



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

Proyecto de Investigación  
previo a la obtención del título  
de Ingeniero Agrónomo

**Título del Proyecto de Investigación**

“Efecto de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos sobre el  
crecimiento y desarrollo en variedades de pimiento (*Capcicum annum* L.)  
bajo condiciones protegidas”

**Autor:**

Arturo Enecto Solórzano Cedeño

**Directora del Proyecto de Investigación:**

Dra. Marisol Rivero Herrada

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2019

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Arturo Enecto Solórzano Cedeño**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente;

---

Arturo Enecto Solórzano Cedeño  
**Autor**

## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

La suscrita, **Dra. Marisol Rivero Herrada**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Arturo Enecto Solórzano Cedeño**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Efecto de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos sobre el crecimiento y desarrollo en variedades de pimiento (*Capcicum annuum* L) bajo condiciones protegidas**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

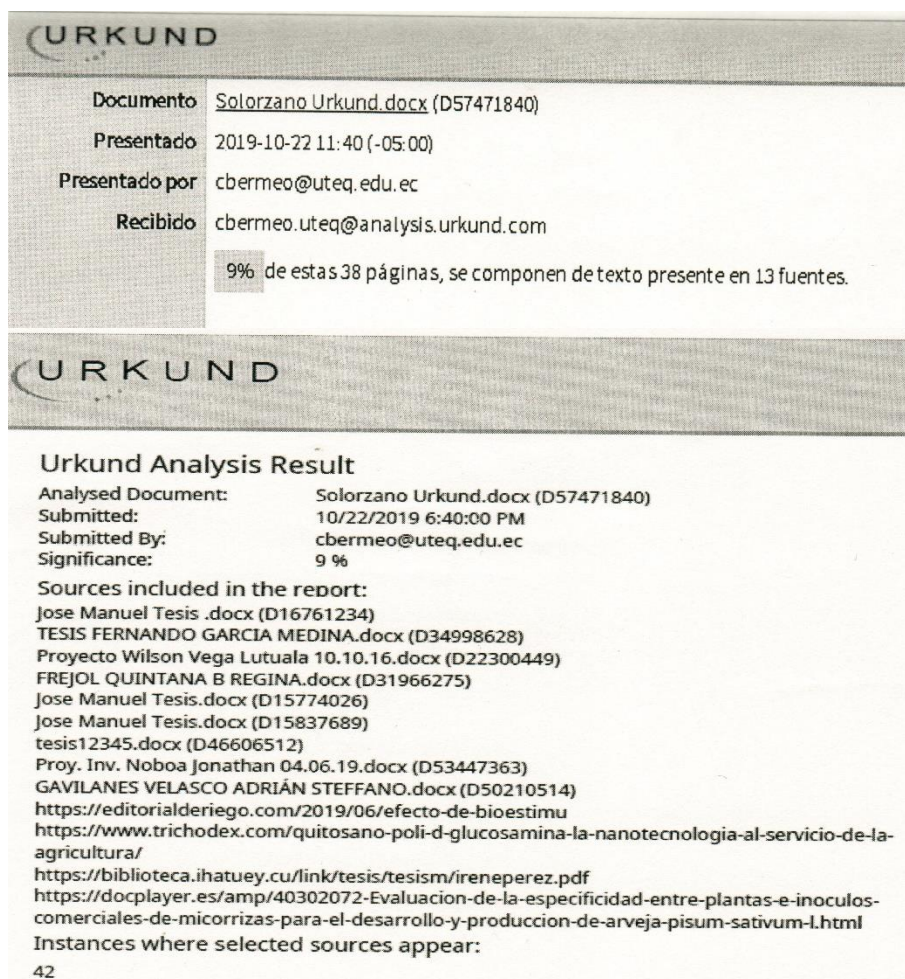
Atentamente;

---

Dra. Marisol Rivero Herrada  
**Directora del Proyecto de Investigación**

## REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

La suscrita, **Dra. Marisol Rivero Herrada**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Directora del Proyecto de Investigación titulado “**Efecto de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos sobre el crecimiento y desarrollo en variedades de pimiento (*Capicum annum* L) bajo condiciones protegidas**”, perteneciente al estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica **Arturo Enecto Solórzano Cedeño**, CERTIFICA: el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 9%.



**URKUND**

|                |                                   |
|----------------|-----------------------------------|
| Documento      | Solorzano Urkund.docx (D57471840) |
| Presentado     | 2019-10-22 11:40 (-05:00)         |
| Presentado por | cbermeo@uteq.edu.ec               |
| Recibido       | cbermeo.uteq@analysis.arkund.com  |

9% de estas 38 páginas, se componen de texto presente en 13 fuentes.

---

**URKUND**

**Urkund Analysis Result**

Analysed Document: Solorzano Urkund.docx (D57471840)  
Submitted: 10/22/2019 6:40:00 PM  
Submitted By: cbermeo@uteq.edu.ec  
Significance: 9 %

Sources included in the report:

- Jose Manuel Tesis .docx (D16761234)
- TESIS FERNANDO GARCIA MEDINA.docx (D34998628)
- Proyecto Wilson Vega Lutuala 10.10.16.docx (D22300449)
- FREJOL QUINTANA B REGINA.docx (D31966275)
- Jose Manuel Tesis.docx (D15774026)
- Jose Manuel Tesis.docx (D15837689)
- tesis12345.docx (D46606512)
- Proy. Inv. Noboa Jonathan 04.06.19.docx (D53447363)
- GAVILANES VELASCO ADRIÁN STEFFANO.docx (D50210514)
- <https://editorialderiego.com/2019/06/efecto-de-bioestimulantes-en-el-crecimiento-y-desarrollo-de-pimientos-bajo-condiciones-de-invernadero/>
- <https://biblioteca.ihatuey.cu/link/tesis/tesism/ireneperez.pdf>
- <https://docplayer.es/amp/40302072-Evaluacion-de-la-especificidad-entre-plantas-e-inoculos-comerciales-de-micorrizas-para-el-desarrollo-y-produccion-de-arveja-pisum-sativum-l.html>

Instances where selected sources appear:  
42

.....  
**Dra. Marisol Rivero Herrada**  
**Directora del Proyecto de Investigación**



**UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

“Efecto de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos sobre el crecimiento y desarrollo en variedades de pimiento (*Capcicum annum* L) bajo condiciones protegidas”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título  
de:

**Ingeniero Agrónomo**

Aprobado por:

---

**Dr. Favio Herrera Eguez**  
**Presidente del Tribunal**

---

**Dra. Mayra Vélez Ruiz**  
**Miembro del Tribunal**

---

**Ing. Freddy Sabando Ávila, M. Sc.**  
**Miembro del Tribunal**

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2019

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por estar a mi lado dándome sus bendiciones y no permitir que me rinda.

A mis padres y hermanas que siempre han estado a mi lado durante toda mi etapa de estudios y darme su amor y consejos para no decaer y continuar hasta cumplir mis metas.

A la Dra. Marisol Rivero Herrada por sus sugerencias y colaboración a lo largo de la presente investigación.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UTEQ, que con sus enseñanzas he logrado obtener conocimientos que serán de gran ayuda en mi vida profesional.

Arturo Enelecto Solórzano Cedeño

## **DEDICATORIA**

A Dios por llenarme de bendiciones a lo largo de cada etapa de mi vida.

A mis padres y hermanas, compañeros incondicionales de mi vida, que me impulsan cada vez a ser una mejor persona y un profesional intachable.

A mi esposa y mi bella hija, por quienes lucho día a día, que además llenan mis días de felicidad.

Arturo Enelecto Solórzano Cedeño

## RESUMEN

El cultivo de pimiento se establece generalmente bajo un sistema de producción convencional en el cual se nutre con fertilizantes de origen sintético, pero debido a sus efectos secundarios, se hace necesario plorar alternativas de producción más amigables con el medio ambiente. Es por ello que la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos sobre el crecimiento y desarrollo de variedades de pimiento bajo condiciones protegidas. El ensayo se realizó en la finca experimental “La María” en la zona del Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos, ubicada en el kilómetro 7.5 de la vía Quevedo- El Empalme. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x4 en 3 repeticiones, siendo el primer factor las variedades (Magaly y Lycal), y el segundo los bioestimulantes: ácidos húmicos (1:30 v/v), quitosano (3 g/l de agua) y hongos micorrízicos (20g de esporas/ml), adicionándose un testigo (control) por cada variedad (sin aplicación de bioactivos). Los resultados demostraron que los tres bioactivos estudiados incrementaron entre 11.66 y 16.67% la germinación de las semillas, mientras que la emergencia fue potenciada por los ácidos húmicos y quitosano (90.00 y 86.67% de plántulas emergidas, reactivamente). La aplicación de ácidos húmicos produjo plantas de mayor altura a los 25 y 45 días después de la siembra con 19.38 y 46.38 cm, y tallos de mayor diámetro 8.87 y 16.05 mm, en las dos evaluaciones, respectivamente. Esto a su vez incrementó la biomasa fresca y seca de las plántulas (339.38 y 106.72 g). La producción de frutos por planta (15.33 frutos), así como sus características de longitud, diámetro y peso se incrementaron al aplicar ácidos húmicos (12.22 cm, 43.33 mm y 92.22 g), generando el más alto rendimiento con 29166.67 kg/ha. La variedad Magaly superó significativamente a la variedad Lycal en cuanto a germinación (96.67 %), emergencia (95.00%), altura de plantas y diámetro del tallo (18.67 y 8.34 a los 25 días después de la siembra y 46.38 cm y 14.68 mm a los 45 días después de la siembra), así como la biomasa fresca y seca (290.60 y 89.65 g). El rendimiento expresado en frutos por planta fue mayor en la variedad Magaly con 13.42 frutos, los mismos que presentaron mayor longitud (11.18 cm), diámetro (40.67 mm) y peso (81.07 g), componentes que reflejaron además el mayor rendimiento (22916.67 kg/ha).

**Palabras claves:** cultivo de pimiento, bioactivos, producción hortícola.

## SUMMARY

The purpose of this research was to evaluate the effect of chitosan, mycorrhizal fungi and humic acids on the growth and development of pepper varieties under protected conditions. The trial was carried out in the experimental farm "La María" in the cantón Mocache, provincia, Los Ríos Province, located at kilometer 7.5 of the Quevedo-El Empalme road. A completely randomized design with 2x4 factorial arrangement was used in 3 repetitions, the first factor was the varieties (Magaly and Lycal), and the second the biostimulants: humic acids (1:30 v/v), chitosan (3 g/l of water) and mycorrhizal fungi (20g of spores/ml), adding one control (control) for each variety (without bioactive application). The results showed that the three bioactives studied increased the germination of the seeds between 11.66 and 16.67%, while the emergency was enhanced by humic acids and chitosan (90.00 and 86.67% of seedlings emerged, reactively). The application of humic acids produced plants of greater height at 25 and 45 days after sowing with 19.38 and 46.38 cm, and stems of greater diameter 8.87 and 16.05 mm, in the two evaluations, respectively. This in turn increased the fresh and dry biomass of the seedlings (339.38 and 106.72 g). The production of fruits per plant (15.33 fruits), as well as their characteristics of length, diameter and weight were increased by applying humic acids (12.22 cm, 43.33 mm and 92.22 g), generating the highest yield with 29166.67 kg / ha. The Magaly variety significantly exceeded the Lycal variety in terms of germination (96.67%), emergency (95.00%), plant height and stem diameter (18.67 and 8.34 at 25 days after sowing and 46.38 cm and 14.68 mm a 45 days after sowing), as well as fresh and dried biomass (290.60 and 89.65 g). The yield expressed in fruits per plant was higher in the Magaly variety with 13.42 fruits, the same ones that presented greater length (11.18 cm), diameter (40.67 mm) and weight (81.07 g), components that also reflected the highest yield (22916.67 kg /he has).

**Keywords:** pepper cultivation, bioactive, horticultural production

## TABLA DE CONTENIDOS

|                                                                                    |      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Declaración de autoría y cesión de derechos.....                                   | ii   |
| Certificación de culminación del Proyecto de Investigación .....                   | iii  |
| Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico ..... | iv   |
| Certificación de aprobación por Tribunal de Sustentación .....                     | v    |
| Agradecimientos.....                                                               | vi   |
| Dedicatoria.....                                                                   | vii  |
| Resumen .....                                                                      | viii |
| Summary.....                                                                       | ix   |
| Tabla de contenido.....                                                            | x    |
| Índice de Tablas.....                                                              | xiii |
| Índice de Anexos .....                                                             | xiv  |
| Código Dublín .....                                                                | xv   |
| Introducción.....                                                                  | 16   |
| CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN                                   |      |
| 1.1. Problematización .....                                                        | 18   |
| 1.1.1. Planteamiento del problema .....                                            | 18   |
| 1.1.2. Formulación del problema.....                                               | 18   |
| 1.1.3. Sistematización del problema.....                                           | 18   |
| 1.2. Objetivos .....                                                               | 19   |
| 1.2.1. Objetivo general .....                                                      | 19   |
| 1.2.2. Objetivos específicos.....                                                  | 19   |
| 1.3. Justificación.....                                                            | 20   |
| CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN                            |      |
| 2.1. Marco teórico .....                                                           | 22   |
| 2.1.1. Cultivo de pimiento .....                                                   | 22   |
| 2.1.2. Agricultura orgánica.....                                                   | 23   |
| 2.1.3. Bioestimulación de los cultivos.....                                        | 25   |
| 2.1.4. Ácidos húmicos .....                                                        | 26   |
| 2.1.5. Quitosano.....                                                              | 28   |
| 2.1.6. Micorrizas.....                                                             | 33   |

### CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

|          |                                                 |    |
|----------|-------------------------------------------------|----|
| 3.1.     | Localización de la investigación .....          | 38 |
| 3.2.     | Tipo de investigación .....                     | 38 |
| 3.3.     | Métodos de investigación.....                   | 38 |
| 3.4.     | Fuentes de recopilación de la información.....  | 38 |
| 3.5.     | Diseño experimental y análisis estadístico..... | 39 |
| 3.5.1.   | Especificaciones del experimento .....          | 39 |
| 3.6.     | Instrumentos de investigación .....             | 40 |
| 3.6.1.   | Factores estudiados.....                        | 40 |
| 3.6.2.   | Tratamientos estudiados .....                   | 40 |
| 3.6.3.   | Manejo del experimento .....                    | 40 |
| 3.6.3.1. | Preparación de sustrato para semillero .....    | 40 |
| 3.6.3.2. | Tratamiento de las semillas .....               | 41 |
| 3.6.3.3. | Siembra en semilleros .....                     | 41 |
| 3.6.3.4. | Trasplante .....                                | 41 |
| 3.6.3.5. | Control de malezas .....                        | 41 |
| 3.6.3.6. | Tutorado y amarre .....                         | 41 |
| 3.6.3.7. | Aplicación de los bioactivos.....               | 42 |
| 3.6.3.8. | Riego .....                                     | 42 |
| 3.6.3.9. | Cosecha .....                                   | 42 |
| 3.6.4.   | Variables evaluadas.....                        | 42 |
| 3.6.4.1. | Porcentaje de emergencia.....                   | 42 |
| 3.6.4.2. | Altura de planta (cm).....                      | 42 |
| 3.6.4.3. | Diámetro del tallo (mm).....                    | 43 |
| 3.6.4.4. | Biomasa fresca y seca.....                      | 43 |
| 3.6.4.5. | Número de frutos por planta.....                | 43 |
| 3.6.4.6. | Longitud del fruto (cm) .....                   | 43 |
| 3.6.4.7. | Diámetro del fruto (mm) .....                   | 43 |
| 3.6.4.8. | Peso del fruto (g) .....                        | 43 |
| 3.6.4.9. | Rendimiento (kg/ha).....                        | 43 |
| 3.7.     | Recursos humanos y materiales .....             | 44 |
| 3.7.1.   | Recursos humanos.....                           | 44 |

