

**UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA**



**“EFECTO DE LA APLICACION DE ELICITORES COMO
MECANISMO DE INDUCCIÓN DE DEFENSAS NATURALES EN
TOMATE *Lycopersicon esculentum* Mill BAJO INVERNADERO EN
HUARAZ A 3132 m.s.n.m.”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR:

Bach. HURTADO VERAMENDI Eduard

ASESOR:

Dr. VASQUEZ CRUZ Walter Juan

HUARAZ, PERÚ

2020

FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, CONDUCENTES A
OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

1. Datos del autor:

Apellidos y Nombres: _____

Código de alumno: _____

Teléfono: _____

E-mail: _____

D.N.I. n°: _____

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

Tesis

Trabajo de Suficiencia Profesional

Trabajo Académico

Trabajo de Investigación

Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

3. Para optar el Título Profesional de:

4. Título del trabajo de investigación:

5. Facultad de: _____

6. Escuela o Carrera: _____

7. Línea de Investigación (*): _____

8. Sub-línea de Investigación (*): _____

() Según resolución de aprobación del proyecto de tesis*

9. Asesor:

Apellidos y nombres _____ D.N.I n°: _____

E-mail: _____ ID ORCID: _____

10. Referencia bibliográfica: _____

11. Tipo de acceso al Documento:

Acceso público* al contenido completo.

Acceso restringido** al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:



12. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.



Firma del autor

13. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia Creative Commons, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.



El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

14. Para ser verificado por la Dirección del Repositorio Institucional

Seleccione la
Fecha de Acto de sustentación:

Huaraz,

Firma:



Varillas William Eduardo

Asistente en Informática y Sistemas

- UNASAM -

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE CONFORMIDAD VIRTUAL DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar el trabajo final de investigación de la Tesis titulada: ***"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ELICITORES COMO MECANISMO DE INDUCCION DE DEFENSAS NATURALES EN TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill) BAJO INVERNADERO EN HUARAZ A 3132 m.s.n.m"***, presentado por el Bachiller en Ciencias Agronomía **EDUARD HURTADO VERAMENDI**, y sustentada vía la plataforma virtual Microsoft Teams el día 26 de octubre del 2020, respaldada mediante **Resolución Decanatural N° 289-2020-UNASAM-FCA**, la declaramos **CONFORME**.

Huaraz, 26 de octubre de 2020

DR. FRANCISCO ESPINOZA MONTESINOS
PRESIDENTE

MSC. NELY PILAR CAYCHO MEDRANO
SECRETARIO

DR. ALEJANDRO ZOROBABEL TOSCANO LEYVA
VOCAL

DR. WALTER JUAN VASQUEZ CRUZ
PATROCINADOR





ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

Los miembros del Jurado de Tesis que suscriben, se reunieron a través de la plataforma virtual Microsoft Teams, para escuchar y evaluar la sustentación de la Tesis presentado por el Bachiller en Ciencias Agronomía **EDUARD HURTADO VERAMENDI**, titulada: **“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ELICITORES COMO MECANISMO DE INDUCCION DE DEFENSAS NATURALES EN TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill) BAJO INVERNADERO EN HUARAZ A 3132 m.s.n.m”**, escuchado la sustentación, de manera virtual y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADO CON DISTINCION

CALIFICATIVO (*)

DIECISIETE (17)

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo” y recibir el Título Profesional de **INGENIERO AGRONOMO**, de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 26 de Octubre de 2020.

DR. FRANCISCO ESPINOZA MONTESINOS
PRESIDENTE

MSC. NELLY PILAR CAYCHO MEDRANO
SECRETARIO

DR. ALEJANDRO ZOROBABEL TOSCANO LEYVA
VOCAL

Dr. WALTER JUAN VASQUEZ CRUZ
PATROCINADOR

(*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: **APROBADO CON EXCELENCIA (19-20)**, **APROBADO CON DISTINCIÓN (17-18)**, **APROBADO (14-16)**, **DESAPROBADO (00-13)**.

DEDICATORIA

A Dios, por la bendecida vida y existencia.

A mi Madre, que me dio la vida, Emelda Veramendi Achic a quien quiero con todo corazón, por haberme enseñado y guiado por un buen camino

A mis hermanos que siempre estuvieron apoyándome en los momentos más difíciles de la vida.

A mi esposa e hijo que han sido sin duda uno de los principales precursores de este logro, que hicieron lo imposible para que yo pudiera seguir con mis estudios, creyeron que podía y siempre se preocuparon por lo que estaba haciendo, eso me mantuvo firme, por eso les agradezco todo lo que hacen por mí.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, a la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Escuela Profesional de Agronomía, a sus catedráticos quienes con sus conocimientos impartidos nos formaron profesionalmente día a día.

A mi asesor del trabajo de investigación del Tesis, porque me guio durante todo el trayecto, su experiencia, su ayuda y sus consejos fueron determinantes: **Dr. Ing. Walter Juan Vásquez Cruz.**

A mis amigos y docentes de la Universidad de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNASM, quienes con sus consejos me guiaron y todos aquellos que me apoyaron en la ejecución del proyecto de investigación.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.3. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	16
II. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS.....	17
2.2. CULTIVO DE TOMATE.....	18
2.2.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL TOMATE.....	18
2.2.2. TAXONOMÍA DEL TOMATE.....	19
2.2.3. MORFOLOGÍA DEL TOMATE.....	19
2.2.4. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS.....	20
2.2.5. PATRONES DE CRECIMIENTO EN TOMATE.....	21
2.3. FITOALEXINAS.....	22
2.4. ELICITORES.....	22
2.5. MECANISMOS DE ACCIÓN DE ELICITORES.....	23
2.6. AMINOÁCIDOS.....	23
2.7. QUITOSANO.....	23
2.8. FOSFITO DE POTASIO.....	25
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. UBICACIÓN.....	27
3.2. MATERIALES.....	27
3.2.1. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	27
3.2.2. OTROS MATERIALES.....	28

3.2.3.	INSTALACIONES.....	28
3.2.4.	INSUMOS	28
3.2.5.	EQUIPOS	28
3.2.6.	MATERIALES DE ESCRITORIO.....	28
3.3.	MÉTODOS	29
3.3.1.	TIPO DE ESTUDIO.....	29
3.3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
3.3.3.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	32
3.4.	HIPÓTESIS	33
3.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	33
3.6.	UNIVERSO Y POBLACIÓN	34
3.7.	UNIDAD DE ANÁLISIS Y MUESTRA	34
3.8.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS	34
3.9.	EVALUACIONES.....	34
3.9.1.	DURACION EN ANAQUEL	34
3.9.2.	CALIDAD DE FRUTO.....	34
3.9.3.	RENDIMIENTO (Ton/Ha)	37
3.10.	PROCEDIMIENTO	37
3.10.1.	ACTIVIDADES PREPARATORIAS	37
3.10.2.	PREPARACIÓN DEL TERRENO	37
3.10.3.	INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO ...	38
3.10.4.	SIEMBRA DEL TOMATE	38
3.10.5.	INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	38
3.10.6.	MANEJO DEL CULTIVO	38
3.10.7.	APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	39
3.10.8.	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	39
3.10.9.	PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	39
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1.	RESULTADOS	40
4.1.1.	DURACIÓN EN ANAQUEL	40
4.1.2.	CALIDAD	42
4.1.3.	RENDIMIENTO	44

4.2. DISCUSIÓN	45
V. CONCLUSIONES.....	49
VI. RECOMENDACIONES	50
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	51
VIII. ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis de varianza generalizado para un diseño de bloques completos al azar..	32
Tabla 2: Productos comerciales y dosificación usados.	39
Tabla 3: Análisis de varianza ($\alpha=5\%$) para duración en anaquel (días).....	40
Tabla 4: Prueba de rango múltiple de Duncan ($\alpha=5\%$) para duración en anaquel de frutos de tomate <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.	41
Tabla 5: Análisis de varianza ($\alpha=5\%$) para rendimiento de frutos extra (Ton/Ha).	42
Tabla 6: Análisis de varianza ($\alpha=5\%$) para rendimiento Categoría I (Ton/Ha).	42
Tabla 7: Análisis de varianza ($\alpha=5\%$) para rendimiento Categoría II (Ton/Ha).	43
Tabla 8: Análisis de varianza ($\alpha=5\%$) para rendimiento total (Ton/Ha).	44
Tabla 9: Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Unidad experimental	30
Figura 2: Distribución del área experimental	31
Figura 3: Medias y agrupamiento Duncan para duración en anaquel de frutos de tomate <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.	41
Figura 4: Media de rendimientos según tratamientos y categorías de frutos	43
Figura 5: Promedio de rendimiento total (Ton/Ha) de tomate <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.	44

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1:Matriz de datos de rendimiento. TABLA sigue la secuencia.	56
Anexo 2: Matriz de datos duración en anaquel	57
Anexo 3: Resultados de evaluación en laboratorio	58
Anexo 4: Panel fotográfico.....	59

RESUMEN

El estudio denominado “Efecto de la Aplicación de Elicitores como Mecanismo de Inducción de Defensas Naturales en Tomate *Lycopersicum esculentum* Mill bajo Invernadero en Huaraz a 3132 m.s.n.m.”, tuvo como el objetivo de determinar el efecto de la aplicación de elicitores en la vida post cosecha, calidad y rendimiento del cultivo de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill variedad Pokusa bajo condiciones de invernadero en Huaraz. Se empleó un diseño de Bloque Completo al Azar de tres bloques, un testigo y tres tratamientos (Tratamiento 1= Aminoácidos, Tratamiento 2 = Quitosano y Tratamiento 3 = Fosfito de potasio) a una dosis de 2 L/Ha aplicados en dos momentos fenológicos, a inicio de floración y el primer cuajado de frutos. Como material experimental se usó plántulas de tomate variedad Pokusa, un tomate *Lycopersicum esculentum* Mill tipo Cherry, que se caracteriza por producir frutos pequeños rojos y tallos flexibles, esta variedad es de origen polaco y produce en racimos muy largos y complejos, dentro de los cúmulos aparecen las succulentas frutas rojas que crecen de 2 a 3 centímetros de diámetro. El experimento se llevó a cabo en bajo condiciones de invernadero durante los meses de febrero a agosto de 2020. Se evaluó la duración en anaquel (días), rendimiento según calidad extra, categoría I y categoría II, y el rendimiento total (Ton/Ha), frente a la aplicación de los tratamientos. Los resultados indican que no existen efectos significativos de la aplicación de elicitores en el rendimiento y calidad de los frutos de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill variedad Pokusa producidos bajo invernadero en Huaraz. Sin embargo, si existen efectos significativos del uso de elicitores en la duración en anaquel de los frutos, donde los aminoácidos y quitosano generan mayor duración con 12.27 y 12.16 días respectivamente. En base a lo anterior se recomienda usar aminoácidos y/o quitosano para obtener una mayor duración en anaquel de los frutos de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill variedad Pokusa.

Palabras clave: tomate, aminoácidos, quitosano, fosfito potasio, anaquel

ABSTRACT

The study called "Effect of the application of elicitors as a mechanism of induction of natural defenses in tomato *Lycopersicum esculentum* Mill under a greenhouse in Huaraz at 3132 m.s.n.m." It was carried out with the objective of determining the effect of the application of elicitors on post-harvest life, quality and yield of the pokusa variety tomato under greenhouse conditions in Huaraz. A randomized complete block design of three blocks, a control and three treatments (Treatment 1 = amino acids, Treatment 2 = chitosan and Treatment 3 = potassium phosphite) was used at a dose of 2 L / Ha applied at two phenological moments, at the beginning of flowering and the first fruit set. As experimental material, seedlings of the Pokusa variety tomato were used, a cherry-type tomato, which is characterized by producing small red fruits and flexible stems, this variety is of Polish origin and produces in very long and complex clusters, within the clusters the succulents appear red fruits that grow 2 to 3 centimeters in diameter. The experiment was carried out under greenhouse conditions during the months of February to August 2020. The shelf life (days), yield according to extra quality, category I and category II, and the total yield (Ton / Ha), compared to the application of the treatments.

The results indicate that there are no significant effects of the application of elicitors on the yield and quality of the Pokusa tomato fruits produced under a greenhouse in Huaraz. However, there are significant effects of the use of elicitors on the shelf life of the fruits, where amino acids and chitosan generate a longer duration with 12.27 and 12.16 days respectively. Based on the above, it is recommended to use amino acids and / or chitosan to obtain a longer shelf life of Pokusa tomato fruits.

