de varianza (Tabla 10) con respecto a la variable de peso seco de tubérculos muestra que existieron diferencias significativas entre tratamientos ($F= 4.58$; $gl= 2, 40$; $p= 0.0161$).

Tabla 10.

*ADEVA de peso seco del tubérculo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).*

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
(Intercept)	1	40	288.04	<0.0001
Tratamiento	2	40	4.58	0.0161

Mediante la prueba de Fisher al 5% para para la variable de peso seco de tubérculos se encontraron dos grupos, los tratamientos con aplicación de biol y el T3. Los tratamientos con biol presentaron mayor contenido de peso seco en tubérculos en relación al T3 con una diferencia de 66.7 g (31%) más que el T3, no mostrando diferencias entre los tratamientos con aplicación de biol (Anexo 18) (Figura 30).

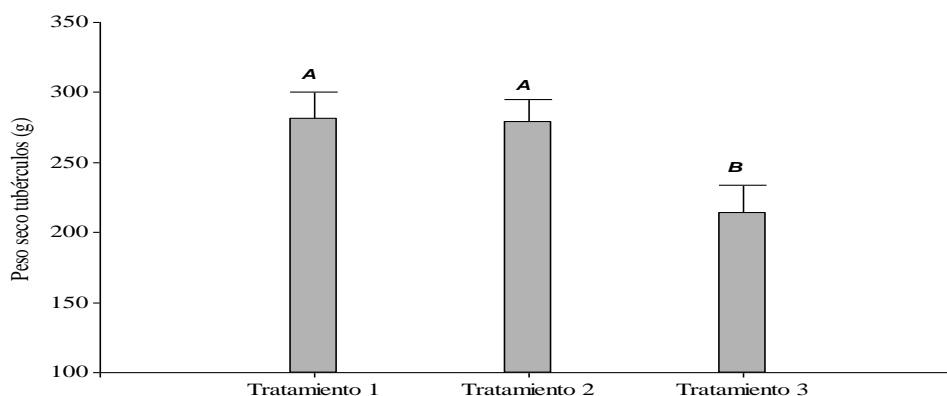


Figura 30. Peso seco de tubérculos por planta para cada tratamiento en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico). Los resultados obtenidos de esta investigación, muestran que las aplicaciones de biol tuvieron influencia en el contenido de peso seco de los tubérculos, ya que se obtuvo mayor peso seco que el T3. Es muy posible que esta diferencia se deba a la alta cantidad de K aportada por ambos tratamientos a la planta durante todo el ciclo del cultivo. A pesar de que no se evidenció diferencias de este elemento entre tratamientos en los análisis foliares, se pudo observar que existe una mayor extracción de K del suelo en los tratamientos con biol (Anexo 19).

El peso seco de los tubérculos obtenidos en esta investigación, en la cosecha registran datos inferiores a los encontrados por (Segura, Núñez y Santos, 2009) en su investigación, donde evaluaron el peso seco de tubérculos del cultivo de papa en cuatro variedades, obteniendo los siguientes rangos al final del experimento: 418-543 g.

4.4 Concentración de macro y micronutrientes a nivel foliar

4.4.1 Macronutrientes

Mediante la prueba de Fisher al 5% con respecto al contenido de macronutrientes a nivel foliar, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, a pesar de que el aporte total de nutrientes es diferente, ya que las medias registradas de los nutrientes son similares entre tratamientos (Anexo 21-26) (Tabla 11).

Tabla 11.

Contenido de macronutrientes (media±error estándar) a nivel foliar en el cultivo de papa (Solanum tuberosum), bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	S (%)
1	4.72±0.20a	0.36±0.01a	3.63±0.07a	0.79±0.04a	1.29±0.10 ^a	0.40±0.01 ^a
2	4.77±0.21a	0.36±0.003a	3.79±0.17a	0.78±0.04a	1.30±0.05 ^a	0.38±0.01 ^a
3	5.08 ±0.13a	0.36±0.01a	3.83±0.11a	0.80 ±0.003a	1.39±0.03 ^a	0.38±0.01 ^a

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

En base a estos resultados se podría asumir que los tratamientos con biol no influyen en la concentración de macronutrientes a nivel foliar en comparación al T3, ya que los análisis muestran similitud entre tratamientos (Anexo 27).

Las medias obtenidas en esta investigación con respecto al contenido de macronutrientes no presentaron diferencias entre tratamientos, sin embargo, se encuentran dentro de los rangos normales a nivel foliar en el cultivo de papa citados por (Bryson, 2014), para el N 4-6%, el P 0.25-0.50%, el K 4-7%, el Mg 0.50- 1.0%, el Ca 0.75-1.50%, y el S 0.30-0.50%.

4.4.2 Micronutrientes

Una vez realizado el análisis de varianza se puede observar que no existen diferencias significativas entre tratamientos con respecto al contenido de (Na, Fe, Cu, Bo), sin embargo, si existen diferencias en cuanto al contenido de Zn y el Mn.

El T2 mostró mayor contenido de zinc en relación al T1; sin embargo, este tratamiento es similar al T3. Adicionalmente, el T3 mostró mayor contenido de manganeso con respecto a

los demás tratamientos, con una diferencia de 47.34 y 69.34 (ppm), con el T2 y T1 respectivamente (Anexo 28-33) (Tabla 12).

Tabla 12.

Contenido de micronutrientes (media±error estándar) a nivel foliar en el cultivo de papa (Solanum tuberosum), bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

Tratamiento	Na (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	B (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
1	0.10±0.00a	200±8.33a	13.77±0.55a	41.47±2.89a	57.87±3.45b	129±8.57b
2	0.10±0.00a	188±19.01a	12.93±0.55a	41.60±2.54a	74.20±4.74 ^a	151±3.53b
3	0.10±0.003a	177±24.64a	12.93±0.55a	42.47±0.66a	66.60±0.58ab	199±3.53a

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

A pesar de que en el T2 se aportó menor cantidad de Zn en relación al T1, se obtuvo mayor extracción de Zn en el mismo (Anexo 20). Además, López, Moirón, y Seoane (2002), mencionan que los lodos lácticos poseen varios nutrientes en su composición, pero los resultados podrían diferir debido al tratamiento y manejo de cada empresa, además en sus análisis de laboratorio obtuvieron una cantidad de zinc de 180 mg/kg en peso seco.

Las medias obtenidas con respecto a los contenidos de micronutrientes no presentaron diferencias entre tratamientos, a excepción del Zn y Mn; sin embargo, se encuentran dentro de los rangos normales a nivel foliar en el cultivo de papa citados por (Bryson, 2014), a continuación, se menciona los rangos: para el Na 0.02-0.10 %, el Fe 70-150 ppm, el Mn 50-300 ppm, el Cu 6-20 ppm, el Zn 40-150 ppm y el B 25-50 ppm. Cabe mencionar que el Fe sobrepasa los rangos anteriormente mencionados.

Mientras que la diferencia que presentó el T3 en relación al contenido de manganeso, estaría relacionado con el pH en el suelo, ya que Sotés y Gómez (2014), mencionan que el manganeso es más asimilable por la planta en un pH ácido cercano a (6.1), es decir mientras más bajo sea el pH del suelo la cantidad de manganeso aumenta. Cabe mencionar que en los

resultados de suelo que se realizaron al final de esta investigación, se obtuvo un pH bajo de 6.2 en el T3 (Anexo 34), mientras que los tratamientos con biol obtuvieron un pH de 6.7, con la posibilidad que esto haya incrementado el contenido de manganeso en la planta. Ya que el contenido de Mn en los suelos del T3 fue menor que en los T1 y T2 al inicio del experimento. Pese a esto, el contenido de Mn a nivel foliar del T3 fue mayor.

4.5 Rendimiento por hectárea

El análisis de varianza (Tabla 13), con respecto a la variable rendimiento por hectárea, muestra que existen diferencias significativas entre tratamientos ($F= 20.37$; $gl= 2, 4$; $p= 0.0080$).

Tabla 13.

ADEVA del rendimiento por hectárea (kg) en el cultivo de papa (Solanum tuberosum).

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

Mediante la prueba de Fisher al 5% para el rendimiento por hectárea, en relación con los tratamientos, mostró dos grupos rango A y B. El T2 y el T1 comparten el mismo rango, mientras que el T3 presenta menor rendimiento del obtenido por los T1 y T2 (Anexo 35) (Figura 31).