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 3.7.2. Recursos materiales .....                    | 44 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN                 |    |
| 4.1. Resultados .....                               | 46 |
| 4.1.1. Porcentaje de germinación y emergencia ..... | 46 |
| 4.1.2. Altura de planta (cm).....                   | 47 |
| 4.1.3. Diámetro del tallo (mm) .....                | 49 |
| 4.1.4. Biomasa fresca y seca.....                   | 50 |
| 4.1.5. Número de frutos por planta.....             | 52 |
| 4.1.6. Longitud, diámetro y peso del fruto .....    | 53 |
| 4.1.7. Rendimiento (kg/ha).....                     | 55 |
| 4.2. Discusión.....                                 | 57 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES          |    |
| 5.1. Conclusiones .....                             | 60 |
| 5.2. Recomendaciones.....                           | 61 |
| CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA                           |    |
| 6.1. Literatura citada.....                         | 63 |
| CAPÍTULO VII. ANEXOS                                |    |

## ÍNDICE DE TABLAS

|          |                                                                         |    |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. | Esquema del análisis de varianza utilizado en el ensayo .....           | 39 |
| Tabla 2. | Germinación y emergencia.....                                           | 47 |
| Tabla 3. | Altura de planta a los 25 y 45 DDS (días después de la siembra).....    | 48 |
| Tabla 4. | Diámetro del tallo a los 25 y 45 DDS (días después de la siembra) ..... | 50 |
| Tabla 5. | Biomasa fresca y seca .....                                             | 52 |
| Tabla 6. | Número de frutos por planta.....                                        | 53 |
| Tabla 7. | Longitud, diámetro y peso del fruto .....                               | 55 |
| Tabla 8. | Rendimiento por hectárea.....                                           | 56 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|           |                                                                          |    |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 1.  | Análisis de varianza de la variable porcentaje de emergencia .....       | 68 |
| Anexo 2.  | Análisis de varianza de la variable altura de planta a los 25 DDS .....  | 68 |
| Anexo 3.  | Análisis de varianza de la variable diámetro del tallo a los 25 DDS..... | 68 |
| Anexo 4.  | Análisis de varianza de la variable altura de planta a los 45 DDS .....  | 68 |
| Anexo 5.  | Análisis de varianza de la variable biomasa fresca .....                 | 68 |
| Anexo 6.  | Análisis de varianza de la variable biomasa seca .....                   | 69 |
| Anexo 7.  | Análisis de varianza de la variable longitud del fruto .....             | 69 |
| Anexo 8.  | Análisis de varianza de la variable diámetro del fruto .....             | 69 |
| Anexo 9.  | Análisis de varianza de la variable peso del fruto .....                 | 69 |
| Anexo 10. | Análisis de varianza de la variable rendimiento .....                    | 69 |
| Anexo 11. | Semillero de pimiento en condiciones protegidas .....                    | 70 |
| Anexo 12. | Trasplante de plántulas de pimiento .....                                | 70 |
| Anexo 13. | Plantas de pimiento a los 30 días después de la siembra.....             | 71 |
| Anexo 14. | Plantas de pimiento a los 40 días después de la siembra.....             | 71 |
| Anexo 15. | Riego a las plantas de pimiento .....                                    | 72 |
| Anexo 16. | Plantas de pimiento a los 70 días después de la siembra.....             | 72 |
| Anexo 17. | Tutoreo individual de plantas de pimiento .....                          | 73 |
| Anexo 18. | Fructificación del cultivo de pimiento.....                              | 73 |
| Anexo 19. | Evaluación del diámetro del fruto .....                                  | 74 |
| Anexo 20. | Evaluación del peso del fruto .....                                      | 74 |
| Anexo 21. | Peso de biomasa fresca .....                                             | 75 |
| Anexo 22. | Secado de la biomasa por planta.....                                     | 75 |
| Anexo 23. | Conteo del número de frutos por planta .....                             | 76 |
| Anexo 24. | Cosecha de cultivo de pimiento.....                                      | 76 |

## CÓDIGO DUBLÍN

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Título:</b>              | Efecto de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos sobre el crecimiento y desarrollo en variedades de pimiento ( <i>Capcicum annuum</i> L) bajo condiciones protegidas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Autor:</b>               | Arturo Enedicto Solórzano Cedeño                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Palabras clave:</b>      | Cultivo de pimiento, bioactivos, producción hortícola                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Fecha de publicación</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Editorial:</b>           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Resumen:</b>             | <p>La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos sobre el crecimiento y desarrollo de variedades de pimiento bajo condiciones protegidas. El ensayo se realizó en la finca experimental “La María” en la zona del Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos, ubicada en el kilómetro 7.5 de la vía Quevedo- El Empalme. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x4 en 3 repeticiones, siendo el primer factor las variedades (Magaly y Lycal), y el segundo los bioestimulantes: ácidos húmicos (1:30 v/v), quitosano (3 g/l de agua) y hongos micorrízicos (20g de esporas/ml), adicionándose un testigo (control) por cada variedad (sin aplicación de bioactivos). Los resultados demostraron que los tres bioactivos estudiados incrementaron entre 11.66 y 16.67% la germinación de las semillas, mientras que la emergencia fue potenciada por los ácidos húmicos y quitosano (90.00 y 86.67% de plántulas emergidas, reactivamente). La aplicación de ácidos húmicos produjo plantas de mayor altura a los 25 y 45 días después de la siembra con 19.38 y 46.38 cm, y tallos de mayor diámetro 8.87 y 16.05 mm, en las dos evaluaciones, respectivamente. Esto a su vez incrementó la biomasa fresca y seca de las plántulas (339.38 y 106.72 g). La producción de frutos por planta (15.33 frutos), así como sus características de longitud, diámetro y peso se incrementaron al aplicar ácidos húmicos (12.22 cm, 43.33 mm y 92.22 g), generando el más alto rendimiento con 29166.67 kg/ha. La variedad Magaly superó significativamente a la variedad Lycal en cuanto a germinación (96.67 %), emergencia (95.00%), altura de plantas y diámetro del tallo (18.67 y 8.34 a los 25 días después de la siembra y 46.38 cm y 14.68 mm a los 45 días después de la siembra), así como la biomasa fresca y seca (290.60 y 89.65 g). El rendimiento expresado en frutos por planta fue mayor en la variedad Magaly con 13.42 frutos, los mismos que presentaron mayor longitud (11.18 cm), diámetro (40.67 mm) y peso (81.07 g), componentes que reflejaron además el mayor rendimiento (22916.67 kg/ha).</p> |
| <b>Descripción:</b>         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Url</b>                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## INTRODUCCIÓN

El pimiento se ha convertido en una hortaliza de gran importancia, debido a su utilización tanto de forma directa como indirecta, ya que además constituye una fuente importante para la elaboración de conservas y demás productos derivados que son aprovechados para el consumo humano. En el Ecuador es un cultivo de mucha importancia que con el paso de los años se ha convertido en uno de los más explotados por el gran contenido de vitaminas que posee, así como por su amplio rango de adaptabilidad a los suelos del país.

En el mercado existen varios materiales genéticos de pimiento, y cada uno presenta diferentes características tanto agronómicas como productivas, las cuales varían de acuerdo a la adaptabilidad que estos presentan a las diferentes zonas en que pronostica establecerlos, siendo parte primordial para la obtención de buenos resultados. Los híbridos Lycal y Magaly son ampliamente empleados en la agricultura. La mayor parte de esta producción se obtiene bajo un modelo de agricultura intensiva, donde se hacen aplicaciones excesivas de fertilizantes químicos que aún se incrementan en todo el mundo.

Es frente a esto que surge la aplicación de bioactivos como quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos como una alternativa de producción que puede dar respuesta a la mitigación total o parcial de los efectos secundarios que produce el sistema de producción convencional, basado en mayor parte en la aplicación de fertilizantes de origen químico, para de este modo contribuir al desarrollo agroeconómico del sector hortícola del área de influencia de la zona de Quevedo, en la cual esta no es una actividad económica usual, ofertándose como una opción de producción que al ser de gran acogida, se encamina a desarrollarse significativamente en dicha área.

Con lo expuesto anteriormente, se puede constituir una alternativa de inversión basada en la producción de pimiento bajo condiciones protegidas, ya que facilita las labores agronómicas, proceso de certificación con buenas prácticas agrícolas y el incremento en los rendimientos ante las consecuencias del cambio climático que cada vez ocasiona más cambios en los sistemas de producción. Dentro de este sistema, se puede aplicar bioactivos, que permiten causar menor impacto en el equilibrio biodinámico del medio ambiente, y a la vez evitar trazas de fertilizantes sintéticos que pueden llegar a causar efectos secundarios en los consumidores finales, principalmente cuando el pimiento se consume de forma directa.

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problematicación**

### **1.1.1. Planteamiento del problema**

El daño causado por el mal uso de los fertilizantes químicos en los agroecosistemas, provoca efectos muy nocivos desde el punto de vista ambiental, así como en el ámbito económico, ya que su uso desmedido e intensivo, influyen ocasionando contaminación de aguas y del suelo, así como el incremento considerable de los costos de producción, por lo que se hace necesario explorar alternativas que contribuyen a disminuir o sustituir la dependencia de dicha fertilización. Ante esta situación existen una gama de productos orgánicos, derivados de diferentes materias primas, los mismo que cada vez son más variados, pero no se tiene información de todos los cultivos ni de la comparación de todos los productos que se ofertan, es por ello que se torna necesario evaluar diferentes productos a fin de identificar su efecto sobre los cultivos.

Considerando lo anterior, surge el requerimiento en evaluar la utilización de biofertilizantes con quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos, para verificar si es posible sustituir parcial o totalmente la fertilización química en cultivos hortícolas de interés agrícola como el pimiento, logrando producciones sostenibles.

### **1.1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto del quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos sobre el crecimiento y desarrollo de variedades de pimiento bajo condiciones protegidas.?

### **1.1.3. Sistematización del problema**

¿Qué efectos producen el quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos en la emergencia, y variables morfométricas de las plántulas de variedades de pimiento bajo condiciones protegidas?

¿En qué se diferencian los indicadores de crecimiento en plantas de pimiento Lycal y Magaly bajo condiciones protegidas?

¿Qué valores de indicadores de rendimiento en plantas de pimiento presentan las variedades Lycal y Magaly bajo condiciones protegidas?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto del quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos sobre el crecimiento y desarrollo de variedades de pimienta bajo condiciones protegidas.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Evaluar los efectos del quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos en la emergencia y variables morfométricas de las plántulas de variedades de pimienta bajo condiciones protegidas.

Evaluar indicadores de crecimiento en plantas de pimienta Lycal y Magaly bajo condiciones protegidas.

Determinar indicadores de rendimiento en plantas de pimienta Lycal y Magaly bajo condiciones protegidas.

### **1.3. Justificación**

La producción bajo condiciones protegidas permite obtener una alta calidad de las plantas, así como el buen rendimiento en la producción. El uso del quitosano, ha surgido de entre las incontables investigaciones destinadas a proporcionar alternativas para manejo y control de diferentes problemas en los cultivos. Incluye la obtención de plántulas de calidad, que con un adecuado manejo logran producir frutos inocuos.

Desde el punto de vista práctico se han utilizado bioestimulantes como el quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos en la aceleración de la germinación y mejora de la calidad de las posturas obtenidas permitiendo el rescate de especies o variedades autóctonas mejor adaptadas, pero con problemas en su germinación. Adicionalmente, se ha demostrado que incrementan los valores de las variables del crecimiento y desarrollo tales como altura de las plantas, número de hojas, área foliar entre otras lo que conduce a un incremento del rendimiento y en muchas ocasiones del valor nutritivo de las plantas.

También son muy reconocidas sus propiedades antimicrobianas sobre patógenos vegetales y en especial su capacidad de estimular mecanismos de defensas en las plantas que las lleva a protegerse por sí mismas contra enfermedades. Además, su capacidad de proteger a las plantas contra condiciones de sequía y salinidad, importantes propiedades a considerar ante la actual amenaza del cambio climático (Barea *et al.*, 2016).

Mediante la utilización de los bioestimulantes obtenidos de la materia orgánica se beneficiarán los agricultores en la parte económica, además se reduce la contaminación de los suelos con fertilizantes químicos que afectan a la salud humana, promoviendo de este modo la aplicación de métodos de fertilización biológica.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. Marco teórico**

### **2.1.1. Cultivo de pimiento**

El pimiento constituye un alimento muy importante por su alto contenido de vitaminas A y C, vitales para la subsistencia de la población humana. Las hortalizas en general representan una fuente muy importante de micronutrientes esenciales para la vida. Además, aportan sustancias que previenen algunas enfermedades cuya incidencia en el ámbito mundial ha ido en aumento. Originario de la zona de Bolivia y Perú, donde además de *Capsicum annum* L. se cultivaban al menos otras cuatro especies, el pimiento fue llevado al Viejo Mundo por Colón en su primer viaje, en 1493. En el siglo XVI ya se había difundido su cultivo en España, desde donde se distribuyó al resto de Europa y del mundo con la colaboración de los portugueses. Perteneció al género *Capsicum* de la familia de las Solanáceas, sus frutos se pueden consumir verdes como también maduros a nivel mundial (Arenas, 2019).

Ocupa un lugar destacado en la producción hortícola por su preferencia en la población, debido a su sabor y elevado nivel nutricional. Su éxito radica en sus tres destinos de consumo: pimiento en fresco, para pimentón y para conserva. La demanda de los mercados europeos de pimientos frescos durante todo el año, ha crecido espectacularmente y ha tenido como consecuencia el desarrollo del cultivo en el litoral. En Ecuador se empezó a exportar en el año de 1996 siendo España y Holanda el principal mercado (Buñay, 2017).

Es una planta con sistema radicular pivotante y profundo que puede llegar hasta 70-120 cm, provisto y reforzado de un número elevado de raíces adventicias. El tallo es de crecimiento limitado y erecto, con un porte que en término medio puede variar entre 0.5 y 1.5 m. Cuando la planta adquiere cierta edad, los tallos se lignifican brevemente. Las hojas lampiñas, enteras, ovales o lanceoladas con un ápice muy pronunciado y un peciolo largo o poco aparente. Las flores poseen una corola blanquecina, aparecen solitarias en cada nudo y son de inserción aparentemente axial. Su fecundación es claramente autógama, no superando el porcentaje de alogamia el 10 por 100 (Vicuña *et al.*, 2017).

El fruto es una baya hueca, semicartilaginosa y deprimida, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y al rojo a medida que este madura. Su tamaño es variable, pesando desde escasos gramos

hasta más de 500 g. Las semillas se encuentran insertas en una placenta cónica de disposición central. Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5mm (Álvarez & Pino, 2015).

### **2.1.2. Agricultura orgánica**

La agricultura orgánica se está convirtiendo en un importante instrumento para mejorar la calidad de los suelos degradados por uso intensivo de productos químicos y/o pobres en su fertilidad como aquellos de zonas áridas y semiáridas. El uso de agentes biológicos como biopesticidas o biofertilizantes es una parte integral de la agricultura orgánica, especialmente en el cultivo de hortalizas (Seguel, 2014).