Keywords: tomato, amino acids, chitosan, potassium phosphite, shelf

I. INTRODUCCIÓN

El tomate *Lycopersicum esculentum* Mill puede ser considerado un alimento funcional o bien, saludable, debido a las propiedades beneficiosas sobre la salud que le han sido atribuidas. Este efecto protector se ha atribuido principalmente a componentes bioactivos denominado licopeno. Pero además de licopeno, los tomates contienen otros compuestos bioactivos tales como el ácido ascórbico, tocoferol, β -caroteno, ácidos fenólicos, flavonoides, folatos, fibra, y otros menos conocidos como esculeosido A, fitoeno y fitoflueno^{16–18}, los cuales tras diversas investigaciones científicas parecen tener algún efecto positivo sobre la salud (Navarro & Periago, 2016).

El cultivo del tomate *Lycopersicum esculentum* Mill en el Perú, se desarrolla fundamentalmente en Ica y Lima, necesita una serie de transformaciones tecnológicas para asegurar la calidad de un producto que es consumido por millones de familias en el país. Otra alternativa es realizar una producción orgánica para dar un valor añadido a un cultivo tradicional (Gargurevich, 2018).

En el Callejón de Huaylas, la producción de este cultivo es muy escasa, por lo que la mayor parte de la demanda es cubierta por los tomates procedentes de la costa. Sin embargo, este producto no presente una adecuada calidad y tiene poca vida de anaquel.

Por otro lado, en los últimos años, se ha reducido drásticamente el uso de numerosos productos fitosanitario, para dar cumplimiento a las normas de calidad e inocuidad que son exigidas por los mercados internacionales (Heredia, y otros, 2013).

El uso de los elicitores ha crecido por los beneficios que se desencadenan al utilizarlos en los cultivos, pues actúan generalmente en forma de precursores de metabolitos secundarios como la fitoalexinas; estos metabolitos secundarios impiden o retardan la entrada del patógeno a las plantas, pero también limitan su actividad en el tejido u órgano que ha sido infectado. Los elicitores son sustancias naturales o minerales que al ser aplicadas en las plantas de forma preventiva ayudan a reducir o evitar daños producidos por enfermedades, plagas o factores abióticos adversos (Intagri, 2017).

Considerando el planteamiento anterior, se hace evidente la importancia de investigar técnicas modernas para la producción sostenible de tomates en el Callejón de Huaylas. Pues existe una demanda creciente para el consumo de productos orgánicos, por lo que se planteó el desarrollo de la presente investigación para optar el título profesional y tiene como objetivos lo siguiente.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la aplicación de elicitors en el cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill bajo invernadero en Huaraz a 3132 m.s.n.m.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el efecto de la aplicación de los elicitors en la producción tomate *Lycopersicon esculentum* Mill bajo invernadero en Huaraz a 3132 m.s.n.m.
- Comparar el efecto de la aplicación de los elicitors en la vida de anaquel del tomate *Lycopersicon esculentum* Mill bajo invernadero en Huaraz a 3132 m.s.n.m.
- Determinar el efecto de los elicitors en la calidad de frutos de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill bajo invernadero en Huaraz a 3132 m.s.n.m.

1.3. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el Perú el cultivo del tomate *Lycopersicon esculentum* Mill, se desarrolla principalmente en la costa, siendo las regiones de Ica y Lima los principales productores, zonas donde existe una alta incidencia de plagas y enfermedades que demandan una alta tasa de aplicación de pesticidas que no aseguran la inocuidad de estos alimentos. Por ello se necesita una serie de transformaciones tecnológicas para asegurar la calidad e inocuidad de un producto que es consumido por millones de familias en el país. Como alternativa es realizar una producción orgánica en la sierra, para así dar un valor añadido a un cultivo tradicional (Gargurevich, 2018).

En el Callejón de Huaylas, la producción de este cultivo es muy escasa, por lo que la mayor parte de la demanda es cubierta por los tomates procedentes de la costa. Sin embargo, este producto no presenta una adecuada calidad y tiene poca vida de anaquel.

Ante la situación expuesta es necesario el desarrollo tecnológico del cultivo de tomate en el Callejón de Huaylas, donde el uso de los elicitores resulta ser una alternativa que ha crecido por los beneficios que se desencadenan al utilizarlos en los cultivos y una producción más sostenible, pues actúan generalmente en forma de precursores de metabolitos secundarios como las fitoalexinas; estos metabolitos secundarios impiden o retardan la entrada del patógeno a las plantas, pero también limitan su actividad en el tejido u órgano que ha sido infectado. A pesar de conocer los efectos de los elicitores a nivel local aún se desconoce los efectos de estas moléculas en el cultivo de tomate. Por lo tanto, se propuso el desarrollo de la presente investigación que tuvo como problema:

¿Cuál es el efecto de la aplicación de elicitores en el cultivo de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill bajo invernadero en Huaraz a 3132 m.s.n.m.?

1.4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó, para determinar el efecto de elicitores en la producción de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill bajo invernadero en Huaraz a 3132 m.s.n.m., con la finalidad de aportar alternativas tecnológicas ecológicas y sostenibles en la producción orgánica de tomates en el ámbito de influencia, que corresponde al Callejón de Huaylas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Thakur y Singh (2012; citado en INTAGRI, 2017) resume las siguientes efectos de la aplicación de elicitors en tomate *Lycopersicon esculentum* Mill:

Elicitor	Efecto (referencia)
Ácido salicílico	Disminuye la susceptibilidad a patógenos y estrés abiótico. Induce síntesis de proteínas de estrés, que incrementan resistencia al frío. (Shirasu et al., 1997; García et al., 2002)
Ácido Oligo galacturónico	Reducen apertura estomática; acelera el cierre de estomas. (Lee et al., 1999)
Quitosano	El quitosano inhibe apertura estomática inducida por luz y produce mayor resistencia a <i>Fusarium oxysporum</i> y <i>Phytophthora capsici</i> . (Ortega et al., 2003; Ortega et al., 2007)

Piñeros-Castro, Otálvaro-Álvarez, y Velásquez-Lozano (2009), en *Physalis peruviana* L. afirman que, se logró aumentar la producción de 4b-hidroxiwithanolido E mediante la aplicación de elicitors tales como ácido salicílico y sulfato de cobre, en raíces de uchuva transformadas con *Agrobacterium rhizogenes*. La mayor concentración del metabolito obtenida corresponde a 1,538 veces la encontrada en las raíces sin tratamiento con elicitors.

2.2. CULTIVO DE TOMATE

2.2.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL TOMATE

Villalba (2007), caracteriza al tomate *Lycopersicum esculentum* Mill como una planta herbácea, de la familia de las solanáceas. Todas las variedades del tomate *Lycopersicum esculentum* Mill proceden de las zonas de América Central, donde se crecen de una manera espontánea, con bayas pequeñas y esféricas, no produciendo en estado silvestre frutos grandes o asurcados.

Varios investigadores opinan que el centro de origen del tomate *Lycopersicum esculentum* Mill es la región comprendida por Perú y Ecuador. Para Jenkins (1949; citado por Cásseres, 1980) cree que el centro de origen no es necesariamente idéntico con el punto de diversificación de las formas cultivadas y opina que el área entre Puebla y Veracruz en México, es un centro de diversificación varietal que ha dado origen a formas cultivadas. Entonces, la hipótesis del autor es que el tomate *Lycopersicum esculentum* Mill no es autóctono de México, sino que fue introducida a ese país en tiempos remotos.

Luro (1982), coincide con la hipótesis que el tomate *Lycopersicum esculentum* Mill tiene su origen americano: El tomate *Lycopersicum esculentum* Mill cultivado, pertenece a la familia de las Solanáceas. Es de origen americano (Perú, Bolivia, Ecuador), siendo cultivado en diversas regiones de la tierra. Esta especie nunca fue encontrada en estado silvestre. La planta de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill es perenne, si bien bajo las condiciones de cultivo a que se la somete, se comporta como planta anual, pero existen variedades que bajo condiciones climáticas determinadas se comportan como polianuales.

Además, Falcones (2010) sustenta que en la región andina del Perú se encuentra a lo largo y ancho, numerosos parientes silvestres y cultivados del tomate *Lycopersicum esculentum* Mill. También en Ecuador y Bolivia, así como en las islas Galápagos. Esos parientes comestibles del tomate *Lycopersicum esculentum* Mill ocupan diversas condiciones ambientales basadas en la latitud, altitud y representan un amplio grupo de genes para el mejoramiento de la especie.

2.2.2. TAXONOMÍA DEL TOMATE

Vallejo y Estrada (2004), presentan la siguiente clasificación taxonómica para el tomate *Lycopersicum esculentum* Mill: El tomate es una planta dicotiledónea, perteneciente a la familia Solanácea y al género *Lycopersicum*. *L. esculentum* es la especie cultivada y posee nueve especies silvestres relacionadas. El nombre genérico y específico del tomate fu dado por Miller en 1788.

2.2.3. MORFOLOGÍA DEL TOMATE

El tomate, en cultivo comercial dura generalmente un año, pero en condiciones naturales puede vivir por dos o más. Los órganos del tomate se describen de la siguiente manera:

El **tallo** del tomate *Lycopersicum esculentum* Mill es herbáceo, aunque tiende a lignificarse en las plantas viejas. En corte transversal aparece más o menos circular, con ángulos o esquinas; en las ramas jóvenes es triangular (León, 2008).

La **epidermis del tallo** se forma de una capa de células que a menudo tienen pelos largos. Debajo hay una zona colénquima, de 2 a 5 células de espesor, que es más gruesa en las esquinas y constituye el mayor sostén del tallo. Sigue luego la región cortical con 5 a 10 capas de parénquima, de células grandes, con muchos espacios intercelulares. Finalmente, el cilindro vascular se compone de afuera hacia adentro, de floema, en bandas aisladas o unidas por conexiones delgadas, y xilema que forma un tejido continuo. La médula, que ocupa gran parte del tallo, tiene hacia la parte externa, cordones aislados de fibras del periciclo interior (León, 2008).

La forma de las **hojas** de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill es muy variable y depende en gran parte de condiciones ambientales. La lámina está dividida en 2 a 12 pares de segmentos o folíolos, de diferente tamaño. Con frecuencia entre 2 pares de folíolos grandes hay de 1 a 3 pares más pequeños. En todos ellos los bordes son muy cortados. En las hojas, como en los tallos jóvenes hay abundante pubescencia. Las hojas del tomate *Lycopersicum esculentum* Mill son suaves y carnosas. Debajo de la epidermis superior hay solo una capa de células en empalizada y luego numerosos estratos de parénquima lacunoso, con abundantes espacios aéreos (León, 2008).

La **inflorescencia** en el tomate *Lycopersicum esculentum* Mill es una cima racimosa. Las flores tienen un pedúnculo corto y curvo hacia abajo, por lo que asumen una posición pendiente. El cáliz verde y persistente, se forma de un disco corto, terminado en 5 a 10 sépalos agudos, verdes, muy pubescentes en el lado externo. La corola amarillo verdosa, tiene 5 o más pétalos, 6 por lo común en los cultivares comerciales, que forman un tubo corto en la base y se abren en un solo plano, con el ápice doblado hacia afuera cuando la flor está completamente abierta. Los estambres, 5 a 10 en cada flor, forman una columna irregular, con las anteras verticales y unidas, de unos 5 mm de largo. El pistilo está constituido por un ovario de varias celdas y un estilo largo, que sobresale apenas de las anteras y termina en un estigma achatado (León, 2008).

El **fruto** es una baya de forma muy variada. En las principales cultivares comerciales es oblada (aplanada) con rebordes longitudinales o lisa. Hay también elipsoidales y piriformes. En los tomates malezas predominan los frutos esféricos. El número de celdas en los frutos de los tomates silvestres es de 2. En los cultivares comerciales seleccionados por el mayor número de tabiques y su grosor, es corriente encontrar de 5 a 10 celdas (León, 2008).

El **sistema radical** consiste en una raíz principal de la que salen raíces laterales y muchas fibrosas, formando un conjunto que pueden tener un radio hasta de 1,5m. En el cultivo, sin embargo, las labores de trasplante destruyen la raíz principal y lo más común es que presente una masa irregular de raíces fibrosas. Es muy frecuente la formación de raíces adventicias en los nudos inferiores de las ramas principales (León, 2008).

2.2.4. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS

Haifa (2018), alega que la planta de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill es relativamente resistente a la sequía, Sin embargo, un manejo apropiado es esencial para asegurar altos rendimiento y calidad de cosechas. Los requerimientos de agua de tomates en campo abierto en etapa de producción varían de 4000 a 6000 m³ /Ha. El 70% a más del sistema de raíces están por arriba de los 20 cm del suelo. Por lo tanto, es recomendable el sistema de riego por goteo.