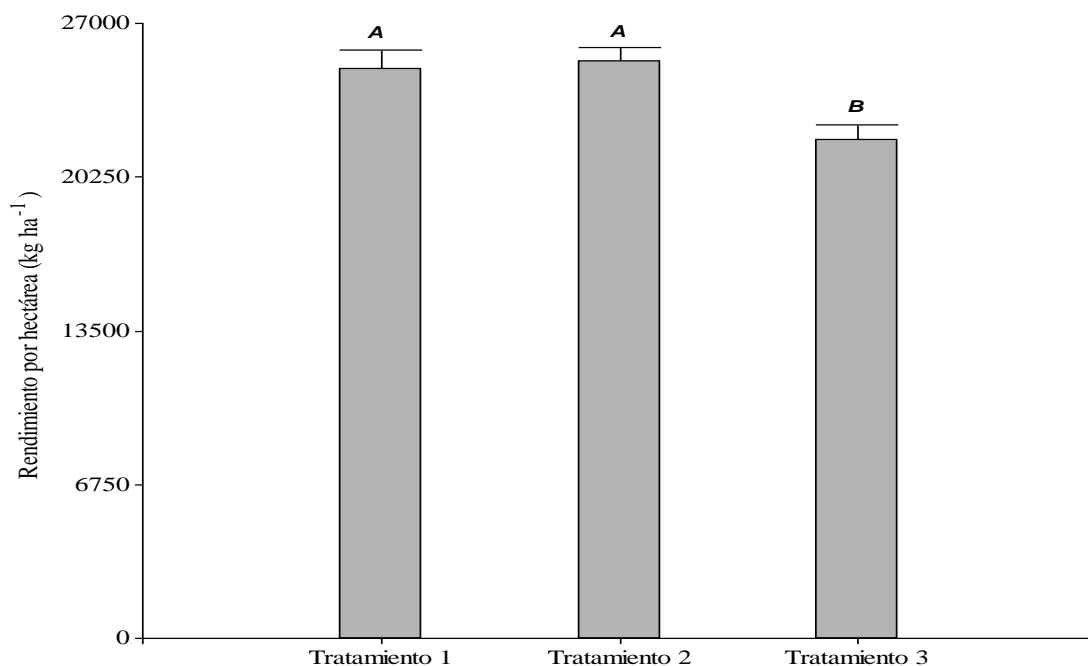


Figura 31. Rendimiento en kg por hectárea en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

En los resultados mencionados anteriormente, se puede apreciar que las aplicaciones de biol si influyeron en el rendimiento (independientemente que contenga o no lodo láctico), ya que muestran superioridad de peso en relación al T3. Gomero (2000), menciona que el biol aumenta y fortalece la base radicular, incrementa la base foliar, mejora la floración y activa el vigor, obteniendo como resultado un aumento en las cosechas.

Estudios realizados en el cultivo de papa, mencionan que al aplicar biol como fertilizante orgánico se obtiene un incremento de 27.5% rendimiento de la papa y en el forraje un 1.4% comparado con la parcela de control (Carrasco et al, 2011). Otros estudios realizados con aplicaciones de biol en diferentes niveles han comprobado que este abono orgánico incrementa la producción de diferentes cultivos, tal es el caso del fréjol con un 44% de incremento por hectárea, melón con 56% sobre el rendimiento esperado y en brócoli hasta el 50% por hectárea (Osorio, 2005).

Westermann, Tindall, James, y Hurst (1994), mencionan que la nutrición juega un papel importante en el cultivo de papa, ya que el N y el K influyen en el rendimiento final y calidad del tubérculo. En su investigación realizaron la aplicación de varios niveles de nitrógeno (0,122, 224, 336 kg ha⁻¹) y potasio (0,122, 224, 448 kg ha⁻¹), en la cual resaltan que la

aplicación de 448 kg ha⁻¹ obtuvo el mejor rendimiento con un incremento de 3.3 t. En la presente investigación los tratamientos con biol aportaron mayor cantidad de K en el cultivo en comparación al T3, con la posibilidad de que este aporte incrementó el rendimiento de los mismos.

Además, existe la posibilidad de que el aporte de Zn en el T1 influyó en el rendimiento final del cultivo, ya que este tratamiento tenía menor cantidad de Zn que los otros dos tratamientos; sin embargo, tuvo un rendimiento similar al T2 y superior a T3. De acuerdo a Pumisacho y Sherwood (2002), en estudios realizados en fertilización muestran que aplicar abonos foliares completos en el cultivo de papa se incrementan el rendimiento hasta 5 t/ha, un ejemplo claro es el zinc que al aplicarlo como quelato incrementa hasta 2.6 t/ha.

Cabe mencionar que el rendimiento obtenido en la presente investigación, se encuentra dentro de los rangos de producción de papa variedad Superchola a nivel nacional, los cuales van de 12,32 t/ha a 29,96 t/ha, con una fertilización química promedio de 145 kg/ha de N, 250 kg/ha de P y 150 kg/ha de K (MAG, 2018).

4.5.1 Peso de tubérculos por categoría

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que existe interacción entre los factores tratamiento y categoría de los tubérculos con respecto a la variable de peso de tubérculos por categoría por planta (F= 8.74; gl= 6, 21; p= 0.0001) (Tabla 14).

Tabla 14.

ADEVA peso de tubérculos por categoría en el cultivo de papa (Solanum tuberosum).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad	Valor F	Valor P
	F.V	Error		
Tratamiento	2	21	23.12	<0.0001
Categoría	3	21	172.38	<0.0001
Tratamiento: Categoría	6	21	8.74	0.0001

En la Figura 32 se observan las diferencias que presentan los tratamientos en las categorías de los tubérculos. En la primera categoría, los tratamientos con aplicación de biol (T1 y T2) presentan mayor peso, con 197.08 g más que el T3. En la segunda categoría se puede apreciar que no existe diferencia de peso entre tratamientos. En la tercera categoría se observa que el

T3 obtuvo mayor peso en relación al T1, con una diferencia de 51.7 (g), mientras que el T2 presenta un peso intermedio en relación al T1 y T3, y para la cuarta categoría no se evidencia diferencias de peso (Anexo 36).

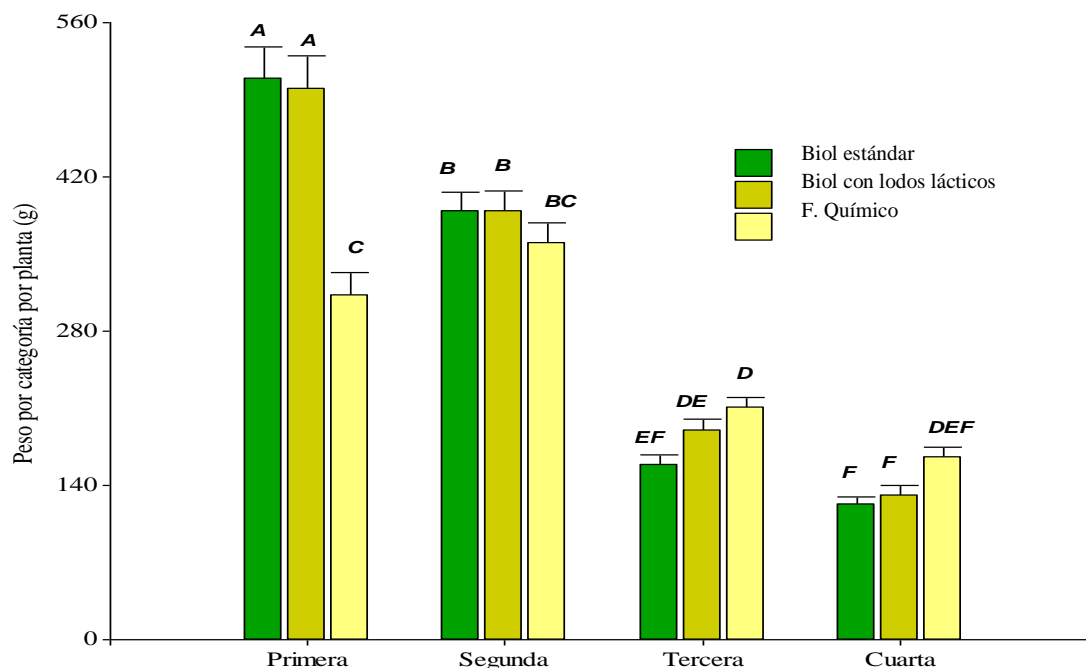


Figura 32. Peso de tubérculos por categoría por planta en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

4.5.2 Número de tubérculos por categoría por planta

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que existe interacción entre los factores tratamiento, y categoría de los tubérculos con respecto a la variable de número de tubérculos por categoría ($F= 13.38$; $gl= 6, 21$; $p= <0.0001$) (Tabla 15).

Tabla 15.

