



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**

**SISTEMA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD AGRARIA  
DEL ECUADOR**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA DE SANIDAD  
VEGETAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
MAGÍSTER EN SANIDAD VEGETAL**

**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS ECOLÓGICAS PARA EL  
CONTROL DE *Spodoptera frugiperda* EN EL CULTIVO DE  
MAÍZ (*Zea mays* L.)**

**ING. DENISSE MARIA AGUAYO BOZA**

**GUAYAQUIL, ECUADOR**

**2022**

# SISTEMA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

## CERTIFICACIÓN

La suscrita, Docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Director **CERTIFICO QUE:** he revisado el Trabajo de Titulación, denominada: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS ECOLÓGICAS PARA EL CONTROL DE *Spodoptera frugiperda* EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)**, el mismo que ha sido elaborado y presentado por la estudiante, **Ing. DENISSE MARÍA AGUAYO BOZA**; quien cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador para este tipo de estudios.

Atentamente,

---

**Ing. Tany Majorie Burgos Herrería, MSc.**

Guayaquil, 16 de junio del 2022

**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**SISTEMA DE POSTGRADO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL**

**TEMA**

**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS ECOLÓGICAS PARA EL CONTROL DE**  
*Spodoptera frugiperda* **EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)**

**AUTOR**

**ING. DENISSE MARÍA AGUAYO BOZA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**APROBADA Y PRESENTADA AL CONSEJO DE POSTGRADO**  
**COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**  
**MAGÍSTER EN SANIDAD VEGETAL**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**Ing. Albino Ávila Franco, M.Sc.**  
**PRESIDENTE**

---

**Ing. Marlon Obando Quintanilla, M.Sc.**  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

**Ing. Antonio Álava Murillo, M.Sc.**  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

**Ing. Tany Burgos Herrería, M.Sc.**  
**EXAMINADOR SUPLENTE**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a Dios, por permitirme culminar una etapa de mi vida profesional, a mis padres, esposo e hijos por su apoyo incondicional, que me han llenado de fortaleza de seguir adelante y han estado todo el tiempo a mi lado.

Agradezco a esta prestigiosa Institución “Universidad Agraria del Ecuador”, por todo el contingente profesional, catedráticos de excelencia, que imparten conocimientos actualizados y especializados en cada área, contribuyendo en la formación técnica del estudiantado, en mi caso, estaré agradecida y muy orgullosa de pertenecer a este reconocido establecimiento.

Agradecida a mis compañeros de curso, por las experiencias profesionales compartidas, la amistad acrecentada, excelente equipo, a la vez, felicito y deseo muchos augurios en todas sus actividades proyectadas.

Agradezco a mi tutora Ing. Tany Burgos Herrera, por su valiosas aportaciones profesionales y seguimiento en el desarrollo del presente trabajo de titulación, sin embargo, destaco su incondicional predisposición y personalidad de conducta intachable.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación es dedicado con gran esfuerzo:

A mis padres, Erasmo Alfredo Aguayo Holguín y Gloria Boza Armandita Boza Mora, por contribuir en mi formación de valores y principios, ser guías incondicionales, en todas mis actividades que me he proyectado.

A mis hermanos, en especial a Gabriel María Aguayo Boza, por ser mi fuente de motivación de toda mi vida académica.

A mi esposo Ernesto José Martillo Guerrero y mis hijos Santiago de Jesús Martillo Aguayo y Denisse Violeta Martillo Aguayo, que son mi fortalezas y bendiciones, brindar este logro a mis sobrinos/as, en especial, a Gabriel Abraham Aguayo Boza y Daniel Eleazar Loor Aguayo.

A mis familiares y amigos más cercanos por brindarme apoyo incondicionalmente en mis logros personales y profesionales, de preferencia a Wendy Epifenia Quiñonez Vargas

## **RESPONSABILIDAD**

La responsabilidad, derecho de la investigación, resultados, conclusiones y recomendaciones que aparecen en el presente Trabajo de Titulación corresponden exclusivamente al Autor y los derechos académicos otorgados a la Universidad Agraria del Ecuador.