Tjalling (2006), menciona que el suelo ideal para el cultivo de tomates tiene una buena capacidad de drenaje y una buena estructura física. Se aplican materia orgánica y estiércol

para aumentar la capacidad de retención de agua del suelo y para mejorar la estructura y actividad microbiológica del suelo. Se debe prestar atención al hecho que el estiércol puede contener cantidades sustanciales de nutrientes y así puede aumentar el riesgo de tener un exceso de nutrientes en la zona radicular.

Referente al clima para tomates, Tjalling (2006) afirma que el tomate *Lycopersicum esculentum* Mill es un cultivo de estación cálida; a temperatura ideal varía entre 18 y 27⁰ C, temperaturas inferiores a los 10⁰C afecta negativamente la formación de flor, mientras que una helada nocturna produce daños serios e irreparables en el cultivo. Temperaturas superiores a los 35⁰ producen aborto floral

Tjalling (2006), señala que el tomate *Lycopersicum esculentum* Mill es sensible a las condiciones de baja luminosidad, ya que el cultivo requiere mínimo de 6 horas diarias de luz directa del sol para florecer. Sin Embargo, ya que el largo del día no es un factor crítico en la producción de tomates, los invernaderos se encuentran en un amplio rango de latitudes del mundo.

2.2.5. PATRONES DE CRECIMIENTO EN TOMATE

Haifa (2018), comenta que las variedades de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill pueden clasificarse en tres grupos por su patrón de crecimiento, las cuales se identifican por el arreglo y frecuencia de hojas e inflorescencias en los tallos.

- **Crecimiento indeterminado** – tallo principal y lateral continúan su crecimiento en un patrón continuo. El número de hojas entre inflorescencias es más o menos constante, inicia de un determinado conjunto de flores. Variedades de crecimiento indeterminado son usualmente cultivadas en invernaderos o casa sombra con tutoreo.
- **Crecimiento determinado** – el tallo principal y lateral detienen su crecimiento después de un determinado número de inflorescencias que varían según la variedad específica. Los tomates *Lycopersicum esculentum* Mill para procesamiento generalmente se obtienen de este tipo de variedades determinadas.

- **Crecimiento semi-determinado** – las ramas dejan de crecer después de un determinado número de inflorescencias, pero usualmente esto ocurre en una etapa muy avanzada del ciclo del cultivo.

2.3. FITOALEXINAS

García y Pérez (2003), definen a las fitoalexinas como compuestos antimicrobiales de bajo peso molecular producidos por las plantas en respuesta a infección, agentes químicos, daño mecánico o estrés. Aunque se podría cuestionar el concepto antimicrobial, ya que las investigaciones reportan su síntesis como producto del ataque de hongos, en menor frecuencia al de bacterias.

Por su parte Intagri (2017), sostiene que las fitoalexinas son producidas después de una infección por la interacción planta –hospedero y patógeno-huésped para frenar la infección; tienen como características que no se detectan antes de la infección, se sintetizan aproximadamente de 1 a 8 horas después del ataque, solo se producen alrededor del punto de infección y son tóxicas a un amplio espectro de hongos y bacterias. Las sustancias sintéticas que estimulan la síntesis de fitoalexinas se denominan elicitores.

2.4. ELICITORES

Piñeros, Otálvaro, y Velásquez (2009), indican que la aplicación de elicitores como estrategia biotecnológica es de importancia en el estudio de los procesos relacionados con el cultivo de material vegetal, puesto que permite alcanzar mayor productividad de algunos metabolitos secundarios, generar conocimiento sobre las respuestas fisiológicas de las plantas y desarrollar estrategias para la purificación y extracción simultánea de metabolitos de origen vegetal, producidos in vitro mediante el cultivo de tejidos vegetales.

Ward (1986; citado en Heredia et al., 2013), ha identificado muchos tipos de inductores de diversa naturaleza química tales como sales inorgánicas, carbohidratos, complejos, oligoglucanos, lípidos, ácidos grasos, oligómeros del tipo quitosanos, polipeptido y etileno.

2.5. MECANISMOS DE ACCIÓN DE ELICITORES

Agrios (1996; citado en Heredia et al, 2013), argumenta que las células y tejidos vegetales responden a los daños ocasionados ya sea por los patógenos o por agentes mecánicos o químicos mediante una serie de reacciones bioquímicas que tienden a aislar al agente causal y a sanar la zona afectada. Con frecuencia, esa reacción está relacionada con la producción de sustancias fungitóxicas en torno a la zona dañada. Algunos de los agentes químicos producidos de esa forma se hallan en concentraciones bastante alta como para inhibir el desarrollo de la mayoría de los hongos y bacterias que, por lo tanto, son incapaces de infectar a las plantas.

2.6. AMINOÁCIDOS

Red Agrícola (2018), menciona que los aminoácidos de uso agrícola son obtenidos mediante procesos industriales, generalmente hidrólisis ácida (o alcalina) o hidrólisis enzimática, desde materias primas provenientes de desechos de la industria cárnica o pesquera. Al ser aplicados vía foliar o riego los aminoácidos son rápidamente asimilados y transportados al interior de la planta. Dada su estructura compleja, la planta ahorra energía al no tener que sintetizarlos, de ahí su importancia como compuestos antiestrés, ya que los costos energéticos de la planta para adaptarse al estrés son muy altos.

Red Agrícola (2018), también indica que los aminoácidos libres serían promotores del crecimiento y están indicados como vigorizantes en los periodos críticos de los cultivos, como en árboles recién transplantados o en floración y cuaja de frutos. También resulta provechosa su aplicación en la recuperación de daños producidos por estrés hídrico, heladas, granizos y plagas

2.7. QUITOSANO

Hernández, et al. (2005), Caracteriza al quitosano, chitosan o quitosana es un polímero lineal formado por monómeros de D-Glucosamina, (...) es un producto natural derivado de la quitina, que es un polisacárido presente en el exoesqueleto de artrópodos y zooplancton marinos, formando parte de la pared celular de algunas familias de hongos y levaduras (1), también está presente en las alas de especies de insectos, siendo importante señalar que estos polisacáridos son dos de los más abundantes en la naturaleza. Este compuesto natural,

biodegradable y no tóxico tiene un amplio potencial industrial en la cosmetología, alimentos, biotecnología y agricultura, entre otros.

Según Hernández (2001), el quitosano ejerce una función dual, por activar numerosos mecanismos defensivos en el tejido del hospedero y por interferir directamente en el crecimiento del hongo. Este biopolímero ha demostrado ser antifúngico ante un amplio espectro de patógenos, provocando la inhibición total o parcial de estos.

Hadwiger (1994; citado en Hernández, 2001), ha expuesto cómo la quitosana se acumula en las células de hongos y evita el crecimiento de estos y que la mayor actividad antifúngica con su habilidad para inducir cambios morfológicos en la pared celular del hongo, donde se observaron considerables cambios morfológicos como las marcadas reducciones de tamaño que experimentaron las hifas además de que estas adquirieron una forma ramificada; y al ser este polímero bastante flexible se puede producir un reblandecimiento de la pared celular, lo que puede reflejarse en un incremento de la frecuencia de ramificación y así una alteración en la morfología.

Hernández (2001), comenta que el quitosano y sus oligómeros no solo actúan específicamente contra hongos sino también afectan a las plantas como dijimos anteriormente, estimulando la expresión de diversos mecanismos defensivos. La quitosana se une a los sitios de receptores fúngicos simulando un ataque de esporas fúngicas, por lo que la planta se activa como si estuviera ante el ataque de un hongo, enviando la información al núcleo de la célula por un proceso de transducción de la señal, provocando esto la elicitación de numerosas respuestas y procesos biológicos que contribuirán a inhibir las infecciones fúngicas.

Hernández, et al. (2005), observaron que el quitosano induce la formación de barreras estructurales de defensa que limitan el avance del patógeno. El uso del quitosano para el control de las enfermedades postcosecha promete ser una nueva alternativa de conservación de los productos hortícolas durante el almacenamiento sin riesgos ecológicos; sin embargo, es necesario continuar profundizando en los diferentes aspectos básicos que contribuyen a explicar el efecto de la aplicación de este biopolímero en las frutas y hortalizas.

Bhaskara & Arul (1999), probaron la eficacia de quitosano, (...) en la zanahoria, el tomate *Lycopersicum esculentum* Mill, la patata, el pimiento verde y las fresas contra la pudrición poscosecha de hongos y bacterias. El quitosano no solo fue antimicrobiano, sino que también indujo resistencia contra las infecciones poscosecha de *Alternaria*, *Botrytis* y *Erwinia*. En tomate *Lycopersicum esculentum* Mill, pimiento verde, zanahoria y papa. Antes de la cosecha, los aerosoles de quitosano indujeron resistencia contra la infección poscosecha de *Botrytis cinerea* en fresas y mejoraron la calidad del almacenamiento. La ultraestructura y las investigaciones citoquímicas mostraron que el quitosano no solo indujo varias alteraciones morfológicas en *B. cinerea* y *Alternaria alternata* inhibiendo la producción de factores patógenos por los hongos, sino que también estimuló diversas reacciones de defensa del huésped, como formación de papilas e inducción de enzimas de defensa, fitoalexinas, y fenoles.

2.8. FOSFITO DE POTASIO

Bundesverband Naturkost Naturwaren (2017), sostiene que el fosfonato de potasio es un fosfonato inorgánico, por lo que antes se denominaba fosfito de potasio (hoy en desuso). El fosfonato de potasio, o bien, la sustancia activa real, el ácido fosfónico, es un insumo con efecto sistémico contra enfermedades producidas por hongos, que ayuda especialmente a combatir el mildiu (*Peronospora*). El fosfonato de potasio tiene carácter de producto natural. Los fosfonatos orgánicos a los que no pertenece el fosfonato de potasio, están presentes en todos los seres vivos

Daniel et al. (2005; citado en Velendia, Viteri, Rubio, y Octavio, 2012), menciona que la eficiencia del fosfito de potasio en el control de fitopatógenos de la clase Oomycetes es atribuida a un efecto directo e indirecto. Directamente, la incorporación de fosfito en el medio de cultivo tuvo un efecto fungicida al restringir el crecimiento e inhibir la esporulación y la aplicación de fosfitos a la base de las plantas en lupino las protegió del ataque. Indirectamente, el fosfito de potasio ha sido considerado como un inductor de la Resistencia Sistémica Adquirida (SAR), la cual consiste en un mecanismo natural desarrollado por las plantas para defenderse del ataque de microorganismos fitopatógenos y de insectos plaga

Kofoet, et al. (2007, citado en Velendia, Viteri, Rubio, y Octavio, 2012), explica que en la planta el fosfito de potasio es disociado en las formas de ácidofosforoso (H_3PO_3) y K ; el

ácido fosforoso al ser reconocido por la planta como un metabolito del patógeno, activa los mecanismos de defensa estimulando la producción de fitoalexinas, las cuales son reconocidas por sus propiedades biocidas contra diferentes grupos de agentes causales de enfermedades de la clase Oomycetes, Hyphomycetes (*Botrytis cinerea*) y Agonomycetes (*Rhizoctonia solani*).

Estrada, et al. (2011), menciona que la adición de fosfito en plantas de fresa tiene respuestas diferenciales en función de la etapa fenológica. La etapa de fructificación fue más sensible a la presencia de fosfito que la etapa de floración. En fructificación la adición de 30% del P total como fosfito estimuló el metabolismo de la planta, incrementándose las concentraciones de clorofilas a, b y totales, de aminoácidos y de proteínas (Estrada, Trejo, Gómez, Nuñez, & Sandoval, 2011).

Huayhua (2016), comenta que en arandano (*Vaccinium corymbosum* L.) el Fosfonato de potasio seguido por Fosfonato potásico + Cu, productos que potencian el sistema natural de defensa de las plantas, ofreciendo una resistencia a las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos como *Phytophthora cinnamomi*.

Velendia, Viteri, Rubio, y Octavio, (2012), sostienen que con el fosfito de potasio se reduce la aplicación de fungicidas y ello es una alternativa viable para el manejo ecológico de *Peronospora destructor* en la producción de cebolla de bulbo

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

Espacialmente, la investigación se desarrolló en el barrio de Bellapampa del distrito de Huaraz. Las instalaciones presentan la siguiente ubicación política y geográfica:

Región : Ancash

Provincia : Huaraz

Distrito : Huaraz

Localidad : Bellapampa

Latitud : 09⁰ 31' 55.5'' Sur

Longitud ; 77⁰ 31' 05.3'' Oeste

Altitud : 3132 m.s.n.m.