ADEVA de número de tubérculos por categoría en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

Fuentes de variación	Grados de libertad F.V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Tratamiento	2	21	3.59	0.0456
Categoría	3	21	35.69	<0.0001
Tratamiento: Categoría	6	21	13.38	<0.0001

En la Figura 33, se observa el número de tubérculos por planta acorde a las categorías del cultivo de papa. En la primera categoría los tratamientos con biol (T1 y T2) presentan mayor

número de tubérculos en comparación al T3, con una diferencia de 50.00 y 39.34 respectivamente. En la segunda categoría los tratamientos no presentan diferencias en el número de tubérculos. Para la tercera categoría el T3 obtuvo mayor número de tubérculos en relación al T2 con una diferencia de 22 tubérculos, y al T1 con una diferencia de 50.33 tubérculos. Para la cuarta categoría el T3 presenta mayor número de tubérculos en comparación a los tratamientos con biol (T1 y T2), por 73.64 y 64 tubérculos respectivamente (Anexo 37).

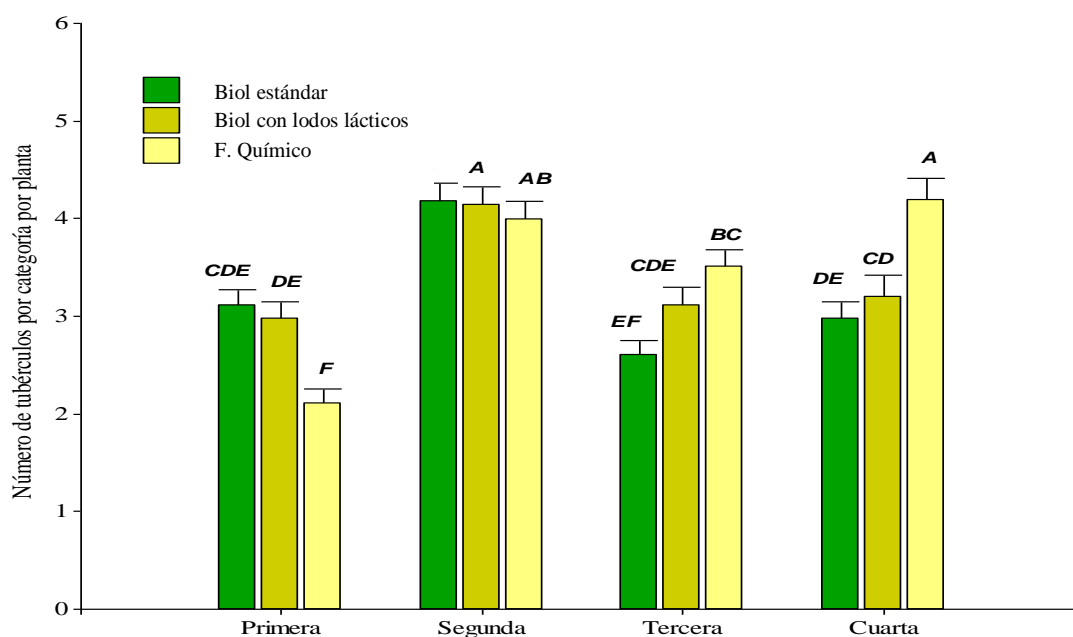


Figura 33. Número de tubérculos por categoría por planta en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Superchola. Bajo tres tratamientos: T1 (biol estándar); T2 (biol con lodos lácticos) y T3 (químico).

Con base en estos resultados se podría asumir que las aplicaciones de biol influyen en el número de tubérculos (independientemente de que contengan o no lodos lácticos), ya que obtuvieron mayor número de tubérculos de primera categoría, mientras que el T3 presentó mayor número de tubérculos en la cuarta categoría.

Con los resultados mencionados anteriormente se puede señalar que el número y peso de tubérculos está relacionado con el rendimiento total, debido a que en los tratamientos con biol presentaron mayor número y peso de tubérculos en la primera categoría en relación al T3, mientras que el T3 presentó mayor número y peso de tubérculos en la tercera y cuarta categoría.

4.6 Concentración de macro y micronutrientes en el suelo

4.6.1 Macronutrientes

En la Tabla 16 se puede apreciar el contenido de macronutrientes en el suelo antes y después del ensayo, en donde los tratamientos no presentaron diferencias con respecto al N al final del experimento, debido a que se aplicó igual cantidad del mismo y los niveles de extracción del suelo fueron similares (Anexo 7). De igual forma el P no presentó diferencias entre tratamientos, a pesar de que en los tratamientos con biol se aplicó menor cantidad del mismo. Mientras que en el K se obtuvo diferencias entre tratamientos, debido a que el T1 y T2 aportaron una gran cantidad de este elemento, con una diferencia de 8 y 14 veces más que el T3.

En lo que respecta al Mg y el Ca no existió diferencias entre tratamientos al final del experimento, a pesar que en el T3 no se aportó estos elementos. No obstante, en el contenido de S existieron diferencias entre tratamientos, debido a que el biol aportó este elemento.

Tabla 16.

Contenido de macronutrientes en el suelo antes y después del cultivo.

Tratamiento	N		P		K		Mg		Ca		S	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
1	25.0	17.5	20.9	17.6	210	269	159	180	329	270	3.7	6.1
2	38.4	19.3	21.1	16.5	214	267	151	187	287	275	3.9	6.3
3	33.8	21.6	18.3	16.8	199	194	130	185	244	268	4.5	3.6

4.6.2 Micronutrientes

Los datos iniciales y finales de los micronutrientes en el suelo se muestran en la Tabla 17, en cuanto al Na y Cl se presentaron diferencias entre tratamientos al final del experimento, debido a que el biol aportó estos elementos. A diferencia del Fe, Mn, Cu, Zn y Bo que no presentaron diferencias entre tratamientos, a pesar de que en los tratamientos con biol se aportó con estos elementos.

Tabla 17.

Contenido de micronutrientes en el suelo antes y después del cultivo.

Trat.	Na		Cl		Fe		Mn (mg/kg)		Cu		Zn		B	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
1	8.1	12.2	17.7	37.5	95.5	47.6	50.5	40.2	3.3	3.5	2.7	2.3	0.45	0.29
2	9.2	10.2	19.7	40.2	106	76.0	54.0	48.6	3.5	3.4	2.9	2.1	0.53	0.32
3	8.9	6.5	21.8	18.8	76.5	71.5	44.0	44.9	3.2	3.2	2.4	2.2	0.37	0.33

4.7 Recuento de microorganismos

En la Tabla 18, se puede apreciar el recuento de bacterias al final de la investigación.

Tabla 18.

Recuento de bacterias en el suelo al final de la investigación.

Tratamiento	Solubilizadoras de fosfato (UFC/g)	Fijadoras de nitrógeno (UFC/g)	Celulolíticas (UFC/g)
1	4 X10 ⁴	6 X10 ⁵	< 30
2	6 X10 ⁴	7 X10 ⁵	3 X10 ³
3	5 X10 ⁴	1 X10 ⁵	< 30

Los resultados del recuento de bacterias, muestran que el T2 obtuvo mayor cantidad de unidades formadoras de colonias para cada tipo de microorganismo evaluado, posiblemente esté relacionado con la incorporación de lodos lácticos en el biol, y el incremento de estos microorganismos mejoraría la asimilación de los nutrientes por las plantas.

Las bacterias solubilizadoras de fósforo intervienen en el crecimiento de las plantas, principalmente ayudan a la solubilización de fosfato, pueden reducir el uso de fertilizantes químicos, tienen la capacidad de transformar el fósforo insoluble en formas asimilables para las plantas, con lo que contribuye a su disponibilidad en el suelo (Restrepo, et al., 2015). Sin embargo, en la presente investigación no se evidenciaron diferencias en el contenido de fósforo a nivel foliar y en el suelo, debido a que las bacterias no influyeron en la asimilación de P porque las UFC son similares, y la cantidad de P aportada varía entre tratamientos.

Las bacterias fijadoras de N fijan este elemento del aire, es decir, originan compuestos solubles por las plantas, como amoníaco. Por su capacidad de fijar nitrógeno, estas bacterias se consideran como biofertilizantes, que se producen en varios países del mundo.

Además, estos microorganismos tienen la capacidad de producir un tipo de auxinas las cuales son responsables del crecimiento de la planta por división y alargamiento de sus células en todos los niveles que estimula la germinación, incrementa el xilema y la formación de raíces (Ibarra, 2010). Pese a que se tiene gran cantidad de bacterias fijadoras de N, no se nota un incremento de N en el suelo al final del experimento, de igual forma no se presentó diferencias en el contenido de N a nivel foliar.