La agricultura orgánica es un sistema de producción que, mediante el manejo racional de los recursos naturales, sin la utilización de productos de síntesis química, brinde alimentos sanos y abundantes, mantenga o incremente la fertilidad del suelo y la diversidad biológica. Es el resultado de la acción individual de agricultores apoyada por los movimientos ecologistas, frente a riesgos inherentes al uso excesivo o al mal uso, en cuanto al momento y forma de aplicación, de los productos químicos, para convertirse en una nueva concepción de producción de alimentos (Muro, 2014).

El uso de materia orgánica se ha convertido en la base para el desarrollo de agricultura orgánica, sin embargo, es un error considerar que agricultura orgánica es simplemente “no usar productos sintéticos”. La agricultura orgánica como un sistema de producción sostenible debe considerar dos aspectos esenciales: la diversidad estructural y de procesos, así como el manejo ecológico del suelo y nutrición de las especies forestales establecidas con fines comerciales (Brenes, 2003).

Dentro de un cultivo bajo el sistema de producción orgánica, Domínguez *et al.* (2016), mencionan que se deben seguir algunos principios técnicos básicos que orientan y rigen este tipo de producción, entre los cuales se tiene:

Uso de sustratos orgánicos: mezcla de suelo de la capa vegetal y materia orgánica. Como se trata de suelo de zona costera, no se recomienda que la mezcla de suelo sea muy alta en cuanto a capa vegetal y sí para la materia orgánica, se puede considerar un 30:70,

respectivamente. Lo más recomendable es la cría de vermis, de lombrices (lombricultura) y así garantizar un sustrato adecuado a base de humus de lombriz o vermicompost.

Uso de alternativas biológicas y productos naturales para el control de plagas y enfermedades. Si no se cuenta con variedades resistentes, analizar esta posibilidad. Según Pérez (2006), una práctica muy utilizada son los biorreguladores, o sea, cultivos como el maíz y el girasol, ideales para estos fines, así también la cría de las llamadas cotorritas como control biológico.

Uso de alternativas biológicas y orgánicas para restaurar la fertilidad de sustratos de forma sistemática e integrada. Valorar luego de cada cosecha.

Empleo de prácticas fitotécnicas adecuadas en el manejo de los sustratos.

Uso de las distancias y sistemas de siembra más apropiados para cada especie cultivada, rotación y asociación de los cultivos en los canteros.

Uso de la estacionalidad de los cultivos, trazándose calendarios óptimos de siembra y sucesión, de forma que sea escalonada la cosecha o acorde a las necesidades o exigencias de los mercados. Basarse en experiencias ya probadas.

Uso de alternativas genéticas o fitotécnicas para el cultivo de especies que en condiciones controladas pueden extender su ciclo de cultivo. Por ejemplo, el tapado con telas que regulan la cantidad de radiación solar para hortalizas en el verano o uso de variedades adaptadas. Esta técnica debe utilizarse en el área de estudio por las condiciones de zona costera de país tropical en el verano fundamentalmente.

Aprovechamiento máximo de los recursos naturales localmente disponibles en prácticas tales como el mulching o empajado, tutorio de especies de enredadera, entre otras.

Uso de técnicas intensivas de explotación de los sustratos cumpliendo los principios anteriores sobre la base del máximo reciclaje de la materia orgánica y cumplimiento de ciclos de cultivo que garanticen mayor rendimiento de la cosecha en espacio y tiempo, su calidad comercial.

Uso de productos estimuladores del crecimiento vegetal elaborados a partir de fuentes orgánicas.

Utilización de prácticas de cultivo que garanticen el estado físico apropiado de los sustratos en cuanto a la aireación.

### **2.1.3. Bioestimulación de los cultivos**

Los bioestimulantes ofrecen un potencial para mejorar la producción y calidad de las cosechas. Estos productos no nutricionales pueden reducir el uso de fertilizantes y mejorar la resistencia de las plantas al estrés (Quintero *et al.*, 2018). Se consideran como compuestos orgánicos sintetizados en una parte de la planta y translocados a otra, donde en concentraciones muy bajas producen una respuesta fisiológica. En diferentes centros de estudios se han utilizado diversas sustancias, las cuales tienen efectos similares al de las hormonas naturales (Agroenzymas, 2018).

Este tipo de productos son compuestos a base de hormonas vegetales, fracciones metabólicamente activas y extractos vegetales conteniendo muchísimas moléculas bioactivas; usados principalmente para estimular el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Se mezclan dos o más reguladores vegetales con otras sustancias (aminoácidos, nutrientes, vitaminas entre otras), pudiendo estos compuestos incrementar la actividad enzimática de las plantas y el metabolismo en general reduciendo el uso de fertilizantes y la resistencia al estrés causado por la temperatura y déficit hídrico (Pino, 2014).

Quintana *et al.* (2013), mencionan que a este tipo de sustancias también se les conoce como reguladores de crecimiento. En diversas ocasiones se han utilizado en el estudio de los procesos controlados internamente por la hormona de los reguladores de crecimiento proporcionan a los agricultores herramientas con las cuales pueden manipular el crecimiento, periodos de floración, y cuajado del fruto en la planta. Estos actúan sobre el equilibrio nutritivo de las plantas estimulando rápidamente los procesos fisiológicos de estas.

Existen diversos tipos de formulación de bioestimulantes, unos químicamente bien definidos como los compuestos por aminoácidos, polisacáridos, oligopéptidos o polipéptidos; los

complejos en cuanto a su composición química, como los extractos de algas y ácidos húmicos, los cuales contienen los elementos ya mencionados, pero en combinaciones diferentes y en algunos casos con sus concentraciones reportadas en rangos y no con valores exactos (Veobides *et al.*, 2018).

La concentración en los bioestimulantes casi siempre es baja (menos de 0.02% o 200 ppm de cada hormona en un litro), así como también la de los demás componentes de la formulación. Los tipos de reguladores de crecimiento contenidas y las cantidades de cada una de ellas dependen del origen de la extracción (algas, semillas, raíces, etc) y su procesamiento (Arenas, 2019).

Lara (2009), indica que los bioestimulantes traen consigo una gama de beneficios para los cultivos, entre los cuales se enlistan los siguientes:

Germinación más rápida y completa.

Mejoran los procesos fisiológicos como: fotosíntesis, respiración, síntesis de proteínas, etc.

Favorecen al desarrollo y multiplicación celular.

Incrementan el volumen y masa radicular, y a la vez mejoran la capacidad de absorción de nutrientes y agua del suelo.

Aumentan la resistencia de la planta a condiciones ambientales adversas, plagas y enfermedades.

Participan activamente en mecanismos de recuperación de plantas expuestas al estrés.

Aumento de la producción y calidad de las cosechas.

#### **2.1.4. Ácidos húmicos**

Las sustancias húmicas se forman a partir de los residuos orgánicos mediante la acción de la actividad microbiana, sobre todo los hongos. Se encuentran sustancias húmicas en el suelo, en las compostas, en las turbas y en la leonardita (Rodríguez, 2017). Los ácidos

húmicos son moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de materia orgánica. Estos influyen directamente en la fertilidad del suelo, a la vez que contribuyen significativamente a su estabilidad, incidiendo en la absorción de nutrientes y como consecuencia directa, en un crecimiento excepcional de la planta (Veobides *et al.*, 2018).

Los ácidos húmicos pueden encontrarse de forma más o menos elevada en todos los suelos, como consecuencia directa de la descomposición de los vegetales (Rodríguez, 2017). Actualmente existen una gran cantidad de agroquímicos que contienen sustancias húmicas en su composición, además de los nutrimentos y otras sustancias orgánicas fisiológicamente activas. Estas sustancias húmicas provienen mayoritariamente de la leonardita (Rodríguez, 2017).

Los ácidos húmicos es la fracción de las sustancias húmicas que son solubles en medio alcalino, pero insolubles en medio ácido. Poseen una estructura flexible y ramificada, con multitud de cavidades internas, lo que determina su capacidad de absorción de agua. Un 35% de la molécula son ácidos con estructuras de carácter aromático, lo cual conforma el centro de la molécula; el restante 65% está constituida por cadenas laterales alifáticas (aminoácidos, péptidos, ácidos alifáticos). Los ácidos húmicos pueden mejorar la disponibilidad de los cationes, tanto por la capacidad de intercambio catiónico, como por la facilidad de quelatación de los mismos (Rodríguez, 2017).

El uso de sustancias húmicas en la agricultura reporta grandes beneficios a las plantas cultivadas. Estos beneficios pueden ser indirectos y directos. Los indirectos se refieren a que las sustancias húmicas que se encuentran en el suelo o se aplican a los terrenos agrícolas, mejoran la fertilidad del mismo. Esto incluye incrementar de la actividad microbiana, la disponibilidad de los nutrimentos, además de modificar favorablemente los atributos físicos y químicos del suelo (Veobides *et al.*, 2018).

Los beneficios directos, los cuales suponen la absorción de las sustancias húmicas o fracciones de ellas por las plantas y su intervención en el metabolismo de las mismas. Modifican la permeabilidad de las membranas y consecuentemente la absorción nutrimental; mejoran la síntesis de las proteínas y consecuentemente la actividad de las enzimas y la composición de las membranas celulares; elevan la fotosíntesis al incrementar la cantidad de clorofila; actúan protegiendo las hormonas o actúan de manera similar a ellas. Esto se

traduce finalmente en una mayor tolerancia de la planta al estrés ambiental, tales como la salinidad, así como en una mayor producción y calidad de las cosechas (Rodríguez, 2017).

Los ácidos húmicos contribuyen a la mejora de la estructura del suelo. Por el proceso de humificación y mediante síntesis microbiológica se producen nuevos compuestos químicos de masa molecular grande y de color oscuro, que contribuyen a la fracción edáfica del suelo (Zamora, 2014). Adicionalmente, Veobides *et al.* (2018), indican que los ácidos húmicos aplicados foliarmente constituyen un bioestimulante y nutriente tanto al follaje como a las raíces que mejora el balance nutricional de los cultivos, reduciendo el efecto de estrés causado por el déficit de nutrientes y agua.

Los efectos indirectos de las sustancias húmicas (SH) en las plantas incluyen el mejoramiento de las características químicas, físico-químicas y biológicas del suelo, a través de aumento en la retención de agua y nutrientes, influencia en la diversidad de microorganismos benéficos y la formación de complejos con iones, principalmente micronutrientes como el hierro (Fe) y zinc (Zn). Estos efectos son ampliamente aceptados como contribuyentes a la fertilidad del suelo y los mecanismos de la acción indirecta dilucidados y ampliamente aceptados (Veobides *et al.*, 2018).

Los efectos bioestimulantes de las sustancias húmicas sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas han sido extensamente estudiados, encontrándose incremento en la longitud del tallo, raíz, hojas, masa fresca y seca, tamaño y calidad de los frutos; así como el aumento de los rendimientos en las cosechas (Trevisan *et al.*, 2010). La promoción del crecimiento de plantas por sustancias húmicas, definida aquí como bioestimulación, está bien documentada en la literatura (Nardi *et al.*, 2002; Canellas & Olivares, 2014). En soporte de esto, un estudio previo mostró que la masa seca de brotes y raíces de plantas herbáceas, se incrementó cerca de un 22 % en respuesta a la aplicación exógena de sustancias húmicas (Rose *et al.*, 2014).

### **2.1.5. Quitosano**

El quitosano es un polisacárido lineal compuesto de cadenas distribuidas aleatoriamente de  $\beta$ -(1-4) D-glucosamina y N-acetil-D-glucosamina. En los últimos 20 años, ha experimentado un verdadero “boom” en sus aplicaciones biotecnológicas, en campos tan distantes como el tratamiento de aguas, industria alimenticia, cosmética, medicina y agricultura. De hecho, el

quitosano que se aplica en la agricultura proviene de un material tan inocuo como puede ser el exoesqueleto de crustáceos marinos, es decir, los caparazones de las gambas o cangrejos (Trichodex, 2016). Fue descubierto por el profesor C. Rouget en 1859, quien al tratar quitina con una solución caliente de hidróxido de potasio obtuvo un producto soluble en ácidos orgánicos; la llamó quitina modificada, pero más tarde fue, en 1894, estudiada por Félix Hoppe-Seyler quién la denominó quitosano. A pesar de que su principal fuente es la desacetilación térmica de la quitina; es posible encontrarlo, en estado natural en otras fuentes no muy comunes (Nieto & Orellana, 2011).

Las propiedades antimicrobianas de la quitina y el quitosano son conocidas por el hombre desde la antigüedad. En un principio, no se conocía la relación entre dichas propiedades y la composición química de estos materiales. Sí se conocían, no obstante, sus propiedades curativas, las cuales fueron aprovechadas ampliamente, como por ejemplo en la aceleración de la cicatrización de heridas. En este sentido, se sabe que los primeros mexicanos usaban preparaciones derivadas de hongos para acelerar la cicatrización de heridas y que los coreanos primitivos utilizaban quitina, proveniente de la pluma de calamar, para favorecer la curación de abrasiones corporales (Lárez, 2006).

El quitosano se puede encontrar de forma natural en las paredes celulares de algunas plantas y hongos, por ejemplo, en el *Mucor rouxii*, llega a representar hasta un tercio de su peso. Sin embargo, la fuente más importante de quitosano, a nivel industrial, lo constituye la quitina, la cual, mediante un proceso de desacetilación química o enzimática, ha permitido producirlo a gran escala (Lárez, 2006).

El uso del quitosano en actividades agrícolas es mucho más reciente, pero, a pesar de ello, puede considerarse hoy en día abundante y en aumento (Lárez, 2008). Es el segundo polisacárido más abundante en el planeta después de la celulosa. El quitosano es más apropiado para aplicaciones biotecnológicas que la quitina debido a su mayor solubilidad en agua y disolventes orgánicos. Por ello, es necesario hidrolizar la quitina de los crustáceos para desacetilarla y transformarla en quitosano (Trichodex, 2016).

Trichodex (2016), indica que el producto posee una potente acción elicitora que protege al cultivo frente al ataque de hongos y bacterias de una forma indirecta, mediante la activación de diversas rutas metabólicas:

Aumenta la concentración de fitoalexinas; compuestos fenólicos de bajo peso molecular con acción antimicrobiana.

Aumenta la concentración de Proteínas relacionadas con la patogénesis (Proteínas PR); enzimas con actividad antibiótica que producen las plantas y cuya actividad catalítica va dirigida a desnaturalizar los componentes de la pared celular del patógeno.

Favorece la síntesis de depósitos de calosa, lignina y suberina en la pared celular del vegetal, fortaleciendo los tejidos del cultivo.

Lárez (2006), menciona que en el campo de la agricultura son muchísimas las aplicaciones en este campo que se han venido desarrollando, entre las más comunes se tiene:

Recubrimiento de semillas con películas de quitosano para su conservación durante el almacenamiento.

Sistemas liberadores de fertilizantes.

Agente bactericida y fungicida para la protección de plántulas (inicio de las plantaciones).

Una aplicación potencial del quitosano en la agricultura, está en la encapsulación de embriones para preparar semillas artificiales; puede encapsularse conjuntamente con los componentes nutrientes, factores de crecimiento de las plantas, fungicidas, etc., formando una matriz protectora (Nieto y Orellana, 2011).

El uso del quitosano ha tomado mayor relevancia como queda demostrado con el incremento del número de publicaciones a nivel mundial en este tema en los últimos años. Al ser un producto natural, biodegradable y no tóxico podría alcanzar las necesidades mundiales de una agricultura sustentable. Sin embargo, debido a la gama de productos hortofrutícolas existentes en el mercado aún queda por evaluar su efecto en muchos de ellos. Por otro lado, de las principales características del quitosano es su capacidad de inducir mecanismos de resistencia en el producto tratado, tema aún muy incipiente en el área postcosecha y por último, evaluaciones del efecto sinérgico del quitosano con otros métodos naturales de control biológicos o físico-químicos serían de gran utilidad para proveer de otras alternativas de control de las enfermedades postcosecha (Bautista *et al.*, 2005).