Temporalmente, la ejecución de la investigación tuvo una duración aproximada de cinco meses, teniendo como fecha de inicio el mes de febrero de 2020 hasta junio de 2020

3.2. MATERIALES

3.2.1. MATERIAL EXPERIMENTAL

El principal material experimental a empleado fue 120 plántulas de 1.5 meses de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill var Pokusa. Las semillas fueron obtenidas mediante importación a través de tiendas especializadas productoras de hortaliza, esta variedad es tipo cherry, que se caracteriza por producir frutos pequeños rojos y tallos flexibles, esta variedad es de origen polaco y produce en racimos muy largos y complejos, dentro de los cúmulos aparecen las suculentas frutas rojas que crecen de 2 a 3 centímetros de diámetro.

3.2.2. OTROS MATERIALES

- 02 picos
- 02 rastrillos
- 02 lampas.
- 02 lampillas de trasplante.

3.2.3. INSTALACIONES

- Invernadero tipo macro túnel.
- Sistema de riego tecnificado en goteros.

3.2.4. INSUMOS

- 0.5 Litros de aminoácido
- 0.5 Litros de Quitosano
- 0.5 Litros de Fosfito de Potasio
- 180 Kg de Guano de cuy

3.2.5. EQUIPOS

- 01 pHmetro
- 01 conductivímetro
- 01 balanza de precisión
- 01 computadora
- 01 cámara fotográfica digital

3.2.6. MATERIALES DE ESCRITORIO

- 02 libretas de apunte
- 04 lapiceros
- 01 millar de papel bond A4 de 80 gr.
- 01 calculadora

3.3. MÉTODOS

3.3.1. TIPO DE ESTUDIO

La investigación es del tipo experimental aplicada, existiendo intervención del investigador mediante la manipulación de las variables de estudio y los resultados del ensayo son útiles para difundir alternativas tecnológicas para la producción orgánica y convencional de tomates *Lycopersicum esculentum* Mill a la comunidad local y el ámbito de influencia que es el Callejón de Huaylas.

3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se empleó un Diseño de Bloque Completo al azar de cuatro tratamientos y tres bloques. Contando para el caso con un total de 12 unidades experimentales, que fueron las camas de producción (0.8 m x 3.0 m).

DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

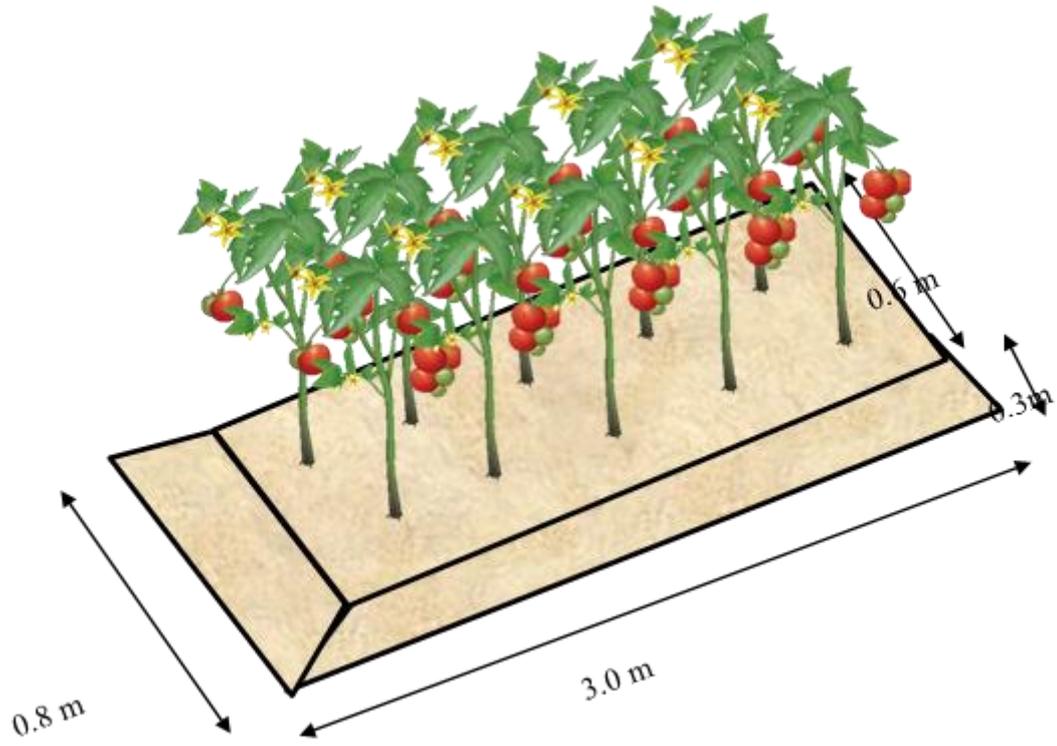
Los tratamientos en estudio se describen a continuación:

- **Tratamiento 1:** Control o testigo
- **Tratamiento 2:** Aminoácidos a inicio de floración y primer cuajado
- **Tratamiento 3:** Quitosano a inicio de floración y primer cuajado
- **Tratamiento 4:** Fosfito de potasio aplicado a inicio de floración y primer cuajado

DISEÑO DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

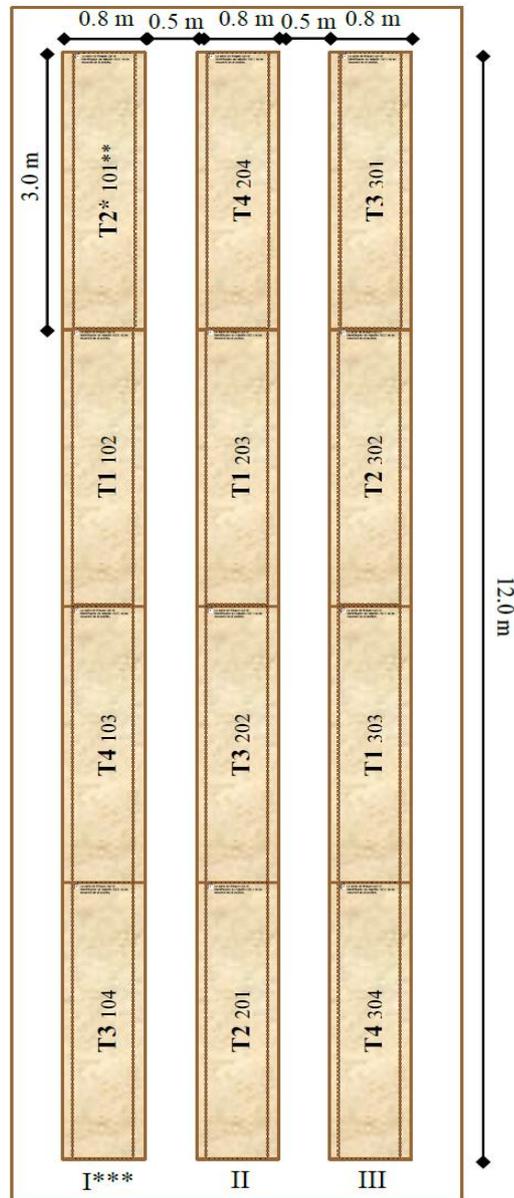
La unidad experimental es una fracción de la cama de producción, donde se cultivaron 10 plantas de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill. Las dimensiones se presentan a continuación:

Figura 1: Unidad experimental



DISEÑO DEL ÁREA EXPERIMENTAL (CROQUIS)

Figura 2: Distribución del área experimental



* Código de tratamiento asignado a la unidad experimental.

**Código de unidad experimental

*** Código del Bloque

3.3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de los datos cuantitativos se utilizó el análisis de varianza (ANVA) para el Diseño de Bloques Completos al Azar con un límite de confianza 95%. Para la comparación de medias entre tratamientos, se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, con un margen de error de 5%.

El modelo aditivo lineal, para la investigación es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \xi_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Unidad experimental que recibe el i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque.

μ : Efecto de la media general.

T_i : Efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j : Efecto del j -ésimo bloque.

ξ_{ij} : Efecto del error experimental.

Tabla 1: Análisis de varianza generalizado para un diseño de bloques completos al azar.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F _c
Bloque	r-1	$\frac{\sum_{j=1}^r Y_{.j}^2}{t} - \frac{Y_{..}^2}{rt}$	$\frac{SC_{Bloques}}{(r-1)}$	$\frac{CM_{Bloques}}{CM_{Error}}$
Tratamiento	t-1	$\frac{\sum_{i=1}^t Y_{i.}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{rt}$	$\frac{SC_{Tratamiento}}{(t-1)}$	$\frac{CM_{Tratamiento}}{CM_{Error}}$
Error	(t-1)(r-1)	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - \frac{\sum_{i=1}^t Y_{i.}^2}{r} - \frac{\sum_{j=1}^r Y_{.j}^2}{t} + \frac{Y_{..}^2}{rt}$	$\frac{SC_{Error}}{(t-1)(r-1)}$	
TOTAL	tr-1	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 + \frac{Y_{..}^2}{rt}$		

Fuente: (Vasquez, 2013)

3.4. HIPÓTESIS

Para el presente trabajo de investigación se planteó las siguientes hipótesis:

$H_0: \alpha_i = 0 (i = 1, \dots, a) \rightarrow$ Ninguno de los elicitores ejerce efectos significativos en la producción del tomate *Lycopersicum esculentum* Mill indeterminado variedad Pokusa bajo invernadero en Huaraz a 3132 m.s.n.m.

$H_a: \alpha_i \neq 0 \rightarrow$ Al menos uno de los elicitores ejerce efectos significativos en la producción del tomate *Lycopersicum esculentum* Mill indeterminado variedad Pokusa bajo invernadero en Huaraz a 3132 m.s.n.m.

La prueba estadística para la aceptación o rechazo de las hipótesis comprende la Prueba de F, que en detalle es:

Si $F_c < F_{0.05}$, se acepta la H_0

Si $F_c > F_{0.05}$, se rechaza la H_0 y acepta la H_a

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tipo	Variable	Dimensión	Indicador
Independiente	Tipo de elicitores	Aminoácidos	2 Litros/Ha
		Quitosano	2 Litros/Ha
		Fosfito de Potasio	2 Litros/Ha
Dependiente	Producción	Rendimiento	Ton/Ha
	Durabilidad	Vida anaquel	Días
	Categoría de fruto en fresco	Categoría Extra	Ton/Ha
		Categoría I	Ton/Ha
Categoría II		Ton/Ha	

3.6. UNIVERSO Y POBLACIÓN

El universo corresponde a toda la producción de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill en invernadero en los andes peruanos. La población por sus partes estuvo constituida por las 120 de plantas de del experimento que estarán distribuidas en las 12 unidades experimentales.

3.7. UNIDAD DE ANÁLISIS Y MUESTRA

La unidad de análisis para determinar el rendimiento estuvo representada por las 6 plantas centrales de cada unidad experimental que fue evaluada al final del proceso productivo; la muestra para determinar la vida en anaquel del fruto estuvo representada por 20 frutos de cada tratamiento. Para determinar la distribución por categorías se muestrearon aleatoriamente 100 frutos por tratamiento.

3.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS

Las técnicas a utilizar para la recopilación de datos fueron la observación directa, las mediciones físicas, la clasificación y categorización del fruto. Las evaluaciones se realizaron para determinar el rendimiento, vida en anaquel y calidad del fruto.

3.9. EVALUACIONES

3.9.1. DURACIÓN EN ANAQUEL

Se muestreo aleatoriamente 20 frutos por unidad experimental, las cuales después de la cosecha fueron llevados a un ambiente sombreado y fresco. Se evaluó los días transcurridos desde la cosecha hasta que los frutos presentaron una pérdida de turgencia, podredumbre u otra alteración de la forma y consistencia natural del fruto.

3.9.2. CALIDAD DE FRUTO

Para la evaluación de la calidad de fruto, se realizó la clasificación de acuerdo al CODEX STAN 293-2007, donde se considera las siguientes categorías y parámetros para cada uno:

C.1. CATEGORÍA “EXTRA”

- Los tomates *Lycopersicum esculentum* Mill de esta categoría son de calidad superior. Deberán tener la pulpa firme, y su forma, aspecto y desarrollo deberán ser característicos de la variedad.
- Son uniformes en cuanto al tamaño. Su coloración, según el estado de madurez, fue tal que les permita satisfacer los requisitos establecidos mínimos de calidad.
- Estuvieron exentos de dorso verde u otros defectos, salvo defectos superficiales muy leves siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase.