Las bacterias celulolíticas producen enzimas y pueden ayudar en la descomposición de materia orgánica y la producción de cultivos (Viteri, Castillo y Viteri, 2015). La presencia de estas bacterias posiblemente ayudó en la absorción de los nutrientes que aportó el biol, a pesar de que no se evidenció diferencias durante las primeras fases del cultivo.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Pese a que las cantidades de nutrientes aportadas por los distintos tratamientos y los niveles de extracción de nutrientes por el cultivo fueron distintos para N, P y K, la concentración de nutrientes en el tejido foliar fue la misma para todos los tratamientos. Los únicos elementos que variaron su concentración en el tejido foliar fueron el Zn y el Mn. En lo que respecta a los niveles de nutrientes en el suelo al final del experimento, se puede observar que los suelos de los tratamientos con biol presentaron mayores cantidades de K, S, Cl y Na en relación al tratamiento sin biol, resultado que corresponde al aporte nutricional de estos tratamientos.
- Los rendimientos (kg/ha) de los tratamientos con biol fueron superiores al tratamiento con fertilización química con una diferencia de 13.20 %. Este resultado es producto de una mayor acumulación de peso seco de tubérculos por planta a los 85 y 115 días después de la siembra; y, al momento de la cosecha. Adicionalmente, esta variable incrementó en los tratamientos con biol debido a un mayor número de tubérculos de primera categoría y también a una mayor cantidad de peso fresco distribuido hacia los mismos.
- En lo que se refiere a la concentración de microorganismos, se observó que los suelos de los tratamientos con biol tienen mayor cantidad de bacterias solubilizadoras de P y el contenido de P en el suelo es similar para todos los tratamientos. Por otro lado, los niveles de absorción de P dependieron, de la cantidad de P aportada por los tratamientos. De igual forma en el suelo se obtuvo mayor cantidad de bacterias fijadoras de N en los tratamientos con biol, sin mostrar diferencias en el contenido del mismo en todos los tratamientos. Mientras que para las bacterias celulolíticas en el suelo se obtuvo mayor cantidad en el T2, sin embargo, no mostró diferencias en la asimilación de nutrientes en la planta.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda implementar el biol en el sistema de fertilización de los productores de papa, ya que a través de su uso se puede cubrir los requerimientos nutricionales del cultivo de papa y obtener mejores rendimientos.
- Se recomienda nivelar las cantidades de macro y micro nutrientes en todos los tratamientos, para descartar el efecto del K u otros elementos en lo observado en esta investigación, y así determinar la influencia del ácido jasmónico en el contenido de clorofila y de tuberización en el cultivo de papa.
- Realizar estudios a largo plazo del uso constante de biol, con la finalidad de evaluar el efecto del Na y Cl en el suelo, porque en altas concentraciones estos podrían generar acumulación de sales en el suelo.
- Reciclar de alguna manera los residuos de los lodos lácticos, producto de la elaboración del biol, ya que en la presente investigación no se descompuso en su totalidad.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arce, A. (2002). El cultivo de la patata. 2da (Ed.). Editorial MundiPrensa. Pág. 381.
- Angus, J. (2012). Fertilizer Science and Technology. pp. 3768–86 in Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. Meyers,R (ed). New York, NY: Springer New York.
- Aparcana, S. (2008). Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso Fermentación anaeróbica para producción de biogás. Perú. Pág. 4 – 6.
- Bryson, G. (2014). Plant Analysis Handbook III. Aguide to sampling, preparation, analysis and interpretation for agronomic and horticultural crops. 574 pp.
- Buscot, F., y Varma, A. (2005). Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions. Saudi Med J. Berlin: Springer. doi:10.1073/pnas.0703993104.
- Carrasco, W., Comas, J., Ferrer, I., Garfi, M y Gelman, P. (2011). Agricultural reuse of the digestate from low-cost tubular digesters in rural Andean communities. *Waste Management*, 31(12), 2584 - 2589.
- Chiluisa, S. (2014). Aplicación de diferentes dosis de biol enriquecido con roca fosfórica en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. Itálica Híbrido Legacy) utilizando como coadyuvante gel de sábila (*Aloe vera*). (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato. Pág. 15 – 25.
- Compant, S., Clément, C y Sessitsch, A. (2010). Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: Their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. *Soil Biol. Biochem*, 42: 669-678.
- Dwelle, R. (2003). Potato growth and development. En J. Stark and S. Love (ed) Potato Production Systems . University of Idaho Extension. 426 p
- Egúsquiza, R. (2000). La papa: producción, transformación y comercialización. (2. International Potato Center, Ed.) Lima, Perú. Obtenido de https://books.google.es/books?id=6ciGbBX0uFwCypg=PA1yhl=esysource=gbs_selected_pagescad=2#v=onepageyqyf=false

- Farouk, S y Osman, M. (2011). The effect of plant defense elicitors on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth and yield in absence or presence of spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) infestation. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 7(3), 05 – 22.
- Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (FONCODES). (2014). Producción y uso de abonos orgánicos: biol, compost y humus. Lima. Pág. 44.
- Franco, J. (2002). El cultivo de la papa en Guatemala. Ministerio de Agricultura. p.145.
- Gaitán, A., González, M., Núñez, C., Saldaña, T y Cotes, J. (2013). Growth and development functional analysis in four potato varieties (*Solanum tuberosum* subsp. andigena). Bogotá. Pág. 172 – 185.
- Gomero, L. (2000). Los biodigestores campesinos una innovación para el aprovechamiento de los recursos orgánicos. Perú. *LEISA, Revista de Agroecología* 21(1), Pág. 40.
- Harvatine, K., Boisclair, Y. y Bauman, D. (2009). Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. *Animal*, 3(1), 40 - 54.
- Heil, M. (2000). Different Strategies for Studying Ecological Aspects of Systemic Acquired Resistance (SAR). *Journal of Ecology*, p.706-708.
- Heil, M. (2004). Induction of Two Indirect Defences Benefits Lima Bean (*Phaseolus lunatus*, Fabaceae) in Nature. *Journal of Ecology* (92), 527-536.
- Heldt, H., Chon, C., Maronde, D., Herold, A., Stankovic, Z., Walker, D., Kraminer, A., Kirk, M. y Heber, U. (1977). Role of orthophosphate and other factors in the regulation of starch formation in leaves and isolated chloroplasts. *Plant Physiol.* 59: 1146–1155.
- Huber, D. (1997). Manejo de la nutrición para el combate de patógenos de plantas. *Agronomía Costarricense*, 2(1), 99-102.
- Ibarra, C. (2010). Diversidad de bacterias fijadoras de nitrógeno aisladas de suelo de chinampa y su efecto en plantas de interes agrícola (tesis de maestría). Escuela Nacional de Ciencias Biológicas Sección De Estudios De Posgrado E Investigación. México. Pág. 85.

- Infante, A. (2011). Manual de Biopreparado para la Agricultura ecológica. Santiago de Chile. Pág. 28.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2014). Anuario Meteorológico. Quito – Ecuador.
- Instituto de Investigación Agropecuarias (INIA). (2009). Manual de papa para la Araucanía: Manejo y plantación. Temuco, Chile. Pág. 115.
- Kovacik, J y Backor, M. (2007). Changes of phenolic metabolism and oxidative status in nitrogen-deficient *Matricaria chamomilla* plants. *Plant and soil*, 297 (1-2), 255-265.
- Littke, K y Zabowaki, D. (2007). Influence of calcium fertilization on Douglas-fir foliar nutrition, soil nutrient availability, and sinuosity in coastal Washington. *Forest Ecology and Management*, 247, 140-148.
- López, M., Moirón, C., y Seoane, S. (2002). Changes in chemical properties of an acid soil after application of dairy sludge. Obtenido de Repositorio Universidad Santiago de Compostela: <http://www.ibader.org/archivos/docs/Changes%20in%20chemical%20properties%20of%20an%20acid%20soil.pdf>
- Mansson, H. (2008). Fatty acids in bovine milk fat. New York. Pág. 52.
- Marschner, H. (2012). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, 3rdEd. London, pp. 651.
- Mastrocola, N., Pino, G., Mera, X., Rivadeneira, J., Monteros, C., y Cuesta, X. (2016). Catálogo de variedades de papa. Instituciones: FAO - INIAP: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2748/1/iniapscpm427.pdf>
- Mengel, K. y Kirkby, E. (2001). Principles of Plant Nutrition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 849.
- Merchán, M., Valverde, F., Novoa, V y Pumisacho, M. (2009). Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado de suelos en el cultivo de la papa. Ecuador. Pág. 109 – 148.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2008). Informe de rendimientos de papa en el ecuador 2017. Quito – Ecuador. Pág. 15.