**Ing. Denisse María Aguayo Boza**

**C. I. 0921394979**

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el cantón Balzar, provincia del Guayas, se estableció un Diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cinco tratamientos, cinco repeticiones. Los resultados mostraron que la incidencia y efectos en las plantas por *Spodoptera frugiperda* a lo largo del cultivo tuvieron similares tendencias, entre, todos los tratamientos de microorganismos entomopatógenos estudiados; (bacterias (T1), hongos (T2), bacteria-hongo (T3) y nematodos (T4), mostrando una diferenciación con menores índices a favor del tratamiento con nematodos. Resultados similares se encontraron en la evaluación de daño utilizando la escala de Davis, alcanzó los menores índices. Adicionalmente, en laboratorio se evaluó el crecimiento de larvas de *S. frugiperda* con la inoculación de los microorganismos de los diferentes tratamientos, se encontró que el Tratamiento con Nematodos, tuvo una eficacia temprana a partir de la Fecha No. 1 y luego en la Fecha No. 3, el 100 % de larvas se encontraban muertas. Por lo tanto, se recomienda la utilización de los Nematodos entomopatógenos, para el control alternativo de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz.

Palabras claves: control, incidencia, maíz duro, microorganismos entomopatógenos, *Spodoptera frugiperda*

## SUMMARY

The present investigation was developed in the Balzar canton, province of Guayas, a completely randomized block design (DBCA) was established, with five treatments, five repetitions. The results showed that the incidence and effects on the plants by *Spodoptera frugiperda* throughout the crop had similar trends, among all the treatments of entomopathogenic microorganisms studied; (bacteria (T1), fungi (T2), bacteria-fungus (T3) and nematodes (T4), showing a differentiation with lower rates in favor of treatment with nematodes. Similar results were found in the damage assessment using the Davis scale , reached the lowest rates. Additionally, in the laboratory the growth of *S. frugiperda* larvae was evaluated with the inoculation of the microorganisms of the different treatments, it was found that the Treatment with Nematodes had an early efficacy from Date No. 1 and then on Date No. 3, 100 % of the larvae were dead, therefore, the use of entomopathogenic nematodes is recommended for the alternative control of *Spodoptera frugiperda* in corn crops.

Keywords:., control, incidence, hard corn, entomopathogenic microorganisms and *Spodoptera frugiperda*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	19
Caracterización del Tema.....	20
Planteamiento del Problema.....	21
Justificación e Importancia del Estudio.....	22
Delimitación del Problema.....	23
Formulación del Problema.....	23
Objetivos General.....	23
Objetivos Específicos.....	23
Hipótesis.....	24
Aporte Teórico.....	24
Aplicación Práctica.....	24
CAPÍTULO 1.....	25
MARCO TEÓRICO.....	25
1.1 Estado del Arte.....	25
1.2 Base científica y teórica.....	25
1.2.1. Origen y distribución del cultivo de maíz duro.....	27
1.2.2. Clasificación taxonómica del maíz duro.....	27
1.2.3. Características fenológicas.....	28
1.2.3.1 Raíz.....	28
1.2.3.2 Hojas.....	28
1.2.3.3 Flores.....	28
1.2.3.4 Inflorescencia.....	28
1.2.3.5 Madurez fisiológica.....	28
1.2.4. Requerimientos climáticos.....	29
1.2.4.1. Temperatura.....	29
1.2.4.2. Suelo.....	29
1.2.4.3. Pluviosidad.....	29
1.2.5. Origen y distribución de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	29
1.2.6. Clasificación taxonómica de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	30
1.2.7. Biología y ciclo de vida.....	30
1.2.8. Daños.....	31
1.2.9. Manejo integrado de plagas.....	32
1.2.9.1 Manejo ecológicos.....	32