C.2. CATEGORÍA I

- Los tomates *Lycopersicum esculentum* Mill de esta categoría fueron de buena calidad. Debiendo tener la pulpa suficientemente firme, y su forma, aspecto y desarrollo deberán ser característicos de la variedad.
- Estuvieron uniformes en cuanto al tamaño y estar exentos de grietas y de dorso verde visible.
- Se permite, sin embargo, los siguientes defectos leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase:
 - Un ligero defecto de forma y desarrollo;
 - Un ligero defecto de coloración;
 - Defectos leves de la piel;
 - Magulladuras muy leves.
- Además, los tomates *Lycopersicum esculentum* Mill “asurcados” pudieron presentar:
 - Grietas cicatrizadas superficiales que no excedan de 1 cm de longitud;

- Protuberancias no excesivas;
- Un pequeño ombligo que no presente suberización;
- Suberización del estigma no superior a 1 cm²;
- Una cicatriz lineal cuya longitud no exceda de los dos tercios del diámetro máximo del fruto.

C.3. CATEGORÍA II

- Esta categoría comprende los tomates *Lycopersicum esculentum* Mill. que no pueden clasificarse en las categorías superiores, pero satisfacen los requisitos mínimos de calidad.
- Los tomates *Lycopersicum esculentum* Mill. fueron lo suficientemente firmes (pero pudieron ser ligeramente menos firmes que los clasificados en la Categoría I) y no deberán presentar grietas sin cicatrizar.
- Se permite, sin embargo, los siguientes defectos, siempre y cuando los tomates *Lycopersicum esculentum* Mill. conserven sus características esenciales en lo que respecta a su calidad, estado de conservación y presentación:
 - Defectos de forma, desarrollo y coloración;
 - Defectos de la piel o magulladuras, a condición de que no afecten seriamente al fruto;
 - Grietas cicatrizadas superficiales que no excedan de 3 cm de longitud para los tomates *Lycopersicum esculentum* Mill. redondos, “asurcados” u oblongos.
- Además, los tomates *Lycopersicum esculentum* Mill. “asurcados” pueden presentar:
 - Protuberancias más acusadas que las admitidas en la Categoría I, pero sin llegar a la deformidad;
 - Un ombligo;
 - Suberización del estigma no superior a 2 cm²;

- Una cicatriz pistilar fina de forma alargada (similar a una costura).

3.9.3. RENDIMIENTO (Ton/Ha)

El rendimiento se determinó en la cosecha, registrando el peso de los frutos de las plantas centrales de cada unidad experimental. Se expresó el rendimiento obtenido por unidad de área (Ton/Ha).

3.10. PROCEDIMIENTO

Para la ejecución del proyecto de investigación se dispuso de un invernadero para la producción de tomates *Lycopersicum esculentum* Mill; por lo tanto, para la siembra y producción se tuvo en cuenta las siguientes actividades:

3.10.1. ACTIVIDADES PREPARATORIAS

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO: La muestra de suelo se tomó 15 días antes de la preparación del mismo, recolectando 5 sub-muestras del lote a una profundidad de 40 cm utilizando el método de zigzag, luego se realizó la mezcla en un balde de plástico; donde se tomó 1 Kg de suelo y se colocó en una funda plástica para ser enviada al laboratorio.

3.10.2. PREPARACIÓN DEL TERRENO

VOLTEADO DEL TERRENO: Esta actividad se realizó manualmente, profundizando 30 a 40 cm aproximadamente con el propósito de roturar el suelo, airearlo y exponerlo a la acción del sol, a fin de eliminar larvas y huevos de insectos plagas.

PREPARACIÓN DE LAS CAMAS: Luego de realizar la nivelación de terreno se procedió a realizar las camas altas. Las camas serán en forma de trapecio, la medida de la base fue de 80 cm, mientras que de base superior de 60 cm y la altura de la cama de 30 cm. Esta labor se realizó de forma manual. El distanciamiento entre la base de las camas fue de 50 cm.

ABONAMIENTO DE FONDO: por unidad experimental se aplicó 8 Kg de guano de cuy. El cual fue incorporado a la cama.

DESINFECCIÓN DE LAS CAMAS: Se usó la técnica de la solarización. Para ello se empleó plásticos transparentes, luego las camas fueron inoculadas con hongos antagonistas del género *Trichoderma*.

3.10.3. INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO

Se colocaron dos mangueras de PE de 16 mm por cama, en la parte media de cada una de ellas. Adicionalmente se implementó goteros regulables cada 60 centímetros. La manguera se colocó previo a la plantación.

3.10.4. SIEMBRA DEL TOMATE

La siembra se realizó con una anticipación de un mes a la instalación en campo. Se empleó un sustrato de 3:10 de humus y arena. Se usaron 120 vasos descartables y el riego fue diario. Las plántulas estuvieron listas para trasplante cuando presentaron dos hojas verdaderas.

3.10.5. INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO

UBICACIÓN DE LA UNIDADES EXPERIMENTALES: Se realizó una semana antes del trasplante, para ello se colocaron los tableros de identificación de los tratamientos según el croquis elaborado.

ACONDICIONAMIENTO Y DESINFECCIÓN DE PLANTAS: Consistió en la desinfección de las plantas, para ello las plantas fueron aplicadas un día previo al trasplante con la mezcla de benomyl + homai a una proporción de 2 por mil.

TRASPLANTE: Una vez extraídas de los vasos de germinación y desinfectadas, las plantas fueron trasplantadas de forma manual en las camas, a una distancia entre ellas de 50 centímetros por 30 centímetros en el sistema tres bolillos. Es importante considerar que, para el trasplante, el suelo estuvo a capacidad de campo.

3.10.6. MANEJO DEL CULTIVO

RIEGO: el riego se realizó tres veces a la semana en las primeras horas del día por un periodo de 30 minutos.

DESHIERBO: Las malezas fueron eliminados manualmente, con deshierbes en las calles de las camas y en la zona de trasplante de la planta.

COSECHA: La recolección del fruto se realizó manualmente, en canastas. Los frutos seleccionados presentaron hasta 90 % de superficie en color rosa o rojo.

CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES. Para el control de plagas y enfermedades se realizaron monitoreos permanentes en las plantas, y a partir de ahí se tomó la decisión de aplicar o no algún producto de control. De acuerdo a ello no resulto necesario realizar aplicaciones sanitarias.

3.10.7. APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Considerando las dosis (litros/Ha), se realizó la aplicación de los productos en las unidades experimentales correspondientes. Las cantidades se detallan a continuación.

Tabla 2: Productos comerciales y dosificación usados.

Elicitor	Marca comercial	Dosis (Litros/Ha)	Cantidad para experimento
Aminoácidos	SUPER MACOLLO	2	2.64 ml que se preparó en 5 litros de agua. Y serán aplicados en las etapas figuradas.
Qitosano	QT REPARADOR	2	
Fosfito de Potasio	KILNG FOSFITO	2	

3.10.8. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos se tomaron las medidas de las muestras respectivas indicadas anteriormente para cada parámetro en cada unidad experimental.

3.10.9. PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con los resultados obtenidos de las evaluaciones se realizó la comparación de los tratamientos de acuerdo al diseño estadístico adoptado (Diseño de Bloques Completos al Azar), aplicando la prueba de comparación de medias de Duncan a un 5% de límite de confiabilidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. DURACIÓN EN ANAQUEL

Tabla 3: Análisis de varianza ($\alpha=5\%$) para duración en anaquel (días).

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	
Bloques	2	0.013	0.007	0.510	Ns
Tratamiento	3	1.818	0.606	47.263	*
Error Experimental	6	0.077	0.013		
Total	11	1.908			
CV= 0.96%				Media= 11.84	

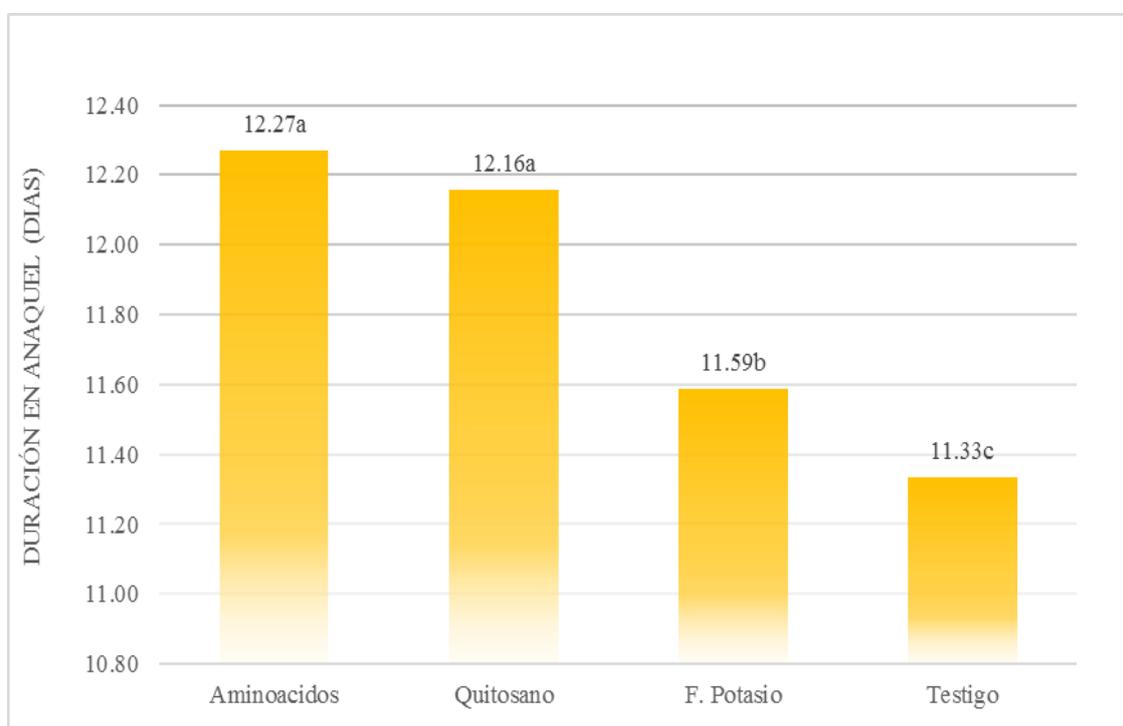
En la Tabla 3 se muestra el análisis de varianza para la duración en anaquel de los frutos de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill. Se pone en evidencia la existencia de diferencias estadísticas significativas de los elicitores en la duración en anaquel de los frutos de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill variedad Pokusa. El coeficiente de variabilidad es de 0.96%, esto indica la existencia de confiabilidad en los datos tomados.

La prueba de rango múltiple de Duncan presentado en la Tabla 4, confirma la existencia de diferencias estadísticas significativas al 95% de confianza entre los elicitores. Siendo así, el aminoácido y quitosano generan mayor duración en anaquel de los frutos, con 12.27 y 12.16 días, respectivamente, además estos tratamientos no difieren entre sí, difiriendo solo del fosfito de potasio y el testigo.

Tabla 4: Prueba de rango múltiple de Duncan ($\alpha=5\%$) para duración en anaquel de frutos de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill.

Orden	Tratamiento	Media	Nº Datos	Agrupamiento	
1º	Aminoacidos	12.27	3	a	12.06
2º	Quitosano	12.16	3	a	11.95
3º	F. Potasio	11.59	3	b	11.39
4º	Testigo	11.33	3	c	

Figura 3: Medias y agrupamiento Duncan para duración en anaquel de frutos de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill.



4.1.2. CALIDAD DE FRUTO

Tabla 5: Análisis de varianza ($\alpha=5\%$) para rendimiento de frutos extra (Ton/Ha).

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	
Bloques	2	8.192	4.096	0.693	Ns
Tratamiento	3	1.998	0.666	0.113	Ns
Error Experimental	6	35.474	5.912		
Total	11	45.664			
CV= 15.32%				Media= 15.87	

En la Tabla 5 se muestra el análisis de varianza para el rendimiento de frutos de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill calidad extra. Se evidencia la no existencia de diferencias estadísticas significativas de las fuentes de variación bloques y tratamiento. El coeficiente de variabilidad es de 15.32%, esto indica la existencia de confiabilidad en los datos tomados.

Tabla 6: Análisis de varianza ($\alpha=5\%$) para rendimiento Categoría I (Ton/Ha).