- Monteros, A. (2016). Rendimientos de papa en el Ecuador segundo ciclo 2015 (junio-noviembre). Quito – Ecuador.
- Montesdeoca, F., Narváez, G., y Mora, E. (2006). Manual de Control Interno de Calidad (CIC) en tubérculo-semilla de papa. Obtenido de <http://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/CIC.pdf>
- 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 grado). Universidad La Salle, Bogotá. Pág. 175.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2002). Los fertilizantes y su uso. Ed. 4ta.Roma. Pág. 83.
- Oficina para Estudios del Agro (OFIAGRO). (2009). Diagnóstico de la Situación Actual de la Cadena Agroalimentaria de la Papa en Ecuador, CIP, Centro Internacional de la Papa, proyecto Papa Andina. Quito, Ecuador. Pág. 13 - 16.
- Osorio, L. (2005). Los biodigestores campesinos: una innovación para el aprovechamiento de los recursos orgánicos. *LEISA: Revista de Agroecología*, 22 (2), 25 – 27.
- Paca, J. (2009). Respuesta del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Chaucha a la aplicación de cuatro tipos de abonos en tres dosis. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Pág. 100.
- Parthier, B. (1990). Plant Growth Regul. pág. 57–63.
- Perez, S., Martínez, S., Solórzano, E., Sosa Del Castillo, D y Martínez, B. (2011). Efecto de Activadores Biológicos y Químico en la Inducción de Resistencia Sistémica Adquirida y Parámetros Productivos del Tomate Frente a *Alternaria solani* en Campo. Venezuela. Pág. 5 - 10.
- Pino, Y. (2005). Determinación de la mejor dosis de biol en el cultivo de (*Musa sapientum*) Banano, como alternativa a la fertilización foliar Química. Pág. 35 – 40.

- Pruski, K., Astatkie, T y Nowak J. (2002). Jasmonate effectson in vitro tuberization and tuber bulking in two potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) under different media and photoperiod conditions. *In Vitro Cellular and Developmental Biology Plant* 38:203–209.
- Pumisacho, M. y Sherwood, S. (2002). El Cultivo de la Papa en Ecuador. INIAP – CIP. Quito, Ecuador. Pág. 292.
- Pumisacho, M y Velásquez, J. (2009). Manual de cultivo de papa para pequeños productores. Quito: Cosude. Pág. 103.
- Pyo, Y., Gierth, M., Schroeder, J y Cho M. (2010). High-affinity K (+) transport in Arabidopsis: AtHAK5 and AKT1 are vital for seedling establishment and postgermination growth under low-potassium conditions. *Plant Physiology*, 153, 863-75.
- Restrepo, J. (2001). Abonos Orgánicos fermentados y Experiencias de Agricultores en Centroamérica y Brasil. IICA. Costa Rica. Pág. 114.
- Restrepo, G., Marulanda, S., De la Fe, Y., Díaz, A., Vera, L y Hernández, A. (2015). Bacterias solubilizadoras de fosfato y sus potencialidades de uso en la promoción del crecimiento de cultivos de importancia económica. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 46(1), 63-76.
- Sánchez, E. (2009). Evaluación de la fertilidad química y orgánica en el cultivo de lechuga variedad (Verpia) en la comunidad de Florencia. Universidad Técnica del Norte. Tabacundo-Pichincha, Ecuador. Pág. 115.
- Segura, J. (2006). Desarrollo Vegetal. Introducción al Desarrollo. Concepto de Hormona Vegetal. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Pág. 351-376.
- Segura, M., Núñez, C., y Santos, M. (2009). Acumulación y distribución de peso seco de cuatro variedades de papa. Cudinamarca-Colombia. Pág. 225.
- Shenker, M., Plessner, O y Tel-Or, E. (2004). Manganese nutrition effects on tomato growth, chlorophyll concentration, and superoxide dismutase activity. *Plant Physiol*, 161(2), 197- 200.

- Sierra, C., Santos, J y Kalazich, J. (2002). Manual fertilización del cultivo de la papa en la zona sur de Chile. Santiago, Chile. Pág. 134.
- Sotés, V., & Gómez, M. (2014). El Manganeso y la Viticultura: una revisión. Madrid.
- Suquilanda, M. (2001). Fertilización orgánica. Manual técnico Fundagro. Fundación para el Desarrollo Agropecuario. Serie Agricultura Orgánica. Ecuador. Pág. 322.
- Tofiño, A., Romero, H y Ceballos, H. (2007). Efecto del estrés abiótico sobre la síntesis y degradación de almidón. Colombia. Pág. 245-254.
- Villafuerte, O. (2008). Requerimientos edafoclimaticos de la papa.
- Viteri, P., Castillo, D y Viteri, S. (2015). Capability and diversity of Cellulolytic bacteria isolated from three tropical habitats in Boyaca. Colombia. pp. 150.
- Westermann, D., Tindall, T., James, D y Hurst, R. (1994). Soil testing and plant analysis. 784 pp.
- Xiang-wen, P., Wen-bin, L., Qiu-ying, Z., Yan-hua, L y Ming-shan, L. (2008). Assessment on phosphorus efficiency characteristics of soybean genotypes in phosphorus-deficient soils. China. *Agric Sci*, 7: 958-69.
- Zavala, J. (2010). Respuestas inmunológicas de las plantas frente al ataque de insectos. *Conicet*, 20(117), 52 - 59.
- Zagoya, J., Ocampo, J., Ocampo, I., Macías, A., y De la Rosa, P. (2015). Caracterización fisicoquímica de biofermentados elaborados artesanalmente. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 17, 14–19.
- Zhu, Z., Zhanga, F., Wangb, C., Ran, W., y Shen, Q. (2013). Treating fermentative residues as liquid fertilizer and its efficacy on the tomato growth. *Elsevier*, 492–498.

7. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de ácidos grasos de los lodos lácteos- Laboratorio de alimentos de la Universidad Central del Ecuador.

PERFIL LIPIDICO

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Grasa	%	14.0296	MAL-03/ AOAC 991.36
*ACIDOS GRASOS			
Acido Butírico	C4:0	% 0.3648	Cromatografía de Gases
Acido Caproico	C6:0	% 0.3648	Cromatografía de Gases
Acido Caprílico	C8:0	% 0.1976	Cromatografía de Gases
Acido Cáprico	C10:0	% 0.3040	Cromatografía de Gases
Acido Undecanoico	C11:0	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Láurico	C12:0	% 0.3800	Cromatografía de Gases
Acido Tridecanoico	C13:0	% 0.0152	Cromatografía de Gases
Acido Mirístico	C14:0	% 1.4288	Cromatografía de Gases
Acido Miristoleico	C14:1	% 0.1368	Cromatografía de Gases
Acido Pentadecanoico	C15:0	% 0.2280	Cromatografía de Gases
Acido cis-10 pentadecanoico	C15:1	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Palmítico	C16:0	% 3.8152	Cromatografía de Gases
Acido Palmitoleico	C16:1	% 0.1976	Cromatografía de Gases
Acido Heptadecanoico	C17:0	% 0.1216	Cromatografía de Gases
Acido cis 10-Heptadecanoico	C17:1	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Estearico	C18:0	% 2.0368	Cromatografía de Gases
Acido Eláidico	C18:1n9 trans	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Oleico	C18:1n9 cis ω9	% 4.0736	Cromatografía de Gases
Acido Linoleáidico	C18:2n6 trans	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Linoléico (LA)	C18:2n6 cis ω6	% 0.2280	Cromatografía de Gases
Acido Araquídico	C20:0	% 0.0152	Cromatografía de Gases
Acido γ- Linolénico (GLA)	C18:3n6 ω6	% 0.1216	Cromatografía de Gases
Acido cis-11 eicosenoico	C20:1n9 ω9	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Linolénico (ALA)	C18:3n3 ω3	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Heneicosanoico	C21:0	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido cis-11,14 eicosadienoico	C20:2n6 ω6	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Behénico	C22:0	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Cis-8, 11,14-Eicosatrienoico	C20:3n6 ω6	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido erúico	C22:1n9 ω9	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Cis-11, 14,17-Eicosatrienoico	C20:3n3 ω3	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Tricosanoico	C23:0	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Araquidónico (ARA)	C20:4n6 ω6	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Cis-13,16-Docosadienoico	C22:2n6 ω6	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Lignocérico	C24:0	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Cis-5, 8, 11, 14, 17-Eicosapentaenoico (EPA)	C20:5n3 ω3	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Nervónico	C24:1n9 ω9	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Cis-4, 7, 10, 13, 16,19-Docosahexaenoico (DHA)	C22:6n3 ω3	% 0.0000	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos Saturados	%	9.2720	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos Insaturados	%	4.7576	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos Monoinsaturados	%	4.4080	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos Poliinsaturados	%	0.3496	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos TRANS	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos omega 3 y 6	%	0.3496	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos	%	14.0296	Cromatografía de Gases

Anexo 2. Análisis del contenido de macro y micronutrientes en suero -Laboratorio Agrar Projekt.