1.2.9.2 <i>Beauveria bassiana</i> .....	33
1.2.9.3 <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	33
1.2.9.4 <i>Purpureocillium lilacinum</i> .....	34
1.2.9.5 <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> .....	34
CAPÍTULO 2.....	36
ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	36
2.1 Métodos.....	36
2.1.1 Localización del Experimento .....	36
2.1.2 Método deductivo .....	36
2.1.3 Método inductivo .....	36
2.1.4 Método descriptivo .....	36
2.1.5 Método explicativo .....	36
2.2. Variables.....	37
2.2.1 Variable Independiente.....	37
2.2.1.1 Tratamiento 1 (T1) .....	37
2.2.1.2 Tratamiento 2 (T2) .....	37
2.2.1.3 Tratamiento 3 (T3) .....	37
2.2.1.4 Tratamiento 4 (T4) .....	37
2.2.1.5 Tratamiento 5 (T5) .....	38
2.2.2 Variable Dependiente .....	38
2.2.2.1 Plantas dañadas (escala) .....	38
2.2.2.2 Plantas infestadas y larvas vivas .....	38
2.2.2.3 Larvas muertas .....	38
2.2.2.4 Incidencia .....	39
2.2.2.5 Índice de infestación o Severidad .....	39
2.2.2.6 Fluctuación de larvas de <i>S. frugiperda</i> .....	39
2.2.2.7 Longitud de planta (cm) .....	39
2.2.2.8 Número de hojas (unidades) .....	39
2.2.2.9 longitud de la hoja (cm) .....	39
2.2.2.10 Diámetro del tallo (mm) .....	40
2.2.2.11 masa de la mazorca (g) .....	40
2.2.2.12 Diámetro de la mazorca (mm) .....	40
2.2.2.13 Número de hileras por mazorca (unidades).....	40
2.2.2.14 Número de granos por mazorca (unidades) .....	40

2.2.2.15 Rendimiento (tn) .....	40
2.3. Población y Muestra .....	40
2.3.1. Población.....	40
2.3.2. Muestra.....	41
2.4 Técnicas de Recolección de Datos .....	41
2.5 Estadística descriptiva e inferencial.....	41
2.6 Diseño experimental .....	41
RESULTADOS .....	43
DISCUSIÓN.....	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	79
ANEXOS.....	86
APÉNDICES.....	112

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No 1. Características de los tratamientos evaluados.....	37
Tabla No 2. Escala para evaluación del nivel de daños en hojas.....	38
Tabla N° 3. Prueba de Kruskal-Wallis de las variable Larvas Totales por planta .	44
Tabla No 4. Prueba de Kruskal-Wallis de las variables de Longitud de Planta ....	49
Tabla N° 5. Prueba de Kruskal-Wallis de las variables de Longitud de Hoja.....	53
Tabla No 6. Prueba de Kruskal-Wallis de las variables de Ancho de hoja .....	56
Tabla N° 7. Prueba de Kruskal-Wallis de la variable de hojas totales .....	63
Tabla N° 8. Prueba de Kruskal-Wallis de las variable Daño en Hojas .....	65
Tabla N° 9. La prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para granos por mazorca.....	69
Tabla N° 10. Prueba de Kruskal-Wallis para Hileras por Mazorca .....	70
Tabla N°11. Prueba de Kruskal-Wallis para longitud de mazorca .....	71

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Líneas de medias de larvas por plantas para cada tratamiento por cada fecha de muestreo .....	43
Gráfico N° 2. Líneas de medias de Incidencia.....	46
Gráfico N° 3: Promedio de la longitud de planta a los 8 DDS (Medias).....	47
Gráfico N° 4: Promedio de la longitud de planta a los 22 DDS (Medias).....	47
Gráfico N° 5: Promedio de la longitud de planta a los 36 DDS (Medias).....	48
Gráfico N° 6: Promedio de la longitud de planta a los 51 DDS (Medias).....	48
Gráfico N° 7: Promedio de la longitud de planta a los 65 DDS (Medias).....	49
Gráfico N° 8: Promedio de la longitud de hoja a los 8 DDS (Medias).....	50
Gráfico N° 9: Promedio de la longitud de hoja a los 22 DDS (Medias).....	51
Gráfico N° 10: Promedio de la longitud de hoja a los 36 DDS (Medias).....	51
Gráfico N° 11: Promedio de la longitud de hoja a los 51 DDS (Medias).....	52
Gráfico N° 12: Promedio de la longitud de hoja a los 65 DDS (Medias).....	52
Gráfico N° 13: Promedio del ancho de hoja a los 8 DDS (Medias).....	54
Gráfico N° 14: Promedio del ancho de hoja a los 22 DDS (Medias).....	54
Gráfico N° 15: Promedio del ancho de hoja a los 36 DDS (Medias).....	55
Gráfico N° 16: Promedio del ancho de hoja a los 51 DDS (Medias).....	55
Gráfico N° 17: Promedio del ancho de hoja a los 65 DDS (Medias).....	56
Gráfico N° 18: Promedio del diámetro de planta a los 8 DDS (Medias).....	57
Gráfico N° 19: Promedio del diámetro de planta a los 22 DDS (Medias).....	58
Gráfico N° 20: Promedio del diámetro de planta a los 36 DDS (Medias).....	58
Gráfico N° 21: Promedio del diámetro de planta a los 51 DDS (Medias).....	59
Gráfico N° 22: Promedio del diámetro de planta a los 65 DDS (Medias).....	59
Gráfico N° 23: Promedio de hojas totales a los 8 DDS (Medias).....	60
Gráfico N° 24: Promedio de hojas totales a los 22 DDS (Medias).....	61
Gráfico N° 25: Promedio de hojas totales a los 36 DDS (Medias).....	61
Gráfico N° 26: Promedio de hojas totales a los 51 DDS (Medias).....	62
Gráfico N° 27: Promedio de hojas totales a los 65 DDS (Medias).....	62
Gráfico N° 28. Figura de Líneas de los Daños en las Hojas de cada tratamiento para cada fecha de muestreo .....	64
Gráfico N° 29: Promedio del diámetro de la mazorca (Media).....	66
Gráfico N° 30: Promedio de granos por hilera (Media).....	67
Gráfico N° 31: Promedio de granos por mazorca (Media).....	68