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	
Bloques	2	6.604	3.302	0.257	Ns
Tratamiento	3	8.768	2.923	0.228	Ns
Error Experimental	6	77.000	12.833		
Total	11	92.371			
CV= 40.51%				Media= 8.84	

Similarmente, en la Tabla 6 el análisis de varianza para el rendimiento de frutos de Categoría I evidencia la no existencia de diferencias estadísticas significativas de las fuentes de variación bloques y tratamiento en la variable evaluada. En este caso el coeficiente de variabilidad es de 40.51 %, esto indica la existencia de confiabilidad en los datos tomados.

Por otro lado, en la Tabla 7, se presenta el análisis de varianza para para el rendimiento de los frutos de Categoría II, en el mismo se observa la no existencia de diferencias estadísticas significativas para las fuentes de variación bloques y tratamientos sobre la variable evaluada,

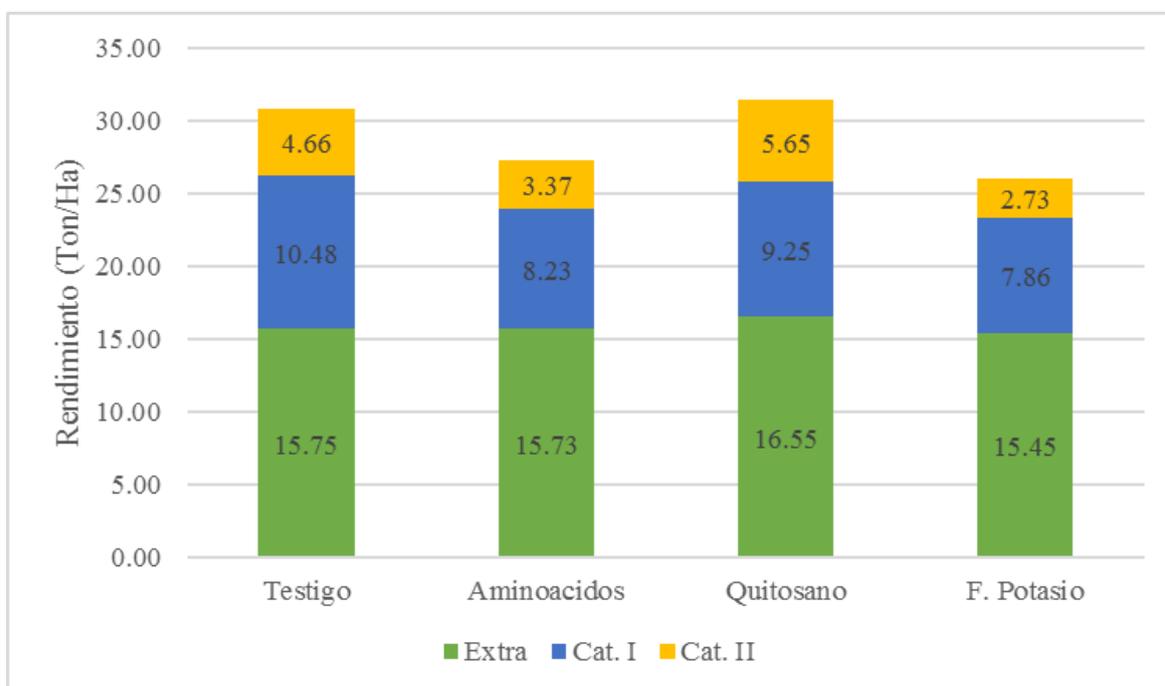
es decir la aplicación de elicitores no influye significativamente sobre el rendimiento de frutos Categoría II.

Tabla 7: Análisis de varianza ($\alpha=5\%$) para rendimiento Categoría II (Ton/Ha).

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	
Bloques	2	28.779	14.390	1.805	Ns
Tratamiento	3	15.324	5.108	0.641	Ns
Error Experimental	6	47.832	7.972		
Total	11	91.935			
CV= 68.81%				Media= 4.10	

En la Figura 4 se puede observar los promedios de los rendimientos por tratamientos y categorías. Es preciso recordar que de acuerdo al análisis de varianza no existe diferencias estadísticas significativas de los elicitores en la calidad de los frutos. Sin embargo, el quitosano genera un mayor rendimiento de frutos extra con 16.55 Ton/Ha y frutos de categoría II con 5.65 Ton/Ha, mientras que el testigo logra un mayor rendimiento de frutos de categoría II con 1.48 Ton/Ha.

Figura 4: Media de rendimientos según tratamientos y categorías de frutos



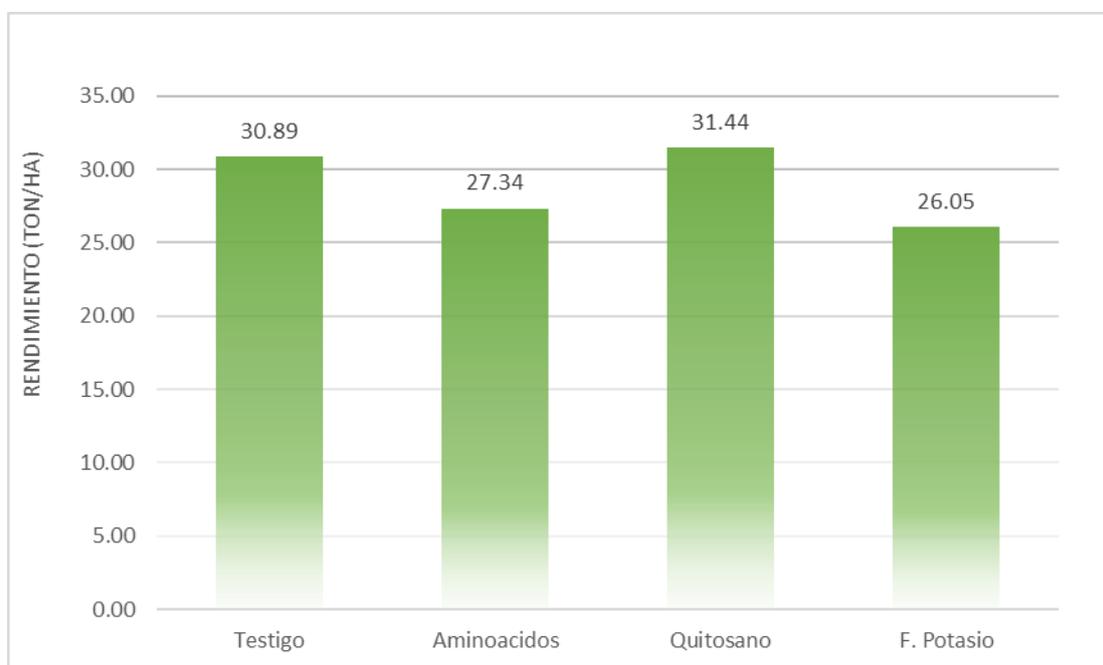
4.1.3. RENDIMIENTO

Tabla 8: Análisis de varianza ($\alpha=5\%$) para rendimiento total (Ton/Ha).

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	
Bloques	2	45.637	22.818	0.38	Ns
Tratamiento	3	58.247	19.416	0.3	Ns
Error Experimental	6	363.287	60.548		
Total	11	467.170			
CV= 27.00%				Media= 28.82	

En la Tabla 8, se presenta el análisis de varianza para el rendimiento total, se puede apreciar la no existencia de diferencias estadísticas significativas para las fuentes de variación bloques y tratamientos sobre la variable evaluada, es decir la aplicación de elicitores no influye significativamente sobre el rendimiento del cultivo de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill variedad Pokusa, bajo condiciones de invernadero en la ciudad de Huaraz.

Figura 5: Promedio de rendimiento total (Ton/Ha) de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill.



En la Figura 5, se puede observar que el quitosano genera un mayor rendimiento de frutos con un valor de 31.44 Ton/Ha, seguido del testigo con un valor de 30.89 Ton/Ha, aminoácidos con 27.34 Ton/Ha y fosfito de potasio con 26.05 Ton/Ha.

4.1.4. RENTABILIDAD

Tabla 9: Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio.

TRATAMIENTO	Testigo		Aminoácidos		Quitosano		F. Potasio	
COSTOS FIJOS	S/.	92.70	S/.	67.70	S/.	67.70	S/.	67.70
COSTOS VARIABLES	S/.	77.38	S/.	79.88	S/.	81.13	S/.	80.19
IMPREVISTOS	S/.	17.01	S/.	14.76	S/.	14.88	S/.	14.79
COSTO TOTAL	S/.	187.08	S/.	162.33	S/.	163.70	S/.	162.67
TOTAL DE PRODUCCIÓN EXTRA (Kg)	18.43		18.41		19.36		18.08	
TOTAL DE PRODUCCIÓN PRIMERA (Kg)	11.74		9.63		10.82		9.20	
TOTAL DE PRODUCCIÓN SEGUNDA (Kg)	5.45		3.94		6.61		3.20	
COSTO UNITARIO	S/.	5.25	S/.	5.08	S/.	4.45	S/.	5.34
PRECIO VENTA EXTRA (Kg)	S/.	6.00	S/.	6.00	S/.	6.00	S/.	6.00
PRECIO VENTA PRIMERA (Kg)	S/.	4.00	S/.	4.00	S/.	4.00	S/.	4.00
PRECIO VENTA SEGUNDA (Kg)	S/.	2.00	S/.	2.00	S/.	2.00	S/.	2.00
INGRESOS	S/.	168.45	S/.	156.87	S/.	172.65	S/.	151.65
BENEFICIOS/COSTO	-10.0%		-3.4%		5.5%		-6.8%	

Como se observa en la tabla anterior, el quitosano es la única molécula que genera rentabilidad en el cultivo con un valor de 5.5%. Por otro lado, los tratamientos con aminoácidos y fosfito de potasio generan pérdidas en orden al -3.4% y -6.8%, estas pérdidas se deben a que los rendimientos son menores. Finalmente, el testigo no resulta rentable, debido a los altos costos fijos de producción incurridos.

4.2. DISCUSIÓN

Se denota que hay efectos significativos de los aminoácidos y el quitosano en la vida post cosecha de los tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. Efectos similares son referenciados por Bhaskara & Arul (1999), quien indica que el quitosano no solo fue antimicrobiano, sino que también indujo resistencia contra las infecciones poscosecha en tomate *Lycopersicon esculentum* Mill, pimiento verde, zanahoria y papa. Sin embargo, estos autores realizaron las aplicaciones antes de la cosecha, además destacan que los aerosoles de quitosano

indujeron resistencia contra la infección poscosecha de *Botrytis cinerea* en fresas y mejoraron la calidad del almacenamiento.

Similarmente Bautista, Hernández, Velázquez, Bosques, & Sanchez, (2005), observaron cambios en frutos de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill tratados con quitosano, se observó retraso en la pérdida de firmeza e incremento en el contenido de sólidos solubles totales (SST). Recomendando al quitosano al ser un producto biodegradable y no tóxico ayudaría a las necesidades de alcanzar una agricultura sustentable.

Los resultados logrados con los aminoácidos y quitosano, son superiores a los reportados por Galletta, Harte, Molinari, Capdevielle, & Daino (2005), quienes reportan que la vida útil poscosecha de los frutos recubiertos con una película de proteína de suero de leche se extendió solo por 10 días. Incluso los valores logrados en la presente investigación son superiores a los logrados por Carballo, Feippe, & Chiesa (2003), quienes indican que mediante la aplicación de methylcyclopropene se puede mantener durante 11 días más tomates más firmes

Por otro lado, los aminoácidos han logrado efectos similares en calabacita zucchini, dichos resultados son reportados por Méndez & Aureoles (2013), quienes encontraron que la aplicación foliar de aminoácidos en el cultivo de calabacita zucchini y distintos niveles de riego afectó la producción y postcosecha del cultivo. Los mejores resultados se encontraron en las plantas cultivadas con el 75% de riego y la aplicación foliar de 2 cc/L de aminoácidos ya que propició la formación de un mayor número de hojas en una etapa avanzada del cultivo, así mismo incrementó la cobertura de planta, el diámetro de frutos y la vida de anaquel. Por los anteriores la aplicación de aminoácidos puede ser una alternativa efectiva en la producción de calabacita zucchini cultivada bajo condiciones de estrés hídrico.

Evidentemente, existen efectos positivos de los aminoácidos en la vida post cosecha. Se puede asumir que este resultado se debe al efecto vigorizante de los aminoácidos, que resulta provechosa en la recuperación de daños producidos por estrés hídrico, heladas, granizos y

plagas como indica Red Agrícola (2018). A todas las bondades antes descritas para los aminoácidos, se añade los efectos en la duración post cosecha del tomate *Lycopersicum esculentum* Mill.