Parámetro	Unidad	# 1: Suero
Densidad (materia fresca)	kg/l	1.00
Materia Seca (%)	%	5.4
Humedad (%)	%	94.6
pH (materia fresca)		4.7
Materia Orgánica (en materia seca)	%	90.6
Carbono (C) (en materia seca)	%	52.7
Relación C:N		30 : 1
Nitrógeno Total (N)	%	1.77
Fósforo (P)	%	6.72
Potasio (K)	%	22.4
Magnesio (Mg)	%	1.37
Calcio (Ca)	%	8.49
Sodio (Na)	%	9.15
Hierro (Fe)	ppm	75.0
Manganeso (Mn)	ppm	62.8
Cobre (Cu)	ppm	11.7
Zinc (Zn)	ppm	38.8
Boro (B)	ppm	35.2

Anexo 3. Análisis de ácidos grasos de los lodos lácteos- Laboratorio de alimentos de la Universidad Central del Ecuador.

PERFIL LIPIDICO

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	
Grasa	%	0.2495	MAL-03/ AOAC 991.36	
*ACIDOS GRASOS				
Acido Butírico	C4:0	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Caproico	C6:0	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Caprílico	C8:0	%	0.0105	Cromatografía de Gases
Acido Cáprico	C10:0	%	0.0115	Cromatografía de Gases
Acido Undecanoico	C11:0	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Láurico	C12:0	%	0.0087	Cromatografía de Gases
Acido Tridecanoico	C13:0	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Mirístico	C14:0	%	0.0276	Cromatografía de Gases
Acido Miristoleico	C14:1	%	0.0023	Cromatografía de Gases
Acido Pentadecanoico	C15:0	%	0.0038	Cromatografía de Gases
Acido cis-10 pentadecanoico	C15:1	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Palmítico	C16:0	%	0.0688	Cromatografía de Gases
Acido Palmítoleico	C16:1	%	0.0031	Cromatografía de Gases
Acido Heptadecanoico	C17:0	%	0.0020	Cromatografía de Gases
Acido cis 10-Heptadecanoico	C17:1	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Estearico	C18:0	%	0.0343	Cromatografía de Gases
Acido Eláidico	C18:1n9 trans	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Oleico	C18:1n9 cis ω9	%	0.0696	Cromatografía de Gases
Acido Linoleláidico	C18:2n6 trans	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Linoleico (LA)	C18:2n6 cis ω6	%	0.0038	Cromatografía de Gases
Acido Araquídico	C20:0	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido γ- Linolenico (GLA)	C18:3n6 ω6	%	0.0033	Cromatografía de Gases
Acido cis-11 eicosenoico	C20:1n9 ω9	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Linolenico (ALA)	C18:3n3 ω3	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Heneicosanoico	C21:0	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido cis-11,14 eicosadienoico	C20:2n6 ω6	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Behénico	C22:0	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Cis-8,11,14-Eicosatrienoico	C20:3n6 ω6	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido erucico	C22:1n9 ω9	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Cis-11, 14, 17-Eicosatrienoico	C20:3n3 ω3	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Tricosanoico	C23:0	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Araquidónico (ARA)	C20:4n6 ω6	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Cis-13,16-Docosadienoico	C22:2n6 ω6	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Lignocérico	C24:0	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Cis-5, 8, 11, 14, 17-Eicosapentaenoico (EPA)	C20:5n3 ω3	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Nervónico	C24:1n9 ω9	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Acido Cis-4, 7, 10, 13, 16, 19-Docosahexaenoico (DHA)	C22:6n3 ω3	%	0.0000	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos Saturados		%	0.1674	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos Insaturados		%	0.0821	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos Monoinsaturados		%	0.0750	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos Poliinsaturados		%	0.0072	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos TRANS		%	0.0000	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos omega 3 y 6		%	0.0072	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos		%	0.2495	Cromatografía de Gases

Anexo 4. Análisis del contenido de macro y micronutrientes en lodos lácteos-Laboratorio Agrar Projekt.

Parámetro	Unidad	# 1: Lodo Floralp
Densidad (materia fresca)	kg/l	0.85
Materia Seca (%)	%	22.2
Humedad (%)	%	77.8
pH (materia fresca)		4.7
Materia Orgánica (en materia seca)	%	96.0
Carbono (C) (en materia seca)	%	55.8
Relación C:N		14 : 1
Nitrógeno Total (N)	%	4.02
Fósforo (P)	%	4.02
Potasio (K)	%	3.20
Magnesio (Mg)	%	0.33
Calcio (Ca)	%	4.44
Sodio (Na)	%	3.70
Hierro (Fe)	ppm	1 214
Manganeso (Mn)	ppm	80.0
Cobre (Cu)	ppm	81.6
Zinc (Zn)	ppm	96.0
Boro (B)	ppm	75.2

Anexo 5. 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 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
		Compost	2.9-1.46-2.83	Aporque	1	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. Resultado de análisis de microorganismos.

RESULTADOS DE LA MUESTRA N°: MAG-32-2018

RECuento DE MICROORGANISMOS			
	RECuento DE BACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATO	RECuento DE BACTERIAS FIADORAS DE NITROGENO	RECuento DE BACTERIAS CELULOLITICAS
Identificación de la muestra	UFC/g	UFC/g	UFC/g
MAG-32-1-2018 T1 PAPA	4×10^4	6×10^5	< 30
MAG-32-2-2018 T2(T1-T2-T3)	6×10^4	7×10^5	3×10^5
MAG-32-3-2018 T3(T3 PAPA)	5×10^4	1×10^3	< 30

Resultado válido solo para la muestra analizada

Abreviaciones:

- PUCE:** Léase Pontificia Universidad Católica del Ecuador
- MAG:** Léase Microbiología Agrícola
- UFC:** Léase Unidades formadoras de colonias
- g:** Léase gramo
- ml:** Léase mililitro

INFORMACIÓN:

Las muestras analizadas N° MAG-32-(1-3)-2018 llegan en fundas plásticas estériles con aproximadamente 500 gramos de muestra.


RESPONSABLE
ÁREA DE MICROBIOLOGÍA
Mgtr. Elena Granda


ANALISTA DE LABORATORIO
Lcda. Vismeli Santana

SELLO DEL LABORATORIO



Anexo 8. Cantidad e insumos que se utilizaron para la elaboración de biol estándar y biol con lodos lácticos en tanques de 200 litros.

ELABORACIÓN DE BIOL			
		TANQUES (200 litros)	
INSUMOS	CANTIDAD	BIOL ESTANDAR	BIOL CON LODOS LÁCTICOS
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 LÁCTICO (litros)			34.38

Anexo 9. Resultados de análisis del contenido nutrientes en el biol estándar y biol con lodos lácteos.