Gráfico N° 32: Promedio de Hilera por Mazorca (Media).....	70
Gráfico N° 33: Promedio de Longitud de Mazorca (Media) .....	71
Gráfico N° 34: Promedio de Rendimientos (Media).....	72
Gráfico N° 35. Líneas de la mortalidad del insecto luego de ser inoculado con los microorganismos. ....	73

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. Diseño experimental bloques completamente al azar .....	86
Anexo N° 2. Lugar del ensayo experimental Cantón Balzar .....	86
Anexo N° 3. Método de evaluación de daños en hojas escala Davis .....	87
Anexo N° 4. Ficha técnica de la semilla de maíz Centella .....	87
Anexo N° 5. Ficha técnica del microorganismo entomopatógeno (Tratamiento 1)	88
Anexo N° 6. Ficha técnica de los microorganismos entomopatógeno (Tratamiento 2) .....	88
Anexo N° 7. Ficha técnica del microorganismos entomopatógeno (Tratamiento 4) .....	89
Anexo N° 8. Resultados de Análisis de carga microbiana .....	90
Anexo N° 9. Resultados de Análisis de cantidad de nematodos entomopatógenos .....	92
Anexo N° 10. Certificado de Laboratorio donde se elaboró el trabajo de campo .	93
Anexo N° 11. Análisis de carga microbiana de los hongos.....	95
Anexo N° 12. Establecimiento de las parcelas experimentales .....	96
Anexo N° 12. Análisis de carga microbiana <i>Bacillus spp.</i> .....	97
Anexo N° 13. Siembra de semilla de maíz centella en las parcelas .....	98
Anexo N° 14. Monitoreo de plagas en las parcelas experimentales .....	98
Anexo N° 15. Daños de <i>Spodoptera frugiperda</i> a hojas de plantas de maíz .....	99
Anexo N° 16. Observación macroscópica de Larvas de <i>S. frugiperda</i> .....	99
Anexo N° 17. Aplicación de los microorganismos entomopatógenos .....	100
Anexo N° 18. Visualización en la parcela T2 R3 del hongo y la larva .....	100
Elaborado por: Aguayo, 2022 .....	100
Anexo N° 19. Muestreo de plagas en las parcelas experimentales .....	101
Anexo N° 20. Muestreo de plagas en las parcelas experimentales .....	101
Anexo N° 21. Segunda aplicación de los microorganismos entomopatógenos ..	102
Anexo N° 22. Visualización de larva muerta T4 R4 .....	102
Anexo N° 23. Revisión y muestreo de plagas en el manejo del ensayo experimental .....	103
Anexo N° 24. Revisión y muestreo de plagas en el manejo del ensayo experimental con tutora Ing Tany Herrería .....	103
.....	104