Efectos del fosfito de potasio en la inhibición de la aparición de enfermedades son reportados por Lutz, Sosa, Vera , & Carmona (2015), quienes describen que mediante la aplicación precosecha de fosfito de potasio se controla significativamente la incidencia de las podredumbres por *Penicillium spp.* y *B. cinerea* del cultivo de manzana Cripps Pink. Sin embargo, el control fue ineficaz para las podredumbres ocasionadas por *Alternaria spp.* Los mismos autores referencian que el mecanismo por el cual desarrollaría su acción sobre las enfermedades, podría deberse a la activación de los mecanismos de defensa de los frutos y a su acción anti fúngica. Esta última propiedad del fosfito de potasio, produciría una reducción de la micro biota fúngica de la superficie de la fruta, lo cual significaría una menor cantidad de potencial inóculo para el desarrollo de las enfermedades. Efectos similares son reportados por Ferrer (2005), quien menciona que el fosfito de K, se muestran como productos más efectivos para el control de algunas pudriciones de postcosecha. Por otro lado la aplicación en precosecha de fosfito de potasio resulta útil, resultados semejantes son reportados por Muñoz, Lolas, & Méndez (2015), quienes indican que el uso de una estrategia de aplicación que incluya fosfito de potasio, sería una buena herramienta para el control de la enfermedad “ojo de buey (*Neofabraea alba*)” en manzanas

Entonces, los efectos de los elicitores como lo indica Piñeros, Otálvaro, y Velásquez (2009), está más relacionada sobre las respuestas fisiológicas de las plantas. Particularmente en el experimento, se observa la poca incidencia de enfermedades, donde se observa que tanto los aminoácidos, quitosano y fosfito de potasio en general inhibió la aparición de enfermedades durante el cultivo, tal como referencia Ortega y otros (2007) quien destaca los efectos positivos de la aparición de las enfermedades en el cultivo de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill. Por otro lado, el fosfito de potasio también evidencio tener efectos sobre

la inhibición de la aparición de enfermedades, virtud expresada por Bundesverband Naturkost Naturwaren (2017).

En caso de los efectos de los elicitores en la calidad se evidencia que no existen efectos de los mismos en este parámetro. Resultados semejantes son reportados Arancibia (1998), quien concluye que los tratamientos a base de moléculas como vitaminas y aminoácidos no afectan los calibres de tomate, con respecto al testigo, excepto los frutos extra, donde se observó diferencias significativas.

Referente a los rendimientos logrados en la investigación, en todos los casos son inferiores a los reportados por Ortega, y otros (2010), quienes aducen haber logrado rendimiento de 40 a 250 Ton/Ha mediante el uso de sustratos orgánicos. Reportes de no lograr mejoras significativas en el rendimiento de cultivos mediante la aplicación de aminoácidos son referenciados por Méndez & Aureoles (2013), quienes afirman que la aplicación de aminoácidos no resulta efectiva para mejorar el número total de frutos y el rendimiento del cultivo,

V. CONCLUSIONES

- La aplicación de elicitors no genera efectos significativos en el cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill bajo invernadero. Sin embargo, se evidencia la no aparición de enfermedades en el cultivo.
- Se comparó el efecto significativo de la aplicación de los elicitors en la vida de anaquel del tomate *Lycopersicon esculentum* Mill bajo invernadero en Huaraz., donde los aminoácidos y quitosano generan mayor vida en anaquel. Puntualmente, la aplicación de los elicitors ejerce efectos significativos en la vida de anaquel del tomate *Lycopersicon esculentum* Mill destacando los aminoácidos y quitosano quienes generan una mayor vida en anaquel de los frutos con 12.27 y 12.16 días de duración.
- La aplicación de los elicitors no tiene efectos significativos en el rendimiento del cultivo tomate *Lycopersicon esculentum* Mill bajo invernadero. Sin embargo, el quitosano generó un mayor rendimiento con 31.443 Ton/Ha.
- Los elicitors no tienen efectos significativos en la calidad de los frutos del tomate *Lycopersicon esculentum* Mill bajo invernadero, tanto en la categoría extra, categoría I y Categoría II. Sin embargo, el quitosano produce mayor rendimiento de frutos categoría extra con un valor de 16.55 Ton/Ha, mientras que el testigo produce mayor cantidad de frutos categoría I con un rendimiento de 10.48 Ton/Ha.
- Referente a la producción de frutos de categoría II, se observa que el quitosano produce mayor cantidad de frutos de esta categoría con un valor de 5.65 Ton/Ha, mientras que el fosfito de potasio produce una menor cantidad con un rendimiento de 2.73 Ton/Ha.

VI. RECOMENDACIONES

- Desarrollar investigaciones del uso de elicitores en el control de enfermedades existentes en otros cultivos.
- Desarrollar investigaciones, de las dosis de uso de elicitores durante el proceso productivo y después de la cosecha.
- Para extender la vida post cosecha del tomate *Lycopersicum esculentum* Mill se recomienda la aplicación de aminoácidos y/o quitosano a una dosis de 2 litros/Ha.
- Sugiero realizar aplicación del quitosano en otras variedades de Tomate *Lycopersicum esculentum* Mill para producir mayor rendimiento de frutos categoría extra.
- Se recomienda en el cultivo del tomate *Lycopersicum esculentum* Mill, realizar el monitoreo de manera constante para la toma de decisión oportuna para el control de enfermedades fungosas o insectos plagas al cultivo.
- Regar el cultivo de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill con agua no potabilizada libre de cloro residual.
- Realizar el acolchado en el suelo alrededor de las plantas con materia orgánica descompuesta para retener la humedad y nutrir a la planta.
- Es recomendable el manejo del tutorado de las plantas del tomate *Lycopersicum esculentum* Mill para seleccionar mejor los tallos productivos de la planta.
- Es muy importante las labores culturales en el cultivo orgánico del tomate *Lycopersicum esculentum* Mill, durante todo el proceso productivo.
- Innovar cultivos orgánicos para mejorar el consumo de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill sano, de calidad y libre de pesticidas.
- Empezar tecnologías para la cosecha de agua de lluvia para regar el cultivo de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill, porque favorece a las plantas en su crecimiento vegetativo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Bautista, S., Hernández, A., Velázquez, M., Bosques, E., & Sanchez, D. (2005). Quitosano: Una alternativa natural para reducir microorganismos postcosecha y mantener la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 5(1), 1-6.
- Bhaskara, M., & Arul, J. (Junio de 1999). Induction of Defenses Against Pathogens of Fruit and Vegetables by Elicitors. *HortScience*(34), 544.
- Bundesverband Naturkost Naturwaren . (19 de Junio de 2017). *Ácido fosfónico, fosfonato de potasio (sal potásica del ácido fosfónico), fosetilaluminio*. Obtenido de http://www.n-bnn.de/sites/default/dateien/bilder/Downloads/FactSheet_acido_fosfonico_es_mayo2017.pdf
- Campos, A. (2006). Perspectivas mundiales económicas y de mercado del tomate industrial. *SERIE ACTAS INIA* , 95-107.
- Carballo, F., Rodríguez, J., Alcalá, J., Rodríguez, H., Preciado, P., & García, J. (2018). Comparación de dos sistemas de producción orgánica de tomate determinado (*solanum lycopersicon l*) en ambiente protegido. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 43(18), 62-65.
- Carballo, S., Feippe, A., & Chiesa, N. (2003). *Efecto de la aplicación post cosecha de 1-Methylcyclopropene (1-MCP) sobre la calidad y vida útil del tomate*. Obtenido de <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219230807130442.pdf>
- Cásseres, E. (1980). *Producción de Hortalizas*. San José : IICA.
- Conti, M. (04 de Agosto de 2004). *International Plant Nutrition*. Obtenido de Dinámica de liberación y fijación de potasio en el suelo: <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1090>

- Estrada, E., Trejo, L., Gómez, F., Nuñez, R., & Sandoval, M. (2011). Respuestas bioquímicas en fresa al suministro de fósforo en forma de fosfito. *Revista Cahpingo Serie Horticultura*, 17(3), 129-138.
- Falcones, L. (2010). <https://books.google.com.pe>. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=s4kzAQAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Ferrer, S. (2005). *Efecto del acondicionamiento de pre-almacenaje por inmersión con fosfito de potasio, tiabendazol, DPA y fludioxonil sobre la incidencia de pudriciones totales en manzanas Pink Lady*. Talca: Universidad de Talca. Fac. de Ciencias Agrarias.
- Galiotta, G., Harte, F., Molinari, D., Capdevielle, R., & Daino, W. (2005). AUMENTO DE LA VIDA ÚTIL POSCOSECHA DE TOMATE USANDO UNA PELÍCULA DE PROTEÍNA DE SUERO DE LECHE. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 6(2), 117-123.
- García, R., & Pérez, R. (2003). FITOALEXINAS: MECANISMO DE DEFENSA DE LAS PLANTAS. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 9(001), 5-10.
- Gargurevich, G. (Marzo de 2018). *Redagricola*. Obtenido de Reinventar el cultivo del tomate: <http://www.redagricola.com/pe/reinventar-el-cultivo-del-tomate/>
- Haifa. (8 de Mayo de 2018). *Crop Guide: Tomato*. Recuperado el 07 de Junio de 2018, de <http://www.haifa-group.com/?q=crop-guide/vegetables/tomato/crop-guide-tomato>
- Heredia, A., Zapata, L., Malleret, A., Quinteros, F., Cives, H., & Carlazara, G. (2013). Argentina, Efecto de asperciones con un elicitador en la calidad postcosecha de frutos de arándanos en. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 14(2), 181-185.
- Hernández, A., Bautista, S., Velázquez, M., Rodríguez, S., Corona, M., Solano, A., & Bosquez, E. (2005). Potencial del quitosano en el Control de las enfermedades postcosecha. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 23(2), 198-205.

- Hernández, I. (2001). La Quitosana: un producto bioactivo de diversas aplicaciones. *Cultivos Teropicales*, 25(3), 97-110.
- Huayhua, L. (2016). *Uso de fosfitos en la prevención Phytophthora cinnamomi EN ARÁNDANO (Vaccinium corymbosum) cv. Biloxi, EN*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Intagri. (2017). *Serie Fitosanidad Núm. 92. Artículos Técnicos de INTAGRI*. Recuperado el 21 de Mayo de 2018, de La Inducción de Defensa en las Plantas a través de Elicitores: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/la-induccion-de-defensa-en-las-plantas-a-traves-de-elicitores>
- IPIPOTASH. (2014). *International Potash Institute*. Obtenido de Potassium Improves your Crop Quality: <https://www.ipipotash.org/es/publications/detail.php?i=416>
- León, J. (2008). *Fundamentos botánicos de cultivos tropicales*. Bogotá: IICA.
- Luro, P. (1982). *Cultivo de tomate Perita, Análisis de costos y evaluación económica para una hectárea*. Buenos Aires: Simón Bolívar.
- Lutz, M., Sosa, M., Vera , Ñ., & Carmona, M. (2015). *EFFECTO DEL FOSFITO DE POTASIO EN EL CONTROL DE LAS ENFERMEDADES DE POSTCOSECHA EN MANZANAS, EN EL ALTO VALLE DE RÍO NEGRO*. Cinco Saltos, Argentina: CITAAC CONICET-UNCOMA.
- Méndez, A., & Aureoles, F. (2013). *EFFECTIVIDAD DE AMINOÁCIDOS EN LA PRODUCCION Y POSTCOSECHA DE CALABACITA ZUCCHINI BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS HÍDRICO*. Mexico D.F.: UAAAN, BUENAVISTA SALTILLO COAH. .
- Mengel, K., & Kirkby, E. (1987). Potassium. In "Principles of Plan Nutrition". *Chapter, 10*, 427-453.
- Muñoz, C., Lolas, M., & Méndez, R. (2015). *Efecto de distintos fungicidas y fosfito de potasio aplicados en precosecha sobre la prevalencia de la enfermedad ojo de buey*

- (*Neofabraea alba*) en manzana (*Malus domestica*) cv. *Pink Lady*. Talca: Universidad de Talca (Chile). Escuela de Agronomía.
- Navarro, I., & Periago, M. (2016). El tomate, alimento saludable y/o funcional. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 20(4), 323-335.
- Ortega, L., Sanchez, J., Ocampo, J., Sandoval, E., Salcido, B., & Manzo, F. (2010). EFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS EN CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, 6(3), 339-346.
- Piñeros, Y., Otálvaro, Á., & Velásquez, M. (2009). Efecto de la aplicación de elicitores sobre la producción de 4b-hidroxiwithanólido E, en raíces transformadas de *Physalis peruviana* L. *UNIVERSITAS SCIENTIARUM*, 14(1), 23-28.
- RedAgricola. (Marzo de 2018). *De la semántica a la agronomía*. Recuperado el 21 de Mayo de 2018, de Fitohormonas: reguladores de crecimiento y bioestimulantes: <http://www.redagricola.com/pe/fitohormonas-reguladores-de-crecimiento-y-bioestimulantes/>
- Reyes, A., Albarrán, J., Benavides, A., Lopez, R., Velaszo, R., & Rodríguez, E. (s.f.). Effect of amino acids on growth and yield of greenhouse tomatoes.
- Thakur, M., & Singh, S. (2013). Role of Elicitors in Inducing Resistance in Plants against Pathogen Infection: A Review. *ISRN Biochemistry*, 1-10.
- Tjalling, H. (2006). *Guía de Manejo Nutrición Vegetal de Especialidad TOMATE*. Haifa: SQM S.A.
- Vallejo, F., & Estrada, E. (2004). *Producción de hortalizas de clima cálido*. Cali: Imágenes Gráficas S.A.
- Vasquez, V. (2013). *Experimentación Agrícola - Soluciones con SAS*. Cajamarca: CONCYTEC.