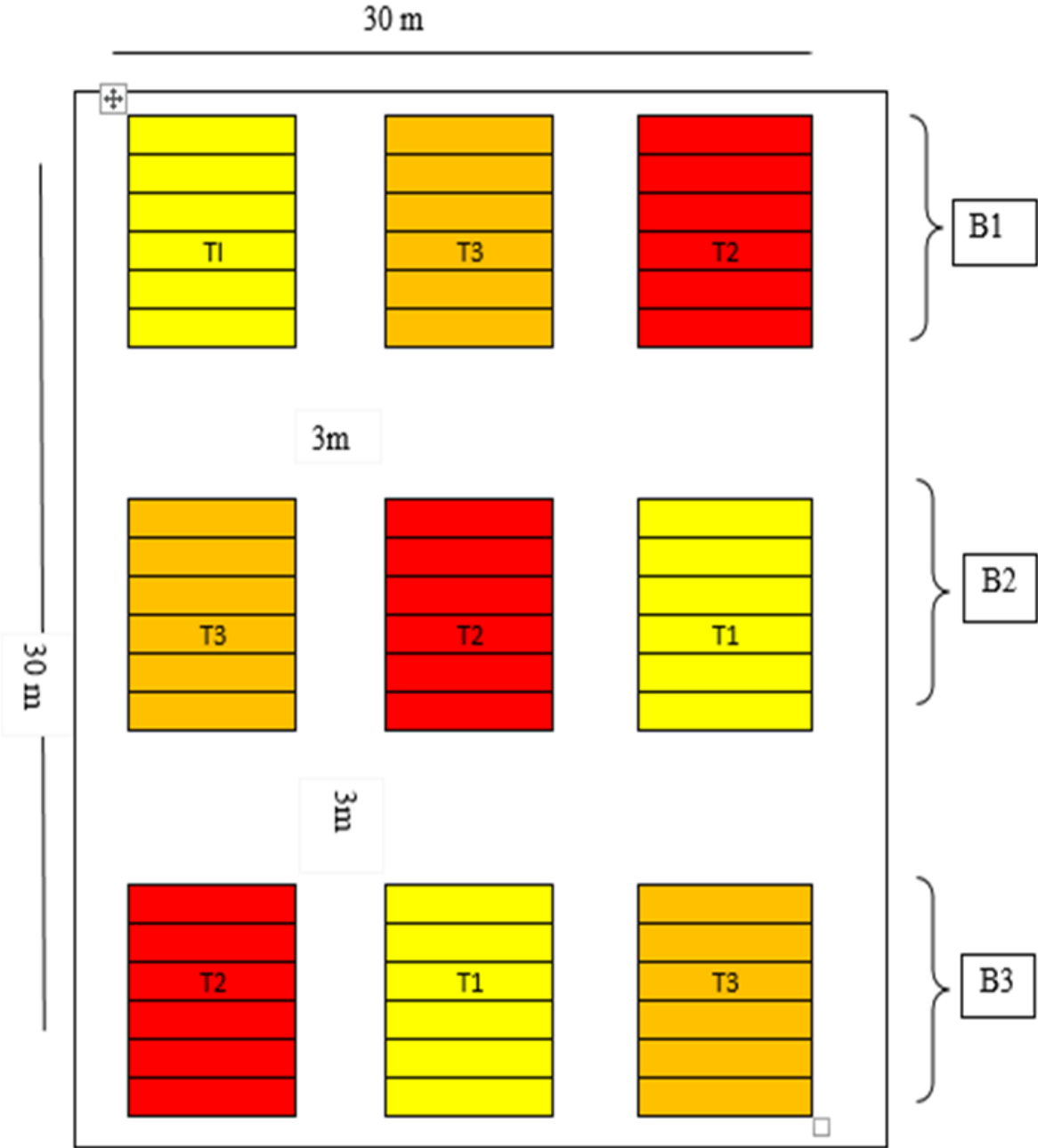
Parámetro	Unidad	# 1: Biol Éstandar	# 2: Biol Lodos
pH		7.0	5.8
C.E. (mS/cm)	mS/cm	12.4	14.0
Nitrato (NO3) NO3 - N	mg/l	29.0 6.6	28.0 6.3
Amonio (NH4) NH3 - N	mg/l	43.6 33.8	204 158
Nitrito (NO2) NO2 - N	mg/l	< 0.5 < 0.2	< 0.5 < 0.2
(NO3 +NH4) – N	mg/l	40.4	164
Fosfato (PO4) PO4 - P	mg/l	617 201	993 324
Potasio (K)	mg/l	3 450	3 030
Magnesio (Mg)	mg/l	618	625
Calcio (Ca)	mg/l	597	676
Sulfato (SO4) Azufre (SO4 – 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 10. Control químico y orgánico de plagas y enfermedades en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

Tratamiento	Practica agrícola	Ingrediente activo	Etapa fenológica de aplicación	Nro. de aplicaciones	Dosis	Control de plagas y enfermedades
Orgánico (T1 y T2)	Fungicida	Oxicloruro de cobre	Crecimiento del cultivo	3	3g/litro	Tizón tardío, tizón temprano
	Insecticida	Azadiractina	Crecimiento del cultivo	2	1cc/litro	Pulguilla, gusano tronizador
Químico (T3)	Fungicida	Carboxin+Captan	Siembra	1	9g/litro	Rizoctonia, fusarium, erwinia
		Oxicloruro de cobre	Todo el ciclo del cultivo	3	3g/litro	Tizón tardío, tizón temprano
		Metalaxil	Todo el ciclo del cultivo	2	3g/litro	Tizón tardío, tizón temprano
		Mancoceb+Benalaxil	Todo el ciclo del cultivo	1	1.5g/litro	Tizón tardío, tizón temprano
	Insecticida	Cipermetrina	Crecimiento del cultivo	3	0.5ml/ litro	Pulguilla, gusano trozador
		Ciromazina	Crecimiento del cultivo	2	7.5g/litro	Mosca minadora
		Tiametoxam+Lambda cyalotrina	Tuberización y floración	2	1.25g/litro	Polilla, gusano blanco
	Carbosulfán	Tuberización y floración	2	1.25g/litro	Polilla, gusano blanco	

Anexo 11. Croquis de distribución de los tratamientos.

TRATAMIENTOS:



Anexo 12. 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	

Anexo 13. Medias y errores estándares para días después de la siembra (DDS) en la variable de peso seco de hojas.

DDS	Medias	E.E.	
115	79.59	7.05	A
85	46.89	7.05	B
55	19.96	7.05	C

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

Anexo 14. Medias y errores estándares de la interacción Mes*Tratamiento en la variable de peso seco de tallos.

MES	TRATAMIENTO	Medias	E.E.	Rangos		
2	3	112.56	9.74	A		
2	2	67.89	9.74		B	
2	1	57.89	9.74		B	C
3	3	44.00	9.74		B	C
3	1	38.67	9.74			C
3	2	35.11	9.74			C
1	3	16.89	9.74			
1	2	14.67	9.74			
1	1	13.78	9.74			

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

Anexo 15. Medias y errores estándares de la interacción Mes*Tratamiento en la variable de peso seco de raíz.

MES	TRATAMIENTO	Medias	E.E.	Rangos		
2	3	11.67	1.81	A		
3	3	11.11	1.81	A	B	
3	1	10.44	0.90	A	B	
3	2	8.89	0.92	A	B	C
2	2	8.22	0.92	A	B	C
2	1	7.67	0.90		B	C
1	3	5.89	1.81			C
1	1	4.89	0.90			
1	2	4.89	0.92			

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

Anexo 16. Medias y errores estándares de la interacción Mes*Tratamiento en la variable de peso seco de tubérculos.

MES	TRATAMIENTO	Medias	E.E.	Rangos		
3	1	227.33	30.52	A		
3	2	224.78	26.37	A		
3	3	148.22	19.28		B	
2	2	70.00	11.34			C
2	1	58.00	9.99			C
2	3	33.11	14.93			
1	2	0.00	0.00			
1	3	0.00	0.00			
1	1	0.00	0.00			

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

Anexo 17. Medias y errores estándares de la interacción Tratamiento*Época en la variable contenido de clorofila.

TRATAMIENTO	EPOCA	Medias	E.E.	Rangos	
3	CRECIMIENTO	484.03	6.78	A	
2	CRECIMIENTO	447.35	6.78		B
1	CRECIMIENTO	427.45	6.78		C
3	FLORACIÓN	384.14	6.78		D
1	FLORACIÓN	358.24	6.78		E
2	FLORACIÓN	354.30	6.78		E

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

Anexo 18. Medias y error estándar por tratamientos de peso seco en los tubérculos.

Tratamiento	Medias	E.E.	Rangos
1.00	281.33	19.19	A
2.00	279.27	15.61	A
3.00	213.60	20.31	B

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

Anexo 19. Asimilación de macronutrientes por la planta en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

NUTRIENTES		TRATAMIENTOS		
		T1	T2	T3
N (kg/ha)	Antes	65	99.84	87.88
	Aporte	150	150	150
	Después	45.5	50.18	56.16
	Asimilado	169.5	199.66	181.72
P (kg/ha)	Antes	54.34	54.86	47.58
	Aporte	156.89	150.20	300
	Después	45.76	42.9	43.68
	Asimilado	165.47	162.16	303.90
K(kg/ha)	Antes	546	556.4	517.4
	Aporte	1692.04	1030.89	100.00
	Después	699.4	668.2	504.4
	Asimilado	1538.64	919.09	113.00
Mg (kg/ha)	Antes	413.4	392.6	338
	Aporte	280.28	192.65	
	Después	468	486.2	481
	Asimilado	225.68	99.05	
Ca (kg/ha)	Antes	855.4	746.2	634.4
	Aporte	270.75	208.37	
	Después	702	715	696.8
	Asimilado	424.15	239.57	
S (kg/ha)	Antes	9.62	10.14	11.7
	Aporte	17.87	19.54	
	Después	15.86	17.94	9.36
	Asimilado	11.63	11.74	

Anexo 20. Asimilación de micronutrientes por la planta en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

Anexo 21. ADEVA del macronutriente Nitrógeno a nivel foliar.