Berumen *et al.* (2015), evaluaron el efecto del quitosano en la inducción de resistencia contra *Colletotrichum* sp. en frutos de mango. A nivel *in vitro* el Quitosano inhibió la germinación de esporas, la elongación del tubo germinativo y el crecimiento micelial de *Colletotrichum* sp. Para los tratamientos aplicados a los frutos en postcosecha, el quitosano a concentraciones de 1.0 y 1.5% inhibió por completo a *Colletotrichum* sp. Comparado con el control, el quitosano al 1.0% aumentó la actividad enzimática y la expresión del gen que codifica para la peroxidasa, esta respuesta pudiera considerarse como un posible mecanismo de acción del quitosano en frutos de mango.

Por otra parte, Morales *et al.* (2015) se propusieron evaluar algunos componentes del crecimiento y el rendimiento en plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) sometidas a la aplicación foliar de diferentes dosis de QuitoMax (bioproducto a base de polímeros de quitosano) en dos momentos del desarrollo del cultivo. El trabajo se realizó durante tres ciclos del cultivo (2009-2010; 2010-2011 y 2011-2012). En el primer ciclo se contó con cuatro tratamientos en los que, además del control en el que no se aplicó el producto, se utilizaron dos en los que se empleó una dosis de 300 mg/ha a los 30 o a los 50 días posteriores a la plantación y otro en el que se aplicaron dos dosis de 150 mg/ha una a los 30 días y la otra a los 50 días posteriores a la plantación. En los dos ciclos siguientes se contó además del control, con nueve tratamientos en los que se aplicaron dosis de 100, 300 y 500 mg/ha, tanto a los 30 como a los 50 días posteriores a la plantación y otros tres en los que se aplicaron 50, 150 y 250 mg/ha en los dos momentos antes señalados.

Las variables evaluadas por Morales *et al.* (2015) fueron la longitud y diámetro de los tallos, el número de hojas por planta, el número de tubérculos por planta, la masa fresca promedio de los tubérculos y su porcentaje de materia seca. Además, estos autores estimaron los rendimientos en base a las masas fresca y seca de los tubérculos. El análisis de los resultados mostró una mejor respuesta de las plantas cuando éstas recibieron dos aplicaciones de QuitoMax, destacándose el tratamiento en el que las plantas recibieron 150 mg/ha, el que provocó un aumento significativo del rendimiento, superior a un 15 % en relación al control no aplicado.

El gel de Quitosano aplicado por Molina *et al.* (2017) a la variedad de arroz SD20 para mejorar su cultivo reflejó que las tratadas con Quitosano presentaron alturas mayores, con

incrementos de altura hasta de 16.57% en comparación al testigo. Además, produjo un incremento de la raíz de 52% para los 12 días de siembra en comparación con el testigo.

Molina *et al.* (2017), en las plantas de arroz observaron un color verde más intenso que en lote testigo, estos resultados se deben a la capacidad estimulante del quitosano, ya que actúa mejorando el enraizamiento y la producción de área foliar de la planta. Se encontró una diferencia de 1025 kg/ha, y un incremento en la cosecha de 16.21% con respecto al tratamiento sin quitosano. Estos resultados sugieren que el cultivo de arroz, variedad SD20A, tuvo un desarrollo vegetativo mejor con el tratamiento con quitosano (Molina *et al.*, 2017).

En arroz de la variedad INCA LP 5, Rodríguez *et al.* (2017) evaluaron diferentes momentos y forma de aplicación del Quitomax®, cuyo principio activo es el quitosano, en la altura final de la planta y componentes del rendimiento. Para ello, realizaron un tratamiento a la semilla con una concentración de 1 g/L y aspersiones foliares a una dosis de 360 mg/L en dos momentos a los 25 y 60 días después de la germinación.

Los resultados obtenidos por Rodríguez *et al.* (2017) demostraron que la aplicación de Quitomax® al cultivar de arroz INCA LP 5 estimula el rendimiento en las condiciones edafoclimáticas del municipio Los Palacios en Pinar del Río, evidenciando que la mejor respuesta del cultivar se obtuvo al tratar la semilla y cuando recibieron las dos aplicaciones foliares del mencionado producto en estudio, lo que da mayor realce a este producto en estudio.

Martínez *et al.* (2007), estudiaron el efecto del tratamiento de semillas con quitosano sobre el crecimiento de plantas de tomate variedad Amalia. Estos autores trataron las semillas con diferentes concentraciones de quitosano (0, 1, 10, 100, 1000, 2000 mg/L) durante dos tiempos (cuatro y ocho horas), se germinaron en placas Petri y cinco días después, se colocaron en bandejas de polieturano. A los 22 días de la transferencia, se seleccionaron 22 plantas para evaluar la altura, el diámetro del tallo, la longitud de raíces y la masa seca de cada órgano. Los resultados mostraron que la mejor respuesta, de manera general, se obtuvo cuando las semillas fueron tratadas con 1 mg/L de quitosano durante cuatro horas, ya que esta concentración estimuló de forma significativa la masa seca de las plantas, aunque no modificó el resto de los indicadores estudiados.

### 2.1.6. Micorrizas

Las micorrizas son asociaciones entre la mayoría de las plantas existentes y los hongos benéficos, que incrementan el volumen de la raíz y, por tanto, permiten una mayor exploración de la rizosfera. Son considerados los componentes más activos de los órganos de absorción de los nutrientes de la planta, la que a su vez provee al hongo simbionte de nutrientes orgánicos y de un nicho protector (Corredor, 2008).

La mayoría de las plantas terrestres establecen en sus raíces al menos uno de los tres tipos de asociaciones micorrízicas, de las cuales, la micorriza de tipo arbuscular es la simbiosis más extendida sobre el planeta, no solo por el número de plantas hospederas que son capaces de colonizar, sino también por su amplia distribución geográfica. Su nombre está asociado con estructuras especializadas denominadas arbuscúlos, que se forman en las células corticales de la raíz como resultado de la interacción planta-hongo. Estas estructuras constituyen el punto de intercambio de metabolitos entre los dos participantes de la simbiosis (Noda, 2009).

La principal característica morfológica de estas micorrizas son los arbuscúlos, estructuras típicas de la colonización que el hongo desarrolla en el interior de las células de la corteza de la raíz por ramificación de sus hifas. Estas estructuras le dan el nombre de arbusculares a este tipo de micorrizas (MA) (Barea *et al.*, 2016).

Las micorrizas son tan antiguas como las propias plantas y se conoce su existencia desde hace más de cien años; estimándose que aproximadamente el 95 % de las especies vegetales conocidas establecen de forma natural y constante este tipo de simbiosis con hongos del suelo (García, 2017).

La simbiosis micorrícica es la asociación hongo-planta más antigua y extendida del mundo, presente incluso en ecosistemas áridos, degradados y/o alterados por la actividad humana, incluidos los suelos altamente contaminados con residuos industriales (Finlay, 2008).

La simbiosis micorrízica es un fenómeno ampliamente fundamentado y reconocido por la comunidad científica internacional, y no hay duda de los incrementos en la absorción de los nutrientes y el agua en las plantas micorrizadas, así como de un mayor crecimiento y

rendimiento de los cultivos. Aunque las publicaciones sobre este tema se incrementan constantemente, son pocos los ejemplos prácticos de manejo de la simbiosis. Sin embargo, un manejo efectivo de esta se ha impulsado en los últimos años, a través de la utilización de las micorrizas vesículo arbusculares (Noda, 2009).

El interés de esta simbiosis radica en sus demostrados efectos en el aporte de nutrientes y agua a las plantas, así como en la protección de estas frente a agentes o situaciones (ataque de patógenos, salinidad, sequía, contaminantes) que causan estrés a los cultivos, lo que repercute en la producción de alimentos sanos (Barea *et al.*, 2016). Se estima que existen más de 5 000 especies de hongos (pertenecientes a los basidiomicetes y ascomicetes) y alrededor de 2 000 plantas (tanto angiospermas como gimnospermas) que forman simbiosis ectomicorrízicas (Agarwal & Sah, 2009).

Es una tecnología que puede ser aplicada en mayor escala en las empresas productoras del país; sin embargo, existe aún poco conocimiento sobre la adquisición, aplicación y manejo del producto, por lo que se debe continuar extendiendo su conocimiento y sus resultados (Noda, 2009).

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) son hongos del suelo pertenecientes al phylum *Glomeromycota* que normalmente forman asociaciones mutualistas con las raíces de la mayoría de las plantas vasculares (Jeffries *et al.*, 2003). En esta asociación, denominada micorriza arbuscular (MA), el hongo coloniza de manera extra e intercelular el córtex de la raíz, desarrollando un intrincado micelio externo que rodea la raíz de las plantas colonizadas. Este micelio forma una conexión continua entre la solución del suelo y la planta, lo que permite la captación de iones desde el suelo y su transporte a la raíz del hospedero, lo que influye de manera activa la nutrición mineral. En sentido inverso, el HMA recibe compuestos carbonados provenientes de la fotosíntesis de la planta, necesarios para su metabolismo por tratarse de un simbionte obligado, que requiere de la interacción con la planta para completar su ciclo de vida (Bago & Bécard, 2002).

La simbiosis MA además de contribuir positivamente en las plantas mediante su rol biorregulador y bioprotector, ha demostrado un efecto positivo en la respuesta de plantas cuando se utilizan especies de HMA como biofertilizantes. Sin embargo, se debe conocer la población nativa de HMA para hacer más óptimo el proceso de biofertilización. Diversos

ecotipos de HMA muestran diferentes grados de resistencia a la aplicación de fertilizantes y productos fitosanitarios, teniendo consecuencias de interés práctico la selección de HMA específicos para una planta en el suelo que ha recibido dichos aportes. Además, la combinación con otros microorganismos del suelo como la inoculación con rizobacterias puede aumentar significativamente la colonización MA mostrando un efecto positivo en la promoción del crecimiento vegetal (Seguel, 2014).

La actividad simbiótica que presentan los hongos formadores de micorrizas puede constituir un componente biotecnológico importante para el incremento de la productividad hortícola. Dentro de los beneficios que aporta la simbiosis HMA-planta hospedante, se encuentra la promoción del crecimiento y mayor nutrición mineral de la planta (Díaz *et al.*, 2013). La micorrización incrementa el crecimiento y favorece una serie de cambios a nivel morfológico en raíces, lo cual hace que las plantas sean más tolerantes al daño por nematodos gracias a que el incremento en la ramificación de las raíces en plantas micorrizadas contrarresta los impactos negativos de los nematodos (Hol & Cook, 2005).

De acuerdo a Popoff (2016) y García (2017), los beneficios de los hongos micorrízicos en las plantas son:

Incrementan el área fisiológicamente activa en las raíces: Incrementan la captación de las plantas de agua y nutrientes como fósforo, nitrógeno, potasio y calcio del suelo.

Incrementan la tolerancia de las plantas a las temperaturas del suelo y acidez extrema causadas por la presencia de aluminio, magnesio y azufre

Proveen protección contra ciertos hongos patógenos y nemátodos: Inducen relaciones hormonales que producen que las raíces alimentadoras permanezcan fisiológicamente activas por periodos mayores que las raíces no micorrizadas.

Para el hongo: reciben principalmente carbohidratos y vitaminas desde las plantas.

Pimienta *et al.* (2009), evaluaron el efecto de la simbiosis de hongos micorrízicos vesículo arbusculares (MVA) en el crecimiento, la fotosíntesis estacional y la anatomía foliar en plantas jóvenes de *Agave tequilana*. Para ello se establecieron en macetas y fueron

inoculadas con una de dos cepas de hongos MVA: *Glomus fasciculatum* o *Glomus intraradices*, para su comparación con testigos sin inoculación. Las variables fisiológicas y morfológicas evaluadas fueron: tasa de fotosíntesis, número de hojas jóvenes, longitud, ancho y grosor de hojas maduras, y porcentaje de colonización de raíces por hongos MVA. La inoculación incrementó la fotosíntesis, siendo esta mayor en individuos tratados con la cepa Gi que con la Gf y las plantas testigo, lo cual se relacionó con un aumento en el grosor del mesófilo, que fue más notable en el clorénquima. Sin embargo, las micorrizas no afectaron las variables relacionadas con el crecimiento, la longitud y el ancho de las hojas.

Alvarado *et al.* (2014), evaluaron la respuesta de tomate cv. El Cid a la inoculación micorrízica en una estructura casa-sombra. Las plántulas se trasplantaron en suelo, inoculadas o no con *Rhizophagus intraradices*. Las plantas inoculadas incrementaron significativamente el contenido de clorofila, altura de planta y la colonización micorrízica, comparado con plantas no inoculadas. Igualmente, se observaron incrementos significativos en el largo, diámetro y peso de fruto, además, aumentó el rendimiento de fruto por corte y el rendimiento acumulado en 30%. El efecto *R. intraradices* como promotor del rendimiento de tomate en agricultura protegida puede representar un manejo eficiente de producción.

Díaz *et al.* (2013) evaluaron la nutrición y la calidad de fruto de pimiento cv. Valeria, por efecto de la inoculación con el hongo micorrízico arbuscular (HMA) *Rhizofagus intraradices*, en invernadero. El cultivo fue manejado con sistema de fertiriego y la inoculación del HMA fue en el trasplante. Las plantas inoculadas mostraron incrementos en índice de clorofila, contenidos foliares de N, P, Fe y Zn, y colonización micorrízica, comparados con plantas no inoculadas. También se manifestaron diferencias en la calidad de fruto. Por tamaño, los frutos de plantas no inoculadas alcanzaron el grado 2, mientras que con el HMA alcanzaron el grado 1, con un incremento de peso de 30%. La inoculación con el HMA representa un manejo biotecnológico que puede ser adicionado dentro de las prácticas de producción hortícola en invernadero.

Los estudios sobre el uso de la micorriza en la agricultura han mostrado ser beneficiosos para las plantas y el suelo. Para tener una agricultura sustentable sería beneficioso reducir el uso de fertilizantes y plaguicidas que puedan afectar la salud del consumidor y el medio ambiente. Por último, aumentar el uso de biofertilizante también puede reducir los costos de la producción de alimentos en el sistema agrícola (Canchani *et al.*, 2018).

# **CAPÍTULO III**

## **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. Localización de la investigación

La presente investigación se llevó a cabo en el campus “La María” en la zona del cantón Mocache, provincia de Los Ríos, ubicada en el kilómetro 7.5 de la vía Quevedo- El Empalme. La ubicación geográfica del sitio experimental es de 01° 06’ 24” de latitud Sur y 79° 29’ 70” de longitud Oeste, a una altitud de 75 metros sobre el nivel del mar. El predio se encuentra en una zona climática tropical húmeda, su temperatura media anual es de 24.8 °C, precipitación media anual de 2252.0 mm; humedad relativa 84.0 %, y 894.0 horas luz por año. El suelo presenta una topografía plana, textura franco-limoso con un pH promedio de 5.5.

### 3.2. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo experimental, en la cual se manejaron tratamientos y se realizó la evaluación de diferentes variables agronómicas para medir su influencia en las mismas. Además, tuvo características exploratorias, ya que, a la actualidad, no existen precedentes de investigaciones similares en el cultivo de pimiento en el área de estudio.

### 3.3. Métodos de investigación

**Método inductivo:** la aplicación de este método tuvo lugar en la delimitación de las variables de respuesta, en base a los objetivos de la investigación.