Velendia, J., Viteri, S., Rubio, N., & Octavio, F. (2012). Efectos del Fosfito de Potasio en combinación con el fungicida Metalaxyl + Mancozeb en el control de Mildeo Velloso (*Peronospora destructor* Berk) en Cebolla de Bulbo (*Allium cepa* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 65(1), 6317-6325.

Villalba, E. (2007). *El cultivo del tomate en Tenerife y Gran Canaria*. San Clemente: Idea.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Matriz de datos de rendimiento.

Tabla 10: Tabla de registro de rendimientos según cosecha.

BLOQUES	TRATAMIENTOS	COSECHA 3				COSECHA 4			
		Extra	Cat. I	Cat. II	TOTAL	Extra	Cat. I	Cat. II	TOTAL
I	Testigo	943	639	82	1664	1284	634	219	2137
I	Aminoacidos	467	265	83	815	1086	835	329	2250
I	Quitosano	1074	440	157	1671	1036	489	177	1702
I	F. Potasio	691	429	47	1167	1071	306	100	1477
II	Testigo	631.25	520	207.5	1358.75	1022.5	812.5	336.25	2171.25
II	Aminoacidos	905	377	74	1356	778	208	160	1146
II	Quitosano	1015	626	288	1929	1026	1348	413	2787
II	F. Potasio	833.75	350	90	1273.75	1407.5	562.5	258.75	2228.75
III	Testigo	741	855	93	1689	989	864	326	2179
III	Aminoacidos	882	772	201	1855	1179	710	328	2217
III	Quitosano	1080	794	76	1950	1027	436	322	1785
III	F. Potasio	982	462	45	1489	955	677	277	1909

BLOQUES	TRATAMIENTOS	COSECHA 1				COSECHA 2			
		Extra	Cat. I	Cat. II	TOTAL	Extra	Cat. I	Cat. II	TOTAL
I	Testigo	439	131	0	570	760	135	18	913
I	Aminoacidos	189	0	0	189	571	22	0	593
I	Quitosano	372	68	0	440	708	92	0	800
I	F. Potasio	527	36	0	563	485	73	0	558
II	Testigo	531.25	225	0	756.25	932.5	182.5	33.75	1148.75
II	Aminoacidos	371	8	0	379	691	68	14	773
II	Quitosano	1141	320	0	1461	1435	333	22	1790
II	F. Potasio	672.5	135	0	807.5	595	48.75	2.5	646.25
III	Testigo	662	77	0	739	627	85	9	721
III	Aminoacidos	573	108	0	681	860	115	8	983
III	Quitosano	318	83	0	401	447	58	9	514
III	F. Potasio	601	56	0	657	682	27	0	709

BLOQUES	TRATAMIENTOS	COSECHA 5				COSECHA 6				COSECHA 7			
		Extra	Cat. I	Cat. II	TOTAL	Extra	Cat. I	Cat. II	TOTAL	Extra	Cat. I	Cat. II	TOTAL
I	Testigo	898	960	280	2138	1118	1140	148	2406	1429	752	199	2380
I	Aminoacidos	902	531	217	1650	1003	796	254	2053	1189	982	619	2790
I	Quitosano	1027	517	202	1746	983	589	170	1742	1119	314	216	1649
I	F. Potasio	1024	424	95	1543	828	397	144	1369	1332	339	219	1890
II	Testigo	502.5	441.25	397.5	1341.25	536.25	827.5	707.5	2071.25	408.75	493.75	765	1667.5
II	Aminoacidos	957	306	178	1441	986	824	316	2126	1028	335	228	1591
II	Quitosano	1007	982	815	2804	882	1180	1436	3498	632	914	1792	3338
II	F. Potasio	593.75	997.5	471.25	2062.5	860	1137.5	356.25	2353.75	911.25	1122.5	335	2368.75
III	Testigo	1577	407	182	2166	815	1401	1146	3362	1585	679	298	2562
III	Aminoacidos	1548	594	136	2278	1596	710	194	2500	647	1067	605	2319
III	Quitosano	985	487	107	1579	1099	418	188	1705	947	329	221	1497
III	F. Potasio	995	503	147	1645	1097	595	377	2069	934	518	235	1687

Tabla 11: Consolidado de rendimientos según categorías de frutos.

BLOQUES	TRATAMIENTO	RENDIMIENTO (Kg/parcela)				RENDIMIENTO (Ton/Ha)			
		Extra	Cat. I	Cat. II	TOTAL	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	TOTAL
I	Testigo	6.87	4.39	0.95	12.21	17.62	11.26	2.43	31.30
I	Aminoacidos	5.41	3.43	1.50	10.34	13.86	8.80	3.85	26.51
I	Quitosano	6.32	2.51	0.92	9.75	16.20	6.43	2.36	25.00
I	F. Potasio	5.96	2.00	0.61	8.57	15.28	5.14	1.55	21.97
II	Testigo	4.57	3.50	2.45	10.52	11.71	8.98	6.28	26.96
II	Aminoacidos	5.72	2.13	0.97	8.81	14.66	5.45	2.49	22.59
II	Quitosano	7.14	5.70	4.77	17.61	18.30	14.62	12.22	45.15
II	F. Potasio	5.87	4.35	1.51	11.74	15.06	11.16	3.88	30.11
III	Testigo	7.00	4.37	2.05	13.42	17.94	11.20	5.27	34.41
III	Aminoacidos	7.29	4.08	1.47	12.83	18.68	10.45	3.77	32.91
III	Quitosano	5.90	2.61	0.92	9.43	15.14	6.68	2.37	24.18
III	F. Potasio	6.25	2.84	1.08	10.17	16.02	7.28	2.77	26.06

Tabla 12: Matriz de datos duración en anaquel

BLOQUES	TRATAMIENTOS	COSECHA 1								COSECHA 2							
		I	Testigo	40	44	36	65	42	15	0	12.1	20	66	60	65	14	15
I	Aminoacidos	10	11	60	26	98	60	0	13.3	30	55	60	39	0	60	0	12.2
I	Quitosano	30	11	84	78	28	15	0	12.3	40	22	60	78	28	15	0	12.2
I	F. Potasio	40	22	36	78	70	0	0	12.3	70	121	24	0	0	0	0	10.8
II	Testigo	20	88	96	13	14	0	0	11.6	40	55	84	39	14	0	0	11.6
II	Aminoacidos	0	44	84	26	84	15	0	12.7	0	44	84	65	14	30	16	12.7
II	Quitosano	0	55	108	52	14	15	0	12.2	10	44	108	52	14	0	16	12.2
II	F. Potasio	10	44	60	78	56	0	0	12.4	50	77	48	39	0	15	0	11.5
III	Testigo	20	55	84	65	14	0	0	11.9	40	77	84	0	14	15	0	11.5
III	Aminoacidos	10	22	60	117	14	15	16	12.7	20	33	108	39	28	15	0	12.2
III	Quitosano	10	22	72	65	56	15	16	12.8	30	22	96	39	14	30	16	12.4
III	F. Potasio	0	55	24	39	112	30	0	13	40	55	36	52	42	15	0	12

BLOQUES	TRATAMIENTOS	COSECHA 3								COSECHA 4								COSECHA 5								PROMEDIO
		I	Testigo	90	88	12	26	0	0	0	10.8	70	66	48	39	0	0	0	11.2	70	66	48	39	0	0	
I	Aminoacidos	60	99	24	26	14	0	0	11.2	10	44	36	117	42	0	0	12.5	10	44	36	117	42	0	0	12.5	12.3
I	Quitosano	90	77	24	26	0	0	0	10.9	20	44	48	52	42	45	0	12.6	20	44	48	52	42	45	0	12.6	12.08
I	F. Potasio	40	88	84	13	0	0	0	11.3	60	33	60	65	14	0	0	11.6	60	33	60	65	14	0	0	11.6	11.5
II	Testigo	110	77	24	0	0	0	0	10.6	50	44	108	26	0	0	0	11.4	50	44	108	26	0	0	0	11.4	11.3
II	Aminoacidos	50	88	36	39	14	0	0	11.4	20	55	36	78	14	45	0	12.4	20	55	36	78	14	45	0	12.4	12.29
II	Quitosano	50	99	24	26	28	0	0	11.4	10	55	60	52	56	15	0	12.4	10	55	60	52	56	15	0	12.4	12.11
II	F. Potasio	90	121	0	0	0	0	0	10.6	60	33	72	52	14	0	0	11.6	60	33	72	52	14	0	0	11.6	11.5
III	Testigo	90	99	12	13	0	0	0	10.7	60	77	72	13	0	0	0	11.1	60	77	72	13	0	0	0	11.1	11.26
III	Aminoacidos	30	110	48	39	0	0	0	11.4	20	22	84	65	28	30	0	12.5	20	22	84	65	28	30	0	12.5	12.22
III	Quitosano	30	110	60	13	14	0	0	11.4	20	33	36	117	28	15	0	12.5	20	33	36	117	28	15	0	12.5	12.28
III	F. Potasio	70	110	12	26	0	0	0	10.9	70	44	48	39	28	0	0	11.5	70	44	48	39	28	0	0	11.5	11.76



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

INSTITUCION Y/O AGRICULTOR : Eduard Hurtado Veramendi - Tesista
 PREDIO /PARCELA : M-01
 UBICACIÓN : Bella Pampa – Huaraz – Ancash.

M. N°	Textura			Clase textural	pH	M.O%	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E mS/cm.
	Arena	Limo	Arcilla							
043	60	19	21	Franco arcillo arenosa	6.97	1.248	0.062	12	92	0.130

CACIONES CAMBIABLES

Muestra N°	Ca ²⁺ me/100gr.	Mg ²⁺ me/100gr.	K ⁺ me/100gr.	Na ⁺ me/100gr.	H + Al me/100gr.	CIC me/100gr.
043	10.45	1.78	0.24	0.04	0.00	12.51

ANIONES

Muestra N°	Ca CO ₃ ⁻ %	SO ₄ ⁻ me/100gr.	Cl ⁻ me/100gr.	Suma me/100gr.
043	0.00	0.12	1.55	1.67

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

El suelo es de textura Franco arcillo arenosa, se caracteriza por tener una reacción neutra, pobre en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en Potasio, no tiene problemas de salinidad

Huaraz, 16 de Enero del 2020



M.Sc. Guillermo Castillo Romero
 JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

Figura 6: Resultados de evaluación en laboratorio

Anexo 2: Panel fotográfico



Figura 7: Muestreo de suelos.



Figura 8: Limpieza de terreno



Figura 9: Preparación de terreno



Figura 10: Abonamiento de fondo



Figura 11: Instalación sistema de riego.



Figura 12: Prueba sistema de riego



Figura 13: Plantación de tomates.



Figura 14: Productos aplicados en el experimento.



Figura 15: Aplicación de elicitores en el cultivo.



Figura 16: Vista general del experimento.



Figura 17: Segunda aplicación de productos en cuajado..



Figura 18: Monitoreo de plagas y enfermedades.



Figura 19: Vista de la maduración de frutos.



Figura 20: Primera cosecha de tomate.



Figura 21: Inicio de evaluación en anaquel



Figura 22: Evaluación vida en anaquel de tomates.



Figura 23: Visita del Dr. Francisco Espinoza Montesinos.



Figura 24: Visita del Dr. Alejandro Toscano Leyva