		TRATAMIENTOS		
NUTRIENTES		T1	T2	T3
Na (kg/ha)	Antes	21.06	23.92	23.14
	Aporte	161.00	115.28	
	Después	31.72	26.52	16.9
	Asimilado	150.34	112.68	
Cl (kg/ha)	Antes	46.02	51.22	56.68
	Aporte	340.14	259.54	
	Después	97.5	104.52	48.88
	Asimilado	288.66	206.24	
Fe (kg/ha)	Antes	248.3	275.6	198.9
	Aporte	3.45	2.25	
	Después	123.76	197.6	185.9
	Asimilado	127.99	80.25	
Mn (kg/ha)	Antes	131.3	140.4	114.4
	Aporte	7.80	6.38	
	Después	104.52	126.36	116.74
	Asimilado	34.58	20.42	
Cu (kg/ha)	Antes	8.58	9.1	8.32
	Aporte	0.14	0.09	
	Después	9.1	8.84	8.32
	Asimilado		0.35	
Zn (kg/ha)	Antes	7.02	7.54	6.24
	Aporte	0.77	0.34	
	Después	5.98	5.46	5.72
	Asimilado	1.81	2.42	
B (kg/ha)	Antes	1.17	1.378	0.962
	Aporte	3.58	1.57	
	Después	0.754	0.832	0.858
	Asimilado	4.00	2.12	
Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad	Valor F	Valor P
	F.V	Error		
Tratamiento	2	4	1.12	0.4111

Anexo 22. ADEVA del macronutriente Fósforo a nivel foliar.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad	Valor F	Valor P
	F.V	Error		
Tratamiento	2	4	0.03	0.9695

Anexo 23. ADEVA del macronutriente Potasio a nivel foliar.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad	Valor F	Valor P
	F.V	Error		
Tratamiento	2	4	0.78	0.5180

Anexo 24. ADEVA del macronutriente Magnesio a nivel foliar.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad	Valor F	Valor P
	F.V	Error		
Tratamiento	2	4	0.08	0.9213

Anexo 25. ADEVA del macronutriente Calcio a nivel foliar.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad	Valor F	Valor P
	F.V	Error		
Tratamiento	2	4	0.70	0.5499

Anexo 26. ADEVA del macronutriente Azufre a nivel foliar.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad	Valor F	Valor P
	F.V	Error		
Tratamiento	2	4	2.50	0.1975

Anexo 27. Resultados de análisis foliar de nutrientes en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

Empresa: Universidad Técnica del Norte
 Cultivos: Papas (*Solanum tuberosum*), San Roque - Tesis
 Fecha: 17/1/2018



Contenido de macro- y microelementos en materia seca (macroelementos en %, microelementos en ppm equivalente a mg/kg o µg/g)

	*Rango de Valores considerado como "Normal" para Hojas de Papas	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9
		T1 B1	T1 B2	T1 B3	T2 B1	T2 B2	T2 B3	T3 B1	T3 B2	T3 B3
		Edad: 2 meses 3 semanas	Edad: 2 meses 3 semanas	Edad: 2 meses 3 semanas	Edad: 2 meses 3 semanas	Edad: 2 meses 3 semanas	Edad: 2 meses 3 semanas	Edad: 2 meses 3 semanas	Edad: 2 meses 3 semanas	Edad: 2 meses 3 semanas
		Foliar, Papas	Foliar, Papas	Foliar, Papas	Foliar, Papas	Foliar, Papas	Foliar, Papas	Foliar, Papas	Foliar, Papas	Foliar, Papas
Nitrógeno Total (N)	4.00 – 8.00 %	4,61	5,10	4,45	4,95	5,02	4,35	5,00	4,90	5,34
Fósforo (P)	0.25 – 0.50 %	0,38	0,33	0,36	0,36	0,35	0,36	0,34	0,36	0,38
Potasio (K)	4.00 – 7.00 %	3,77	3,54	3,58	4,11	3,70	3,55	3,79	3,66	4,03
Magnesio (Mg)	0.50 – 1.00 %	0,87	0,75	0,76	0,73	0,76	0,85	0,80	0,80	0,79
Calcio (Ca)	0.75 – 1.50 %	1,44	1,32	1,10	1,27	1,24	1,39	1,39	1,34	1,43
Azufre (S)	0.30 - 0.50 %	0,38	0,40	0,41	0,37	0,39	0,38	0,37	0,37	0,40
Sodio (Na)	0.02 - 0.10 %	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10
Hierro (Fe)	70 – 150 ppm	208	183	208	174	226	165	226	157	148
Manganeso (Mn)	50 – 300 ppm	113	142	133	158	150	146	204	200	192
Cobre (Cu)	6 – 20 ppm	15,0	13,8	12,5	13,8	12,5	12,5	13,8	12,5	12,5
Zinc (Zn)	40 – 150 ppm	65,6	66,6	67,6	71,6	83,4	67,6	60,8	61,8	51,0
Boro (B)	25 – 50 ppm	43,4	41,2	42,8	46,0	41,6	37,2	41,6	36,4	46,4

* Fuente: G. Bryson. 2014. Plant Analysis Handbook III. 574 pp.

* Hojas jóvenes que han alcanzado su tamaño final; Estado fenológico: inicio de floración; Análisis de hojas sin peciolo

Anexo 28. ADEVA del macronutriente Sodio a nivel foliar.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad	Valor F	Valor P
	F.V	Error		
Tratamiento	2	4	1.00	0.4444

Anexo 29. ADEVA del micronutriente Hierro a nivel foliar.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad	Valor F	Valor P
	F.V	Error		
Tratamiento	2	4	0.37	0.7114

Anexo 30. ADEVA del micronutriente Manganeso a nivel foliar.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad	Valor F	Valor P
	F.V	Error		
Tratamiento	2	4	38.30	0.0025

Anexo 31. ADEVA del micronutriente Cobre a nivel foliar.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad	Valor F	Valor P
	F.V	Error		
Tratamiento	2	4	3.98	0.1118

Anexo 32. ADEVA del micronutriente Cobre a nivel foliar.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad	Valor F	Valor P
	F.V	Error		
Tratamiento	2	4	8.12	0.0391

Anexo 33. ADEVA del micronutriente Boro foliar.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad	Valor F	Valor P
	F.V	Error		
Tratamiento	2	4	0.06	0.9443

Anexo 34. 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	0.3 - 0.6	0.21	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	20.9	21.1	18.3
	Potasio (K)	CaCl2 0.01 M	mg/kg	200 - 340	210	199
	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
					4.5	4.5
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
					217	217

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	0.3 - 0.6	0.26	0.23
	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	17.6	16.5	16.8
	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
					3.6	3.6
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
					148	148

Anexo 35. Medias y error estándar por tratamientos del rendimiento por hectárea (kg).

Tratamiento	Medias	E.E.	Rangos
2.00	25350.65	692.22	A
1.00	25018.04	692.22	A
3.00	21859.44	692.22	B

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

Anexo 36. Medias y error estándar por tratamientos de peso fresco de tubérculos por categoría.

Tratamiento	Categoría	Medias	E.E.	Rangos
1.00	1	18810.76	1608.68	A
2.00	1	17294.09	1608.68	A
2.00	2	15409.09	753.89	B
1.00	2	15404.43	753.89	B
3.00	2	13893.43	753.89	B C
3.00	1	9438.09	1608.68	C
3.00	3	8232.43	384.28	D
2.00	3	7037.76	384.28	D E
3.00	4	6758.76	473.87	D E F
1.00	3	5301.43	384.28	E F
2.00	4	4389.76	473.87	F
1.00	4	3944.47	465.56	F

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

Anexo 37. Medias y error estándar por tratamientos de número de tubérculos por categoría.

Tratamiento	Categoría	Medias	E.E.	Rangos
3.00	4	171.43	8.46	A
1.00	2	165.43	8.46	A
2.00	2	163.76	8.46	A
3.00	2	154.10	8.46	A B
3.00	3	137.76	8.46	B C
2.00	3	115.76	8.46	C D
1.00	1	113.76	8.46	D
2.00	4	107.43	8.46	D E
2.00	1	103.10	8.46	D E
1.00	4	97.79	8.44	D E
1.00	3	87.43	8.46	E
3.00	1	63.76	8.46	F

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