**Método deductivo:** se utilizó para la determinación del efecto específico de los tratamientos en estudio, sobre las diferentes variables de respuesta en cuanto a diferentes aspectos del crecimiento y desarrollo del cultivo de pimiento en condiciones controladas.

**Método analítico:** se hizo uso de este método durante el análisis de los datos obtenidos a través de la evaluación de las variables ingresados en la base de datos formulada con la información obtenida en la evaluación de las variables de respuesta, para finalmente, reflejar resultados alineados a los objetivos de la investigación.

### 3.4. Fuentes de recopilación de la información

La información plasmada en el presente documento se obtuvo de fuentes primarias mediante la observación directa, es decir los datos provenientes del registro de las variables de

respuesta. Además, también se extrajo información de fuentes secundarias como libros, revistas, folletos, boletines divulgativos, manuales técnicos, y demás fuentes bibliográficas.

### 3.5. Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x4 en 3 repeticiones, siendo el primer factor las variedades, y el segundo los bioestimulantes. Todas las variables de respuesta fueron sometidas al respectivo análisis de varianza y se aplicó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad para la comparación de las medias de los tratamientos. El correspondiente análisis estadístico se lo realizó en Infostat versión 2018, para lo cual previamente se ingresaron los datos en una hoja de cálculo de Excel 2016.

El esquema del análisis de varianza se presenta en la siguiente Tabla:

Tabla 1. Esquema del análisis de varianza utilizado en el ensayo

| <b>Fuentes de variación</b> | <b>Grados de libertad</b> |
|-----------------------------|---------------------------|
| Variedades                  | 1                         |
| Bioestimulantes             | 3                         |
| Variedades*Bioestimulantes  | 3                         |
| Error                       | 19                        |
| Total                       | 23                        |

#### 3.5.1. Especificaciones del experimento

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| Número de variedades:                      | 2   |
| Número de bioestimulantes:                 | 3   |
| Número de testigo (control):               | 2   |
| Número de tratamientos:                    | 8   |
| Número de repeticiones:                    | 3   |
| Número de unidades experimentales:         | 24  |
| Número de plantas por unidad experimental: | 10  |
| Número de plantas por tratamiento:         | 30  |
| Total de plantas por repeticiones:         | 80  |
| Total de plantas en el ensayo:             | 240 |

### **3.6. Instrumentos de investigación**

#### **3.6.1. Factores estudiados**

**Factor A:** Variedades de pimiento

**V<sub>1</sub>:** Magaly

**V<sub>2</sub>:** Lycal

**Factor B:** Bioestimulantes

**B<sub>1</sub>:** Ácidos húmicos (1:30 v/v)

**B<sub>2</sub>:** Quitosano (3 g /l de agua)

**B<sub>3</sub>:** Hongos micorrízicos (20g de esporas/ml)

**B<sub>4</sub>:** Control

#### **3.6.2. Tratamientos estudiados**

**V<sub>1</sub>B<sub>1</sub>:** Lycal + Ácidos húmicos (1:30 v/v)

**V<sub>1</sub> B<sub>2</sub>:** Lycal + Quitosano (3 g /l de agua)

**V<sub>1</sub> B<sub>3</sub>:** Lycal + Hongos micorrízicos (20g de esporas/ml)

**V<sub>1</sub> B<sub>4</sub>:** Lycal + Control

**V<sub>2</sub> B<sub>1</sub>:** Magaly + Ácidos húmicos (1:30 v/v)

**V<sub>2</sub> B<sub>2</sub>:** Magaly + Quitosano (3 g /l de agua)

**V<sub>2</sub> B<sub>3</sub>:** Magaly + Hongos micorrízicos (20g de esporas/ml)

**V<sub>2</sub> B<sub>4</sub>:** Magaly + Control

#### **3.6.3. Manejo del experimento**

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en un invernadero, controlando las condiciones para el cultivo implementado. El manejo se realizó en función de las dos etapas estudiadas: etapa de semillero y de crecimiento y desarrollo de la planta de pimiento.

##### **3.6.3.1. Preparación de sustrato para semillero**

La mezcla para el sustrato de los semilleros se realizó a razón de 4:2:1, cuatro partes de tierra dos partes de materia orgánica y una parte de arena, con el objetivo de disponer de un sustrato de elementos básicos que permite dejar un correcto porcentaje de porosidad.

Los componentes del sustrato se homogenizaron, mezclando con la ayuda de una pala, y se adicionó agua hasta que éste alcanzó su capacidad de campo.

#### **3.6.3.2. Tratamiento de las semillas**

Las semillas se desinfectaron previamente mediante la inmersión por cinco minutos en una solución de hipoclorito de calcio, conteniendo 5% de cloro activo. Se sembraron semillas de pimienta variedad Lycal y Magaly a las cuales se les trataron con los bioestimulantes, en las dosis respectivas ya señaladas. El proceso para el tratamiento de las semillas fue corto, puesto que solo se las sumergieron por un lapso de 15 minutos, para posteriormente darles reposo por un período de tres horas antes de la siembra.

#### **3.6.3.3. Siembra en semilleros**

La siembra se llevó a cabo en bandejas germinadoras, utilizando el sustrato antes mencionado. Las semillas tratadas previamente con los bioestimulantes en estudio, se sembraron una por cada cavidad de la bandeja germinadora, en hoyos de 5 mm en el centro del orificio de la germinadora, en donde se ubicó la semilla.

#### **3.6.3.4. Trasplante**

La siembra definitiva de las plántulas de pimienta se realizó una vez transcurridos 25 días de la siembra en las bandejas germinadoras, para esto se dispuso de macetas de 60 x 60 cm, en donde se establecieron de manera definitiva a las plántulas obtenidas.

#### **3.6.3.5. Control de malezas**

El control de malezas estuvo sujeto a la presencia de las mismas, eliminándolas de forma manual, a fin de causar la mínima interferencia posible de éstas sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas dentro de la estructura en la que llevó a cabo el ensayo.

#### **3.6.3.6. Tutorado y amarre**

El tutorado se realizó a los 20 días después del trasplante, utilizando estacas o cañas en los extremos de cada hilera de pimienta, a favor de obtener una línea de alambre aérea para la fijación de piolas que fueron amarradas a la base de cada planta.

### **3.6.3.7. Aplicación de los bioactivos**

Se realizaron dos aplicaciones de los bioactivos en estudio: una inmediatamente después de la siembra, y otra al momento de la floración, siguiendo las dosificaciones de cada tratamiento.

### **3.6.3.8. Riego**

Se efectuaron riegos semanales, evitando de esta manera estrés hídrico en las plantas. La aplicación del agua se la hizo utilizando regaderas, mojando el sustrato en su totalidad.

### **3.6.3.9. Cosecha**

La recolección de los frutos se la efectuó utilizando una tijera de podar previamente desinfectada con alcohol al 90%. Los frutos se cosecharon cuando se observó la madurez fisiológica, evidenciándose su aptitud para las comercialización y consumo.

## **3.6.4. Variables evaluadas**

### **3.6.4.1. Porcentaje de emergencia**

Para la evaluación de esta variable se utilizó la siguiente fórmula:

$$PE = NPE / NSS * 100$$

Dónde:

PE: Porcentaje de emergencia

NPE: Número de plantas emergidas

NSS: Número de semillas sembradas

Las plántulas emergidas se evaluaron a los 10 días después de la siembra, tomando en consideración plántulas normales y germinadas todas aquellas semillas que presenten buen desarrollo de sus estructuras esenciales (plúmula y radícula).

### **3.6.4.2. Altura de planta (cm)**

Esta variable se registró midiendo con una cinta métrica a partir de la base del tallo por debajo del primer entrenudo hasta la parte superior de las ramas o copa de la planta.

#### **3.6.4.3. Diámetro del tallo (mm)**

Se midió el diámetro del tallo utilizando un calibrador digital, promediando y expresando el valor en milímetros.

#### **3.6.4.4. Biomasa fresca y seca**

La biomasa fresca y seca de parte aérea (tallos + hojas) y de radícula se determinó utilizando una balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204). Una vez obtenido el peso fresco de la planta, se colocó en bolsas de papel y se la llevó a una estufa de secado (Shel-Lab, modelo FX-5, serie-1000203) a una temperatura de 80°C durante 72 horas hasta obtener su deshidratación completa. Posteriormente se pesaron en balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204), expresando el peso en gramos de materia vegetal seca.

#### **3.6.4.5. Número de frutos por planta**

Se contabilizó el número de total de frutos cosechados por planta en cada tratamiento para posteriormente promediar.

#### **3.6.4.6. Longitud del fruto (cm)**

Para la longitud del fruto se utilizaron todos los frutos de las plantas de cada tratamiento, midiendo con una cinta métrica para posteriormente promediar.

#### **3.6.4.7. Diámetro del fruto (mm)**

El diámetro del tallo fruto se registró utilizando un calibrador digital, en los mismos frutos considerados para la evaluación de la variable anterior. Se expresó el promedio en mm.

#### **3.6.4.8. Peso del fruto (g)**

Se pesaron todos los frutos provenientes de cada planta en una balanza digital, y se expresó el promedio en g.

#### **3.6.4.9. Rendimiento (kg/ha)**

La producción agrícola del cultivo en cada cosecha se determinó por el peso de los frutos por planta ponderado a una hectárea, considerando tres cosechas realizadas en el cultivo.

### **3.7. Recursos humanos y materiales**

#### **3.7.1. Recursos humanos**

Estudiante responsable del Proyecto de Investigación

Docente Directora del Proyecto de Investigación

#### **3.7.2. Recursos materiales**

Balanza digital

Bandejas germinadoras

Calibrador digital

Cinta métrica

Computador

Cuaderno de campo

Esferos

Flexómetro

Fundas perforadas para vivero

Hojas de papel bond

Impresora

Macetas

Manguera

Marcador

Memoria USB 16 Gb

Pala

Regaderas

Regla

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## **4.1. Resultados**

### **4.1.1. Porcentaje de germinación y emergencia**

En la Tabla 2, se presentan los promedios correspondientes al porcentaje de germinación y emergencia de dos variedades de pimiento a aplicación de los tratamientos en estudio. El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para las variedades y bioestimulantes en estudio, mientras que para las interacciones no reflejó significancia estadística, con un coeficiente de variación de 5.22%.

La variedad Magaly produjo el mayor porcentaje de germinación con 96.67%, superando estadísticamente a la variedad Lycal que registró un 78.33% de germinación. La aplicación de ácidos húmicos produjo mayor porcentaje de germinación con 93.33%, sin diferir estadísticamente de quitosano y micorrizas con 91.67 y 88.33% de germinación, respectivamente, superiores estadísticamente al testigo que registro un porcentaje de germinación de 76.67%.

La utilización de los tres bioestimulantes en la variedad Magaly produjo un 100% de germinación de la semilla, superando estadísticamente a las demás interacciones que registraron entre 66.67 y 86.67% de germinación.

En lo correspondiente al porcentaje de emergencia de plántulas, el respectivo análisis de varianza demostró que los factores en estudio e interacciones alcanzaron alta significancia estadística, con un coeficiente de variación de 3.50 %.

La variedad Magaly produjo un 95% de emergencia de plántulas, estadísticamente superior a la variedad Lycal que registró un 70% de emergencia de plántulas. Con la utilización de ácidos húmicos se registró el mayor porcentaje de emergencia de plántulas con 90%, en igualdad de estadística con quitosano que registró un 86.67% de emergencia, superiores estadísticamente a micorrizas y testigo que registraron valores de 83.33 y 70% de emergencia de plántulas.

La aplicación de los tres bioestimulantes en estudio en la variedad Magaly presentaron un 100% de emergencia de plántulas, superando estadísticamente las demás interacciones cuyos porcentajes de emergencia oscilaron entre 60 y 80%.

Tabla 2. Germinación y emergencia de dos variedades de pimiento (*Capcicum annuum* L.) bajo condiciones protegidas en respuesta a la aplicación de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos

| Tratamientos                         | Germinación (%) | Emergencia (%) |
|--------------------------------------|-----------------|----------------|
| <b>Variedades</b>                    |                 |                |
| V <sub>2</sub> : Lycal               | 96.67 a         | 95.00 a        |
| V <sub>1</sub> : Magaly              | 78.33 b         | 70.00 b        |
| <b>Bioestimulantes</b>               |                 |                |
| B <sub>1</sub> : Ácidos húmicos      | 93.33 a         | 90.00 a        |
| B <sub>2</sub> : Quitosano           | 91.67 a         | 86.67 ab       |
| B <sub>3</sub> : Hongos micorrízicos | 88.33 a         | 83.33 b        |
| B <sub>4</sub> : Control             | 76.67 b         | 70.00 c        |
| <b>Interacciones</b>                 |                 |                |
| Magaly + Ácidos Húmicos              | 100.00 a        | 100.00 a       |
| Magaly + Quitosano                   | 100.00 a        | 100.00 a       |
| Magaly + Hongos micorrízicos         | 100.00 a        | 100.00 a       |
| Magaly + Control                     | 86.67 b         | 80.00 b        |
| Lycal + Ácidos Húmicos               | 86.67 b         | 80.00 b        |
| Lycal + Quitosano                    | 83.33 b         | 73.33 bc       |
| Lycal + Hongos micorrízicos          | 76.67 bc        | 66.67 cd       |
| Lycal + Control                      | 66.67 c         | 60.00 d        |
| <b>Promedio</b>                      | 87.50           | 82.50          |
| <b>Coefficiente de variación (%)</b> | 5.22            | 3.50           |

\* Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p>0.05)

#### 4.1.2. Altura de planta (cm)

En la tabla 3, se presentan los promedios de altura de planta de pimiento a los 25 y 45 días después de la siembra. El análisis de varianza demostró que, para la altura de plantas a los 25 días, las variedades y bioestimulantes alcanzaron alta significancia estadística, mientras que las interacciones no registraron significancia estadística. El coeficiente de variación fue 6.82%. La variedad Magaly presentó las plantas más altas con 18.67 cm, superando estadísticamente a la variedad de Lycal con 16.96 cm. En lo referente a los bioestimulantes, los tres registraron valores estadísticamente iguales siendo la aplicación de ácidos húmicos el que mayor altura de plantas registró o con 19.38 cm, superando estadísticamente el testigo que produjo plantas con altura promedio de 15.70 cm.

La aplicación de ácido húmicos en la variedad Magaly produjo plantas más altas con 20.83 cm, estadísticamente igual a la aplicación de quitosano y micorrizas en dicha variedad y ácidos húmicos en la variedad de Lycal con promedios entre 17.93 y 19.57 cm,

estadísticamente superior a las demás interacciones que registraron altura promedio entre 15.57 y 17.33 cm

Para la altura de planta a los 45 días después de la siembra, el análisis de varianza reflejó alta significancia estadística para las variedades y bioestimulantes, y no mostró significancia estadística para las interacciones, con un coeficiente de variación de 2.84%. La mayor altura de planta a dicha edad del cultivo se registró en la variedad Magaly con 44.87 cm, superando estadísticamente a la variedad Lycal que mostró plantas con altura promedio de 40.71 cm. En lo correspondiente a los bioestimulantes, con la aplicación de ácidos húmicos se obtuvieron plantas de mayor altura con 46.38 cm, estadísticamente superior a los demás bioestimulantes y control que registraron alturas entre 38.90 y 43.90 cm, siendo el testigo el de menor valor. La interacción formada por la variedad Magaly y la aplicación de ácidos húmicos registró las plantas de mayor altura con 49.53 cm, superando estadísticamente a las demás interacciones que presentaron plantas, cuya altura osciló entre 37.27 y 45.87 cm.

Tabla 3. Altura de planta a los 25 y 45 DDS (días después de la siembra) de dos variedades de pimiento (*Capcicum annuum* L.) bajo condiciones protegidas en respuesta a la aplicación de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos

| Tratamientos                         | Altura de planta (cm)* |          |
|--------------------------------------|------------------------|----------|
|                                      | 25 DDS                 | 45 DDS   |
| <b>Variedades</b>                    |                        |          |
| V <sub>1</sub> : Magaly              | 18.67 a                | 44.87 a  |
| V <sub>2</sub> : Lycal               | 16.96 b                | 40.71 b  |
| <b>Bioestimulantes</b>               |                        |          |
| B <sub>1</sub> : Ácidos húmicos      | 19.38 a                | 46.38 a  |
| B <sub>2</sub> : Quitosano           | 18.45 a                | 43.90 b  |
| B <sub>3</sub> : Hongos micorrízicos | 17.72 a                | 41.97 b  |
| B <sub>4</sub> : Control             | 15.70 b                | 38.90 c  |
| <b>Interacciones</b>                 |                        |          |
| Magaly + Ácidos Húmicos              | 20.83 a                | 49.53 a  |
| Magaly + Quitosano                   | 19.57 ab               | 45.87 b  |
| Magaly + Hongos micorrízicos         | 18.43 abc              | 43.53 bc |
| Magaly + Control                     | 15.83 c                | 40.53 cd |
| Lycal + Ácidos Húmicos               | 17.93 abc              | 43.23 bc |
| Lycal + Quitosano                    | 17.33 bc               | 41.93 c  |
| Lycal + Hongos micorrízicos          | 17.00 bc               | 40.40 cd |
| Lycal + Control                      | 15.57 c                | 37.27 d  |
| <b>Promedio</b>                      | 17.81                  | 42.79    |
| <b>Coeficiente de variación (%)</b>  | 6.82                   | 2.84     |

\* Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p>0.05)

### 4.1.3. Diámetro del tallo (mm)

En la Tabla 4 se presentan los promedios correspondientes al diámetro del tallo a los 25 y 45 días después de la siembra del cultivo de pimiento en condiciones controladas. Para el diámetro del tallo a los 25 días después de la siembra, ninguna de las fuentes de variación alcanzó el nivel de significancia estadística. El coeficiente de variación fue 14.05%.

La variedad Magaly registró tallos de mayor grosor, con 8.34 mm de diámetro, sin diferir estadísticamente de la variedad Lycal que registró un promedio de 7.62 mm de diámetro del tallo a los 25 días después de la siembra.

Cuando se aplicó ácidos húmicos se presentó mayor diámetro del tallo con 8.87 mm, en igualdad estadística con los demás bioestimulantes y control cuyos valores oscilaron entre 7.10 y 8.28 mm de diámetro del tallo a los 25 días después de la siembra.

La combinación de la variedad Magaly con ácidos húmicos, produjo plantas con tallos de mayor diámetro con 9.23 mm, estadísticamente igual a las demás interacciones que registraron entre 6.80 y 8.60 mm de diámetro del tallo a los 25 días después de la siembra.

A los 45 días después de la siembra, los bioestimulantes alcanzaron alta significancia estadística, mientras que las variedades e interacciones no registraron significancia estadística, con un coeficiente de variación de 9.44 %.

En cuanto a las variedades, la variedad Magaly registró tallos de mayor grosor a los 45 días después de la siembra, con 14.68 mm de diámetro, sin diferir estadísticamente de la variedad Lycal que registró un promedio de 13.60 mm.

La utilización de ácidos húmicos produjo plantas de mayor diámetro del tallo a los 45 días con 16.05 mm, sin diferir estadísticamente de quitosano con 14.12 mm, superiores estadísticamente a Micorrizas y Control con valores de 13.48 y 12.92 mm, respectivamente.

El mayor diámetro del tallo a los 45 días después de la siembra se obtuvo al combinar la variedad Magaly con ácidos húmicos con 16.23 mm, estadísticamente igual a las demás interacciones que registraron promedios entre 12.47 y 15.87 mm.

Tabla 4. Diámetro del tallo a los 25 y 45 DDS (días después de la siembra) de dos variedades de pimiento (*Capcicum annuum* L.) bajo condiciones protegidas en respuesta a la aplicación de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos

| Tratamientos                         | Diámetro del tallo (mm)* |          |
|--------------------------------------|--------------------------|----------|
|                                      | 25 DDS                   | 45 DDS   |
| <b>Variedades</b>                    |                          |          |
| V <sub>1</sub> : Magaly              | 8.34 a                   | 14.68 a  |
| V <sub>2</sub> : Lycal               | 7.62 a                   | 13.60 a  |
| <b>Bioestimulantes</b>               |                          |          |
| B <sub>1</sub> : Ácidos húmicos      | 8.87 a                   | 16.05 a  |
| B <sub>2</sub> : Quitosano           | 8.28 a                   | 14.12 ab |
| B <sub>3</sub> : Hongos micorrízicos | 7.67 a                   | 13.48 b  |
| B <sub>4</sub> : Control             | 7.10 a                   | 12.92 b  |
| <b>Interacciones</b>                 |                          |          |
| Magaly + Ácidos Húmicos              | 9.23 a                   | 16.23 a  |
| Magaly + Quitosano                   | 8.60 a                   | 15.00 a  |
| Magaly + Hongos micorrízicos         | 8.13 a                   | 14.13 a  |
| Magaly + Control                     | 7.40 a                   | 13.37 a  |
| Lycal + Ácidos Húmicos               | 8.50 a                   | 15.87 a  |
| Lycal + Quitosano                    | 7.97 a                   | 13.23 a  |
| Lycal + Hongos micorrízicos          | 7.20 a                   | 12.83 a  |
| Lycal + Control                      | 6.80 a                   | 12.47 a  |
| <b>Promedio</b>                      | 7.98                     | 14.14    |
| <b>Coefficiente de variación (%)</b> | 14.05                    | 9.44     |

\* Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p>0.05)

#### 4.1.4. Biomasa fresca y seca

Los promedios de biomasa fresca y seca por planta de pimiento en condiciones protegidas se presentan en la Tabla 5. En los correspondiente a la biomasa fresca, el análisis de varianza determinó alta significancia estadística para las variedades y bioestimulantes, mientras que para las interacciones no se evidenció significancia estadística. El coeficiente de variación fue de 13.66 %.

La variedad Magaly registró mayor peso de biomasa fresca con 290.60 g, en igualdad estadística con la variedad Lycal que registró un promedio de 228.12 g de peso de biomasa fresca.

La utilización de ácidos húmicos registró la mayor biomasa fresca con 339.38 g, estadísticamente superior a los demás bioestimulantes y control que presentaron valores que fluctuaron entre 190.47 y 272.10 g.

La interacción conformada por la variedad Magaly y la aplicación de ácidos húmicos produjo mayor peso de biomasa fresca con 379.47 g, en igualdad estadística con la combinación de la variedad Magaly con quitosano y Lycal con ácidos húmicos con promedios de 310.33 y 299.30 g, respectivamente, superiores estadísticamente a las demás interacciones cuyos promedios registraron variaron entre 175.77 y 267.43 g.

Las variedades y bioestimulantes mostraron alta significancia estadística para la biomasa seca, mientras que las interacciones no registraron significancia estadística. El coeficiente de variación fue 16.16%.

Para la biomasa seca, el análisis de varianza determinó alta significancia estadística para las variedades y bioestimulantes, y no reflejó significancia estadística para las interacciones, El coeficiente de variación fue de 16.16%.

La variedad Magaly registró mayor peso de biomasa seca por planta con 89.65 g, estadísticamente superior a la variedad Lycal con 67.78 g.

Con la aplicación de ácidos húmicos se obtuvo mayor peso de biomasa seca con 106.72 g, estadísticamente superior a los demás bioestimulantes y control que registraron valores entre 54.60 y 83.17 g, siendo el control el de menor promedio.

La interacción conformada por la variedad Magaly y la aplicación de ácidos húmicos mostró mayor peso de biomasa seca con 120.75 g, sin diferir estadísticamente de la aplicación de quitosano en la variedad Magaly y ácidos húmicos en la variedad Lycal que registraron promedios de 96.55 y 9.69 g, respectivamente, estadísticamente superiores a las demás interacciones que presentaron valores entre 49.46 y 81.54 g de biomasa seca por planta.

Tabla 5. Biomasa fresca y seca de dos variedades de pimiento (*Capcicum annuum* L.) bajo condiciones protegidas en respuesta a la aplicación de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos

| Tratamientos                         | Biomasa (g/planta) * |           |
|--------------------------------------|----------------------|-----------|
|                                      | Fresca               | Seca      |
| <b>Variedades</b>                    |                      |           |
| V <sub>1</sub> : Magaly              | 290.60 a             | 89.64 a   |
| V <sub>2</sub> : Lycal               | 228.12 b             | 67.77 b   |
| <b>Bioestimulantes</b>               |                      |           |
| B <sub>1</sub> : Ácidos húmicos      | 339.38 a             | 106.72 a  |
| B <sub>2</sub> : Quitosano           | 272.10 b             | 83.17 b   |
| B <sub>3</sub> : Hongos micorrízicos | 235.48 bc            | 70.35 bc  |
| B <sub>4</sub> : Control             | 190.47 c             | 54.60 c   |
| <b>Interacciones</b>                 |                      |           |
| Magaly + Ácidos Húmicos              | 379.47 a             | 120.75 a  |
| Magaly + Quitosano                   | 310.33 ab            | 96.55 ab  |
| Magaly + Hongos micorrízicos         | 267.43 bcd           | 81.54 bcd |
| Magaly + Control                     | 205.17 cd            | 59.74 cd  |
| Lycal + Ácidos Húmicos               | 299.30 abc           | 92.69 abc |
| Lycal + Quitosano                    | 233.87 bcd           | 69.79 bcd |
| Lycal + Hongos micorrízicos          | 203.53 cd            | 59.17 d   |
| Lycal + Control                      | 175.77 d             | 49.45 d   |
| <b>Promedio</b>                      | 259.36               | 78.71     |
| <b>Coefficiente de variación (%)</b> | 13.66                | 16.16     |

\* Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p>0.05)

#### 4.1.5. Número de frutos por planta

En la tabla 6, se presentan los promedios del número de frutos por planta. De acuerdo al análisis de varianza, las variedades y bioestimulantes alcanzaron alta significancia estadística, mientras que las interacciones no registraron significancia estadística. El coeficiente de variación fue 20.05%.

La producción de frutos por planta fue mayor en la variedad Magaly con una media de 13.42 pimientos por planta, estadísticamente superior a la variedad Lycal con 10.50 pimientos por planta. Al aplicarse ácidos húmicos se obtuvo mayor número de frutos por planta con 15.33 pimientos, sin diferir estadísticamente de la aplicación de quitosano con 13.17 frutos por planta, superiores estadísticamente a los hongos micorrízicos y control que mostraron promedios de 11.33 y 8.00 frutos por planta.

La interacción compuesta por la variedad Magaly y la aplicación de ácidos húmicos produjo más frutos por planta con 18.33, en igualdad estadística con las interacciones conformadas por la variedad Magaly con la aplicación tanto de quitosano, como de hongos micorrízicos y la variedad Lycal bajo la aplicación tanto de quitosano como de ácidos húmicos que registraron valores que fluctuaron entre 12.33 y 14.00 frutos por planta. Dichas interacciones mostraron diferencia estadística con respecto a las demás interacciones cuyos promedios oscilaron entre 7.33 y 10 frutos. El control produjo menos frutos por planta en ambas variedades en estudio.

Tabla 6. Número de frutos por planta de dos variedades de pimiento (*Capcicum annuum* L.) bajo condiciones protegidas en respuesta a la aplicación de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos

| Tratamientos                         | Número de frutos por planta* |
|--------------------------------------|------------------------------|
| <b>Variedades</b>                    |                              |
| V <sub>1</sub> : Magaly              | 13.42 a                      |
| V <sub>2</sub> : Lycal               | 10.50 b                      |
| <b>Bioestimulantes</b>               |                              |
| B <sub>1</sub> : Ácidos húmicos      | 15.33 a                      |
| B <sub>2</sub> : Quitosano           | 13.17 ab                     |
| B <sub>3</sub> : Hongos micorrízicos | 11.33 bc                     |
| B <sub>4</sub> : Control             | 8.00 c                       |
| <b>Interacciones</b>                 |                              |
| Magaly + Ácidos Húmicos              | 18.33 a                      |
| Magaly + Quitosano                   | 14.00 ab                     |
| Magaly + Hongos micorrízicos         | 12.67 bcd                    |
| Magaly + Control                     | 8.67 cd                      |
| Lycal + Ácidos Húmicos               | 12.33 abc                    |
| Lycal + Quitosano                    | 12.33 bcd                    |
| Lycal + Hongos micorrízicos          | 10.00 cd                     |
| Lycal + Control                      | 7.33 d                       |
| <b>Promedio</b>                      | 11.96                        |
| <b>Coefficiente de variación (%)</b> | 20.05                        |

\* Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p>0.05)

#### 4.1.6. Longitud, diámetro y peso del fruto

Los promedios de la longitud, diámetro y peso del fruto se presentan en la Tabla 7. El análisis de varianza determinó que las variedades y bioestimulantes alcanzaron alta significancia estadística, mientras que las interacciones no registraron significancia estadística para estas tres variables. Los coeficientes de variación fueron 11.63, 7.51 y 10.86% para la longitud, diámetro y peso del fruto, respectivamente.

Los frutos de mayor longitud se colectaron en la variedad Magaly con 11.18 cm, superior estadísticamente a la variedad Lycal que produjo frutos con longitud promedio de 9.65 cm.

Cuando se utilizó ácidos húmicos se registró la mayor longitud del fruto con 12.22 cm, estadísticamente igual a la aplicación de quitosano con 10.67 cm, superiores estadísticamente a los hongos micorrízicos y control que produjeron frutos de 10.00 y 8.77 cm de longitud, respectivamente.

La combinación de la variedad Magaly con la aplicación de ácidos húmicos produjo frutos más largos con 13.13 cm, en igualdad estadística con las interacciones conformadas por la variedad Magaly con la aplicación tanto de quitosano, como de hongos micorrízicos y la variedad Lycal bajo la aplicación de quitosano que registraron valores que variaron entre 10.80 y 11.70. Las mencionadas interacciones mostraron superioridad estadística con respecto a las demás interacciones cuyos promedios oscilaron entre 8.47 y 9.63 cm de longitud del fruto. El control produjo frutos de menor longitud en ambas variedades en estudio.

En la variedad Magaly se obtuvieron frutos de mayor diámetro y peso con valores de 40.67 mm y 81.07 g, respectivamente, superando estadísticamente en ambas variables a la variedad Lycal que registró frutos de 36.00 mm de diámetro y 63.81 g de peso.

La aplicación de ácidos húmicos permitió obtener frutos de mayor diámetro y peso con 43.33 mm y 92.22 g, respectivamente, superando estadísticamente a los demás bioestimulantes y control que registraron frutos con diámetro promedio entre 33.17 y 38.50, con pesos que fluctuaron de 54.60 hasta 73.62 g.

La aplicación de ácidos húmicos en la variedad Magaly produjo frutos de mayor diámetro y peso con 47.00 mm y 105.27 g, respectivamente. En lo referente al diámetro del fruto, esta interacción no difirió estadísticamente de las conformadas por la variedad Magaly tanto con hongos micorrízicos, así como con quitosano, y de la variedad Lycal con ácidos húmicos que registraron promedios entre 39.67 y 41.00 g, superando estadísticamente a las demás interacciones que produjeron frutos con diámetro entre 32.67 y 36.00 mm. Por su parte en cuanto al peso del fruto, la interacción que presentó el más alto valor no presentó diferencia estadística con la combinación de la variedad Magaly con la aplicación de quitosano que

registró frutos con peso promedio de 83.70 g, superando estadísticamente a las demás interacciones que registraron valores entre 52.17 y 79.17 g. El control presentó los valores más bajos de diámetro y peso del fruto en ambas variedades en estudio.

Tabla 7. Longitud, diámetro y peso del fruto de dos variedades de pimiento (*Capcicum annuum* L.) bajo condiciones protegidas en respuesta a la aplicación de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos

| Tratamientos                         | Longitud<br>del fruto<br>(cm)* | Diámetro<br>del fruto<br>(mm)* | Peso del fruto<br>(g)* |
|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| <b>Variedades</b>                    |                                |                                |                        |
| V <sub>1</sub> : Magaly              | 11.18 a                        | 40.67 a                        | 81.07 a                |
| V <sub>2</sub> : Lycal               | 9.65 b                         | 36.00 b                        | 63.81 b                |
| <b>Bioestimulantes</b>               |                                |                                |                        |
| B <sub>1</sub> : Ácidos húmicos      | 12.22 a                        | 43.33 a                        | 92.22 a                |
| B <sub>2</sub> : Quitosano           | 10.67 ab                       | 38.50 b                        | 73.62 b                |
| B <sub>3</sub> : Hongos micorrízicos | 10.00 b                        | 38.33 b                        | 69.32 b                |
| B <sub>4</sub> : Control             | 8.77 b                         | 33.17 c                        | 54.60 c                |
| <b>Interacciones</b>                 |                                |                                |                        |
| Magaly + Ácidos Húmicos              | 13.13 a                        | 47.00 a                        | 105.27 a               |
| Magaly + Quitosano                   | 11.70 ab                       | 41.00 ab                       | 83.70 ab               |
| Magaly + Hongos micorrízicos         | 10.80 ab                       | 41.00 ab                       | 78.27 bc               |
| Magaly + Control                     | 9.07 b                         | 33.67 bc                       | 57.03 cd               |
| Lycal + Ácidos Húmicos               | 11.30 ab                       | 39.67 ab                       | 79.17 bc               |
| Lycal + Quitosano                    | 9.63 b                         | 36.00 bc                       | 63.53 bcd              |
| Lycal + Hongos micorrízicos          | 9.20 b                         | 35.67 bc                       | 60.37 cd               |
| Lycal + Control                      | 8.47 b                         | 32.67 c                        | 52.17 d                |
| <b>Promedio</b>                      | 10.41                          | 38.33                          | 72.44                  |
| <b>Coeficiente de variación (%)</b>  | 11.63                          | 7.51                           | 10.86                  |

\* Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p>0.05)

#### 4.1.7. Rendimiento (kg/ha)

En la Tabla 8, se presentan los promedios correspondientes al rendimiento del cultivo de pimiento en condiciones protegidas. El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para todas las fuentes de variación, con un coeficiente de variación de 22.59%.

La variedad Magaly produjo un rendimiento de 22 916.67 kg/ha, estadísticamente superior a la variedad Lycal con 13 750.00 kg/ha.

La aplicación de ácidos húmicos generó el mayor rendimiento con 29 166.67 kg/ha, superior estadísticamente a los demás bioestimulantes, con los que se alcanzó una producción entre 8 733.3 y 19 500.00 kg/ha, siendo el control el de menor rendimiento.

Cuando se combinó la variedad Magaly con la aplicación de ácidos húmicos, se obtuvo un mayor nivel de rendimiento con 38 666.67 kg/ha, superando estadísticamente a las demás interacciones que registraron rendimientos que oscilaron entre 7 600.00 y 23 400.00 kg/ha, siendo la variedad Lycal sin adición de bioestimulantes el tratamiento que menor rendimiento registró.

Tabla 8. Rendimiento por hectárea de dos variedades de pimiento (*Capcicum annum* L.) bajo condiciones protegidas en respuesta a la aplicación de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos

| Tratamientos                         | Rendimiento (kg/ha)* |
|--------------------------------------|----------------------|
| <b>Variedades</b>                    |                      |
| V <sub>1</sub> : Magaly              | 22916.67 a           |
| V <sub>2</sub> : Lycal               | 13750.00 b           |
| <b>Bioestimulantes</b>               |                      |
| B <sub>1</sub> : Ácidos húmicos      | 29166.67 a           |
| B <sub>2</sub> : Quitosano           | 19500.00 b           |
| B <sub>3</sub> : Hongos micorrízicos | 15933.33 b           |
| B <sub>4</sub> : Control             | 8733.33 c            |
| <b>Interacciones</b>                 |                      |
| Magaly + Ácidos Húmicos              | 38666.67 a           |
| Magaly + Quitosano                   | 23400.00 b           |
| Magaly + Hongos micorrízicos         | 19733.33 bc          |
| Magaly + Control                     | 9866.67 cd           |
| Lycal + Ácidos Húmicos               | 19666.67 bc          |
| Lycal + Quitosano                    | 15600.00 bcd         |
| Lycal + Hongos micorrízicos          | 12133.33 bcd         |
| Lycal + Control                      | 7600.00 d            |
| <b>Promedio</b>                      | 18333.33             |
| <b>Coeficiente de variación (%)</b>  | 22.59                |

\* Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p>0.05)

## 4.2. Discusión

La variedad Magaly superó significativamente a la variedad Lycal en cuanto a germinación (96.67 %), emergencia (95.00%), altura de plantas y diámetro del tallo (18.67 y 8.34 a los 25 días después de la siembra y 46.38 cm y 14.68 mm a los 45 días después de la siembra), así como la biomasa fresca y seca (290.60 y 89.65 g). Adicionalmente se observó una tendencia similar en cuanto al número de frutos por plantas que fue mayor en dicha variedad con 13.42 frutos, los mismos que presentaron mayor longitud (11.18 cm), diámetro (40.67 mm) y peso (81.07 g), componentes que reflejaron además el mayor rendimiento (22916.67 kg/ha.). Esto se puede atribuir a la adaptabilidad de la variedad Magaly que es apta para las condiciones agroclimáticas de la provincia de Los Ríos, mientras que la variedad Lycal por ser de origen cubano, puede especularse que tiene restricción en su adaptabilidad y desarrollo en dichas condiciones por lo que según lo sostenido por Hernández *et al.*(2001), esta respuesta se podrían atribuir a la variabilidad entre los materiales de siembra, así como de las condiciones de suelo y clima que pueden alteran negativamente los patrones de respuesta de las plantas.

Los resultados demuestran que los tres bioactivos estudiados incrementaron entre un 11.66 y 16.67% la germinación de las semillas, en comparación con el control en el cuál no se aplicó ningún tratamiento bioestimulante, esto demuestra que la inoculación de dichos bioactivos, genera un efecto positivo en la germinación de la semilla. Adicionalmente, la emergencia fue potenciada significativamente por la aplicación de ácidos húmicos y quitosano registrando un 90.00 y 86.67% de plántulas emergidas, respectivamente. Con esto es posible puntualizar que además de promover la germinación, la bioestimulación con estos bioactivos incrementa la emergencia de plántulas, evidenciándose se une mejor respuesta de las semillas, al ser inoculadas con ácidos húmicos. Esto es corroborado por los resultados obtenidos por García *et al.* (2010), quienes obtuvieron un 82%de germinación en semillas de ají piquín [*Capsicum annuum* var. glabriusculum (Dunal) Heiser & Pickersgill] al ser tratadas con Cyto-Gibb cuya composición es de 3% de ácidos húmicos y 10% ácido giberélico.

La ventaja de los ácidos húmicos en comparación con las demás fuentes bioestimulantes en estudio fue significativa en todas las variables evaluadas, ya que este bioactivo registró los valores más altos de altura a los 25 y 45 después de la siembra con 19.38 y 46.38 cm, y tallos

de mayor diámetro 8.87 y 16.05 mm, en las dos evaluaciones, respectivamente. Esto a su vez incrementó la biomasa fresca y seca de las plántulas (339.38 y 106.72 g). Adicionalmente la producción de frutos por planta (15.33 frutos), así como sus características de longitud, diámetro y peso se incrementaron al aplicar ácidos húmicos (12.22 cm, 43.33 mm y 92.22 g), generando el más alto rendimiento con 29166.67 kg/ha. Esta respuesta según Zamora (2014), se debe a un mayor grado de bioestimulación y/o asimilación de los ácidos húmicos, que producen una mejor respuesta en los indicadores de crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos, que se ven reflejados en la obtención de plantas de mejores características (Dimas, 2009), y a la vez de mayor desarrollo que promueve el rendimiento unitario de las plantas (Veobides *et al.*, 2018) que desencadenan un mayor nivel de rendimiento por unidad de superficie (Vicuña *et al.* 2017).

La evaluación de las interacciones en estudio, demuestran que los ácidos húmicos indujeron una mayor respuesta sobre todas las variables tanto de crecimiento como de producción en ambas variedades en estudio, diferenciándose significativamente del control. Esto sugiere que el cultivo de pimiento responde positivamente y en mayor grado a la aplicación de ácidos húmicos, los cuales ofrecen un mayor aporte nutricional, y por ser derivados de sustancias húmicas son fácilmente asimilables, produciendo una respuesta más rápida y notoria sobre las plantas (Veobides, Guridi, & Vázquez, 2018). Respecto a esto, Trevisan *et al.* (2010), indican que las sustancias húmicas han tenido reportes ampliamente estudiados del incremento en la longitud del tallo, raíz, hojas, masa fresca y seca, tamaño y calidad de los frutos; así como el aumento de los rendimientos en las cosechas. En contraste con esto, Reyes *et al.* (2017) en su evaluación de la longitud de la raíz, biomasa fresca de la raíz, longitud de las hojas, biomasa fresca de las hojas y diámetro superior, evidenciaron que los ácidos húmicos aplicados favorecieron el desarrollo de las variables morfométricas en plantas de zanahoria con valores de largo de la raíz de 20 cm y biomasa de 102 g, significativamente superiores al tratamiento control.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

Los tres bioactivos estudiados incrementaron entre 11.66 y 16.67% la germinación de las semillas, mientras que la emergencia fue potenciada por los ácidos húmicos y quitosano (90.00 y 86.67% de plántulas emergidas, reactivamente).

La aplicación de ácidos húmicos produjo plantas de mayor altura a los 25 y 45 días después de la siembra con 19.38 y 46.38 cm, y tallos de mayor diámetro 8.87 y 16.05 mm, en las dos evaluaciones, respectivamente. Esto a su vez incrementó la biomasa fresca y seca de las plántulas (339.38 y 106.72 g).

La producción de frutos por planta (15.33 frutos), así como sus características de longitud, diámetro y peso se incrementaron al aplicar ácidos húmicos (12.22 cm, 43.33 mm y 92.22 g), generando el más alto rendimiento con 29166.67 kg/ha

La variedad Magaly superó significativamente a la variedad Lycal en cuanto a germinación (96.67 %), emergencia (95.00%), altura de plantas y diámetro del tallo (18.67 y 8.34 a los 25 días después de la siembra y 46.38 cm y 14.68 mm a los 45 días después de la siembra), así como la biomasa fresca y seca (290.60 y 89.65 g).

El rendimiento expresado en frutos por planta fue mayor en la variedad Magaly con 13.42 frutos, los mismos que presentaron mayor longitud (11.18 cm), diámetro (40.67 mm) y peso (81.07 g), componentes que reflejaron además el mayor rendimiento (22916.67 kg/ha).

## **5.2. Recomendaciones**

Aplicar ácidos húmicos en la producción de pimiento ya que mostró los mejores resultados de indicadores de crecimiento y producción de este cultivo en condiciones protegidas.

Establecer cultivos con la variedad Magaly por ser más productiva que la variedad Lycal en las condiciones meteorológicas de Quevedo.

Replicar el presente ensayo a campo abierto para verificar el efecto de los bioactivos en la producción en dichas condiciones.

Evaluar diferentes dosificaciones de ácidos húmicos en el cultivo de pimiento a fin de determinar su efecto en el crecimiento, desarrollo y producción.

## **CAPÍTULO VI**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1. Literatura citada

- Agarwal, P., & Sah, P. (2009). Ecological importance of ectomycorrhizae in world forest ecosystems. *Nature and Science* 7(2):107-116.
- Agroenzymas. (2018). Uso de biorreguladores y bioestimulantes en la producción de chiles. Obtenido de <http://www.agroenzymas.com/Pac/esp/news/2018/12/uso-de-biorreguladores-y-bioestimulantes-en-la-produccion-de-chiles>.
- Alvarado, M., Díaz, A., & Peña, M. (2014). Tomato productivity by arbuscular mycorrhizal in protected agriculture. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 5(3): 513-518.
- Álvarez, F., & Pino, M. (2015). Aspectos generales del manejo agronómico del pimiento en Chile. Obtenido de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40853.pdf>.
- Arenas, G. (2019). Efecto de bioestimulantes en el desarrollo y crecimiento del cultivo de pimiento. Obtenido de <https://editorialderiego.com/2019/06/efecto-de-bioestimulantes-en-el-desarrollo-y-crecimiento-del-cultivo-de-pimiento/>.
- Bago, B., & Bécard, G. (2002). Bases of the obligate biotrophy of arbuscular mycorrhizal fungi. En S. Gianinazzi, H. Schüepp, J. Barea, & K. Haselwandter, *Mycorrhizal Technology in Agriculture*. Birkhauser Verlag Basel. Switzerland. 33-48.
- Barea, J., Pozo, M., & Azcón, C. (2016). Micorrizas en agricultura. Obtenido de [http://www.revistaagricultura.com/sanidadvegetal/sanidad-y-nutricion/micorrizas-en-agricultura\\_8838\\_119\\_10945\\_0\\_1\\_in.html](http://www.revistaagricultura.com/sanidadvegetal/sanidad-y-nutricion/micorrizas-en-agricultura_8838_119_10945_0_1_in.html).
- Barrera, J. (2015). Uso y manejo de las micorrizas: investigación en cultivos. Obtenido de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/uso-manejo-micorrizas-investigacion-t32322.htm>.
- Bautista, S., Hernández, A., Velázquez, M., Bosquez, E., & Sánchez, D. (2005). Quitosano: Una alternativa natural para reducir microorganismos postcosecha y mantener la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 7(1): 1-6.
- Berumen, G., Coronado, L., Ochoa, A., Chacón, M., & Gutiérrez, P. (2015). Efecto del quitosano en la inducción de resistencia contra *Colletotrichum* sp. en mango (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins. *Investigación y Ciencia* 23(66): 16-21.
- Brenes, L. (2003). Producción orgánica: algunas limitaciones que enfrentan los pequeños productores. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 70: 7-18.
- Buñay, C. (2017). Etapas fenológicas del cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L) var. Verde, bajo las condiciones climáticas del cantón General Antonio Elizalde (Bucay) provincia del Guayas. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 61 p.
- Canchani, A., Espaillet, R., & López, J. (2018). El efecto y la aportación de la micorriza en el desarrollo de cultivos agrícolas. *Perspectivas en Asuntos Ambientales* 6: 34-42.
- Canellas, L., & Olivares, F. (2014). Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 1(1): 1-11.

- Corredor, G. (2008). Micorrizas arbusculares: Aplicación para el manejo sostenible de los agroecosistemas. Obtenido de <http://www.turipana.org.co/Micorrizas.html>.
- Deker, L. (2011). Adaptación de cinco híbridos de pimiento *Capsicum annuum* L. en la zona de Catarama, cantón Urdaneta provincia de Los Ríos. Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 68 p.
- Díaz, A., Alvarado, M., Ortiz, F., & Grageda, O. (2013). Nutrición de la planta y calidad de fruto de pimiento asociado con micorriza arbuscular en invernadero. Revista mexicana de ciencias agrícolas 4(2): 315-321.
- Dimas, R. (2009). Interacción de los ácidos húmicos con fertilizante orgánico e inorgánico en la sal del suelo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista-México. 71 p.
- Domínguez, O., Burgos, O., & Fadul, S. (2016). Alternativa de agricultura orgánica y potencialidades turísticas: caso: Isla Costa Rica, Archipiélago Jambelí, provincia El Oro, Ecuador. Revista Universidad y Sociedad 8(3): 93-98.
- Finlay, R. (2008). Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium. Journal of Experimental Botany 59: 1115-1126.
- García, A., Montes, S., Rangel, J., García, E., & Mendoza, M. (2010). Respuesta fisiológica de la semilla chile piquín [*Capsicum annuum* var. glabriusculum] al ácido giberélico e hidrotermia. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 1(2): 203-216.
- García, J. (2017). Evaluación del efecto agronómico de hongos micorrízicos arbusculares en el desarrollo vegetativo del cultivo de banano (*Musa acuminata* AAA) a nivel de campo, en la zona de Babahoyo, provincia de Los Ríos. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 79 p.
- Guato, M. (2017). Evaluación del rendimiento de tres híbridos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) a las condiciones agroclimáticas de la comunidad La Clementina, parroquia Pelileo, cantón Pelileo, provincia de Tungurahua. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 87 p.
- Hernández, S., Oyama, K., & Vázquez, C. (2001). Differentiation in seed germination among populations of *Capsicum annuum* along a latitudinal gradient in Mexico. Plant Ecology 155: 245-257.
- Hol, W., & Cook, R. (2005). An overview of arbuscular mycorrhizal fungi–nematode interactions. Basic and Applied Ecology 6(6): 489-503.
- Jeffries, P., Gianinazzi, S., Perotto, S., Turnau, K., & Barea, J. (2003). The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. Biology and Fertility of Soils 37: 1-16.
- Jiménez, M., González, L., Suárez, M., Paz, I., Oliva, A., & Falcón, A. (2018). Respuesta agronómica del pimiento California Wonder a la aplicación de Quitomax. Centro Agrícola 45(2): 40-46.

- Lara, S. (2009). Evaluación de varios bioestimulantes foliares en la producción del cultivo de soya (*Glycine max* L.) en la zona de Babahoyo, provincia de Los Ríos. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil-Ecuador. 112 p.
- Lárez, C. (2006). Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro. *Avances en Química* 1(2): 15-21.
- Lárez, C. (2008). Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica. *Revista UDO Agrícola* 8 (1): 1-22.
- Martínez, L., Castro, I., Díaz, L., & Núñez, M. (2007). Influencia del tratamiento a semillas con quitosano en el crecimiento de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales* 28(4): 79-82.
- Molina, J., Colina, M., Rincón, D., & Vargas, J. (2017). Efecto del uso de quitosano en el mejoramiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L. variedad sd20a). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 8(2): 151-165.
- Morales, D., Torres, L., Jerez, E., Falcón, A., & Amico, J. (2015). Efecto del Quitomax en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales* 36(3): 133-143.
- Moreno, E., Mora, R., Sánchez, F., & García, V. (2011). Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(2): 5-18.
- Muro, E. (2014). Agricultura orgánica. Obtenido de <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/AgriOrg.htm>.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry* 34(11):1527-1536.
- Nieto, C., & Orellana, V. (2011). Aplicación del quitosano como promotor de floculación para disminuir la carga contaminante. Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca. Cuenca-Ecuador. 132 p.
- Noda, Y. (2009). Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y Forrajes* 32(2): 1-10.
- Pérez, N. (2006). Manejo ecológico de plagas en la agricultura urbana. *Agricultura Orgánica* 2: 34-35.
- Pimienta, E., Zañudo, J., & López, E. (2009). Efecto de las micorrizas arbusculares en el crecimiento, fotosíntesis y anatomía foliar de plantas jóvenes de *Agave tequilana*. *Acta Botánica Mexicana* (89): 63-78.
- Pino, A. (2014). Efecto de las aplicaciones hormonales exógenas en el rendimiento de arvejas (*Pisum sativum* L.) para cosecha en verde en condiciones de Yuracmayo – Tarma. Universidad Nacional del Centro del Perú. Mantaro-Perú. 69 p.
- Popoff, O. (2016). Hipertextos del área de biología. Obtenido de <http://www.biologia.edu.ar/fungi/micorrizas.htm>.
- Quintana, M., Capote, A., Nápoles, J., Álvarez, O., Ramos, Y., Bécquer, C., & Galdo, Y. (2013). Efecto de dos reguladores de crecimiento y condiciones de iluminación en la germinación de semillas conservadas de *Clitoria ternatea*. *Biotechnología Vegetal* 13(2): 113-119.
- Quintero, E., Calero, A., Pérez, Y., & Enríquez, L. (2018). Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. *Centro Agrícola* 45(3): 73-80.

- Reyes, J., Abasolo, F., Yépez, Á., Luna, R., Burgos, D., Vázquez, V., Cabrera, D., Guzmán, J., Torres, J., & Rodríguez, W. (2017). Ácidos húmicos y su efecto sobre variables morfológicas en plantas de zanahoria (*Daucus carota* L.). *Biocencia* 19(2): 25-29 .
- Reyes, J., Luna, R., Reyes, M., Zambrano, D., & Vázquez, V. (2017). Fertilización con abonos orgánicos en el pimiento (*Capsicum annuum* L.) y su impacto en el rendimiento y sus componentes. *Centro Agrícola* 44(4): 88-94.
- Rodríguez, A., Ramírez, M., Falcón, A., Bautista, S., Ventura, E., & Valle, Y. (2017). Efecto del Quitomax® en el rendimiento y sus componentes del cultivar de arroz (*Oryza sativa* L.) var. INCA LP 5. *Cultivos Tropicales* 38(4): 156-159.
- Rodríguez, F. (2017). Sustancias húmicas: origen, caracterización y uso en la agricultura. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/acidos-humicos-fulvicos-nutricion-vegetal>.
- Rodríguez, Y., Depestre, T., & Palloix, A. (2014). Comportamiento en campo abierto de nuevos híbridos f1 y variedades de pimiento (*Capsicum annuum* L.) multirresistentes a virus. *Cultivos Tropicales* 35(2): 51-59.
- Rose, M., Patti, A., Little, K., Brown, A., Jackson, W., & Cavagnaro, T. (2014). A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture. *Advances in Agronomy* 124: 37-89.
- Seguel, A. (2014). El potencial de las micorrizas arbusculares en la agricultura desarrollada en zonas áridas y semiáridas. *Idesia (Arica)* 32(1): 3-8.
- Trevisan, S., Francioso, O., Quaggiotti, S., & Nardi, S. (2010). Humic substances biological activity at the plant-soil interface: From environmental aspects to molecular factors. *Plant Signaling & Behavior* 5(6): 635-643.
- Trichodex. (2016). Quitosano (poli-d-glucosamina): la nanotecnología al servicio de la agricultura. Obtenido de <https://www.trichodex.com/quitosano-poli-d-glucosamina-la-nanotecnologia-al-servicio-de-la-agricultura/>.
- Veobides, H., Guridi, F., & Vázquez, V. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales* 39(4): 102-109.
- Vicuña, N., Molina, V., & Santana, D. (2017). Efecto de la aplicación de tres bioestimulantes orgánicos enraizadores en el cultivo de pimiento. *Revista Agro UTB* 1(1): 40-48.
- Zamora, F. (2014). Evaluación del efecto a la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) Var. Itálica. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 83 p.

## **CAPÍTULO VII**

### **ANEXOS**

Anexo 1. Análisis de varianza de la variable porcentaje de emergencia

| Fuentes de variación       | GL | SC      | CM      | F.     | p-valor    |
|----------------------------|----|---------|---------|--------|------------|
| Variedades                 | 1  | 3750.00 | 3750.00 | 450.00 | <0.0001 ** |
| Bioestimulantes            | 3  | 1383.33 | 461.11  | 55.33  | <0.0001 ** |
| Variedades*Bioestimulantes | 3  | 183.33  | 61.11   | 7.33   | 0.0026 **  |
| error                      | 19 | 133.33  | 8.33    |        |            |
| Total                      | 23 | 5450.00 |         |        |            |

\*\*: Altamente significativo

Anexo 2. Análisis de varianza de la variable altura de planta a los 25 DDS

| Fuentes de variación       | GL | SC    | CM    | F.    | p-valor     |
|----------------------------|----|-------|-------|-------|-------------|
| Variedades                 | 1  | 17.51 | 17.51 | 11.87 | 0.0033 **   |
| Bioestimulantes            | 3  | 44.07 | 14.69 | 9.96  | 0.0006 **   |
| Variedades*Bioestimulantes | 3  | 5.77  | 1.92  | 1.30  | 0.3073 N.S. |
| error                      | 19 | 23.61 | 1.48  |       |             |
| Total                      | 23 | 90.97 |       |       |             |

\*\*: Altamente significativo; N. S.: No Significativo

Anexo 3. Análisis de varianza de la variable diámetro del tallo a los 25 DDS

| Fuentes de variación       | GL | SC    | CM   | F.   | p-valor     |
|----------------------------|----|-------|------|------|-------------|
| Variedades                 | 1  | 3.15  | 3.15 | 2.51 | 0.1328 N.S. |
| Bioestimulantes            | 3  | 10.50 | 3.50 | 2.78 | 0.0745 N.S. |
| Variedades*Bioestimulantes | 3  | 0.10  | 0.03 | 0.03 | 0.9938 N.S. |
| error                      | 19 | 20.12 | 1.26 |      |             |
| Total                      | 23 | 33.88 |      |      |             |

N. S.: No Significativo

Anexo 4. Análisis de varianza de la variable altura de planta a los 45 DDS

| Fuentes de variación       | GL | SC     | CM     | F.    | p-valor    |
|----------------------------|----|--------|--------|-------|------------|
| Variedades                 | 1  | 103.75 | 103.75 | 70.32 | <0.0001 ** |
| Bioestimulantes            | 3  | 179.72 | 59.91  | 40.60 | <0.0001 ** |
| Variedades*Bioestimulantes | 3  | 9.72   | 3.24   | 2.20  | 2.20 N.S.  |
| error                      | 19 | 23.61  | 1.48   |       |            |
| Total                      | 23 | 316.81 |        |       |            |

\*\*: Altamente significativo; N. S.: No Significativo

Anexo 5. Análisis de varianza de la variable biomasa fresca

| Fuentes de variación       | GL | SC        | CM        | F.     | p-valor     |
|----------------------------|----|-----------|-----------|--------|-------------|
| Variedades                 | 1  | 23425.00  | 23425.000 | 18.650 | 0.0005 **   |
| Bioestimulantes            | 3  | 71294.57  | 23764.860 | 18.920 | <0.0001 **  |
| Variedades*Bioestimulantes | 3  | 2407.12   | 802.370   | 0.6400 | 0.6010 N.S. |
| error                      | 19 | 20096.09  | 1256.010  |        |             |
| Total                      | 23 | 117222.78 |           |        |             |

\*\*: Altamente significativo; N. S.: No Significativo

Anexo 6. Análisis de varianza de la variable biomasa seca

| Fuentes de variación       | GL | SC     | CM    | F.    | p-valor     |
|----------------------------|----|--------|-------|-------|-------------|
| Variedades                 | 1  | 51.04  | 51.04 | 8.88  | 0.0089 **   |
| Bioestimulantes            | 3  | 173.46 | 57.82 | 10.06 | 0.0006 **   |
| Variedades*Bioestimulantes | 3  | 20.46  | 6.82  | 1.19  | 0.3464 N.S. |
| error                      | 19 | 92     | 5.75  |       |             |
| Total                      | 23 | 336.96 |       |       |             |

\*\*: Altamente significativo; N. S.: No Significativo

Anexo 7. Análisis de varianza de la variable longitud del fruto

| Fuentes de variación       | GL | SC    | CM    | F.   | p-valor     |
|----------------------------|----|-------|-------|------|-------------|
| Variedades                 | 1  | 13.95 | 13.95 | 9.52 | 0.0071 **   |
| Bioestimulantes            | 3  | 37.19 | 12.40 | 8.46 | 0.0014 **   |
| Variedades*Bioestimulantes | 3  | 1.87  | 0.62  | 0.43 | 0.7368 N.S. |
| error                      | 19 | 23.45 | 1.47  |      |             |
| Total                      | 23 | 76.47 |       |      |             |

\*\*: Altamente significativo; N. S.: No Significativo

Anexo 8. Análisis de varianza de la variable diámetro del fruto

| Fuentes de variación       | GL | SC     | CM     | F.    | p-valor     |
|----------------------------|----|--------|--------|-------|-------------|
| Variedades                 | 1  | 130.67 | 130.67 | 15.76 | 0.0011 **   |
| Bioestimulantes            | 3  | 310.33 | 103.44 | 12.48 | 0.0002 **   |
| Variedades*Bioestimulantes | 3  | 31.67  | 10.56  | 1.27  | 0.3172 N.S. |
| error                      | 19 | 132.67 | 8.29   |       |             |
| Total                      | 23 | 605.33 |        |       |             |

\*\*: Altamente significativo; N. S.: No Significativo

Anexo 9. Análisis de varianza de la variable peso del fruto

| Fuentes de variación       | GL | SC      | CM      | F.    | p-valor     |
|----------------------------|----|---------|---------|-------|-------------|
| Variedades                 | 1  | 1787.10 | 1787.10 | 28.85 | 0.0001 **   |
| Bioestimulantes            | 3  | 4323.13 | 1441.04 | 23.27 | <0.0001 **  |
| Variedades*Bioestimulantes | 3  | 360.90  | 120.30  | 1.94  | 0.1635 N.S. |
| error                      | 19 | 990.99  | 61.94   |       |             |
| Total                      | 23 | 7462.12 |         |       |             |

\*\*: Altamente significativo; N. S.: No Significativo

Anexo 10. Análisis de varianza de la variable rendimiento

| Fuentes de variación       | GL | SC            | CM           | F.    | p-valor     |
|----------------------------|----|---------------|--------------|-------|-------------|
| Variedades                 | 1  | 504166666.67  | 504166666.67 | 29.40 | 0.0001 **   |
| Bioestimulantes            | 3  | 1299853333.33 | 433284444.44 | 25.27 | <0.0001 **  |
| Variedades*Bioestimulantes | 3  | 222940000.00  | 74313333.33  | 4.33  | 0.0204 N.S. |
| error                      | 19 | 274373333.33  | 17148333.33  |       |             |
| Total                      | 23 | 2301333333.33 |              |       |             |

\*\*: Altamente significativo; N. S.: No Significativo

Anexo 11. Semillero de pimienta en condiciones protegidas



Anexo 12. Trasplante de plántulas de pimienta



Anexo 13. Plantas de pimiento a los 30 días después de la siembra



Anexo 14. Plantas de pimiento a los 40 días después de la siembra



Anexo 15. Riego a las plantas de pimiento



Anexo 16. Plantas de pimiento a los 70 días después de la siembra



Anexo 17. Tutoreo individual de plantas de pimiento



Anexo 18. Fructificación del cultivo de pimiento



Anexo 19. Evaluación del diámetro del fruto



Anexo 20. Evaluación del peso del fruto



Anexo 21. Peso de biomasa fresca



Anexo 22. Secado de la biomasa por planta



Anexo 23. Conteo del número de frutos por planta



Anexo 24. Cosecha de cultivo de pimiento