Anexo N° 25. Revisión y muestreo de plagas en el manejo del ensayo experimental .....	104
Anexo N° 26 Tutora y maestrante en la parcela experimental. Estimación de cosecha .....	104
Anexo N° 27. Observación del funcionamiento del pluviómetro en el proyecto de estudio con la tutora .....	105
Anexo N° 28. Cosecha de las parcelas de maíz.....	105
Anexo N° 29. Mazorcas de maíz de las parcelas del T4 R3.....	106
Anexo N° 30. (Screening) Inoculación de microorganismos entomopatógenos a larvas de <i>S. frugiperda</i> con tutora.....	106
Anexo N° 31. Viabilidad de los nematodos a utilizar para ensayo laboratorio ....	107
Anexo N° 32. Observación de estructuras infestivas de microorganismos.....	107
Anexo N° 33. Patogenicidad de nemátodos <i>heterorhabditis bacteriophora</i> .....	108
Anexo N° 34. Inoculación de los Microorganismos Entomopatógenos a las larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	108
Anexo N° 35. Muestreo de larvas cada 24 horas después de haber sido inoculadas. ....	109
Anexo N° 36. Seguimiento del ensayo de la Enomologa de la estación experimental INIAP PICHILINGUE .....	109
Anexo N° 37. Cambio de estadio larval de <i>S. frugiperda</i> a pupa.....	110
Anexo N° 38. Se visualiza que no se completó el siguiente estadio larval de <i>S. frugiperda</i> a pupa .....	110
Anexo N° 39. Ciclo de vida completo de <i>Spodoptera frugiperda</i> (Adulto) en T5	111
Anexo N° 40. Revisión y corrección de Tesis de la Tutora .....	111

## ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice N° 1. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk para variable Longitud de planta.....	112
Apéndice No 2. Gráfico de Prueba Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 2.....	113
Apéndice No 3. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 4.....	114
Apéndice No 4. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk Longitud de hoja.....	115
Apéndice No 5. Gráficos de Prueba Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 3.....	116
Apéndice N° 6 Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk para variable ancho de hoja .....	117
Apéndice N° 7. Gráficos de Prueba Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 2.....	118
Apéndice N° 8. Gráficos de Prueba Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 4.....	119
Apéndice N° 9. Gráficos de Prueba Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 5.....	120
Apéndice N° 10. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 2.....	121
Apéndice N° 11. Gráficos de Prueba Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 3.....	122
Apéndice N° 12. Gráficos de Prueba Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 5.....	123
Apéndice N° 13. Gráficos de Prueba Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 6.....	124
Apéndice N° 14. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov diámetro de la mazorca.....	124
Apéndice N° 15. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Diámetro de Mazorca.....	125
Apéndice N° 16. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Granos por Hilera .....	126
Apéndice N° 17. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Granos por Mazorca .....	127

Apéndice N° 18. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Masa de 1.000 granos .....	128
Apéndice N° 19. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Rendimientos ....	129
Apéndice N° 20. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Larvas totales, fecha 2. ....	130
Apéndice N° 21. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Larvas totales, fecha 3. ....	131
Apéndice N° 22. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Larvas totales, fecha 5. ....	132
Apéndice N° 23. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Larvas totales, fecha 6. ....	133

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta originaria de América y es uno de los cereales más importantes en la alimentación mundial. En la actualidad, su cultivo es el más extendido en nuestro planeta, siendo más de 70 los países que cosechan anualmente más de 200 millones de hectáreas. Al contar con un amplio rango de adaptación, puede ser sembrado en una gran variedad de ecosistemas (INIA, 2020).

El cultivo de maíz amarillo duro en Ecuador se realiza en dos épocas durante todo el año; durante la primera época, denominada de lluvia o invierno, se cultiva aproximadamente el 86 % de la producción nacional; mientras, en la segunda época, seca o verano, se produce el 14 % de la producción. La superficie cultivada para el año 2019 fue de aproximadamente 274,465 ha, siendo las provincias de Los Ríos y Manabí las que abarcan el 69 % de la superficie (SIPA, 2019).

El cultivo de maíz muestra diversos problemas fitosanitarios, que afecta la decreciente producción, entre ellos se encuentra las malezas, enfermedades e insectos plaga, estos últimos, se hace énfasis que ocasiona daños desde el establecimiento del cultivo hasta en la postcosecha del grano, se estima que la reducción del rendimiento es de 30% aproximadamente (Mendoza, 2017)

Por sus grandes extensiones de hectáreas intervenidas, que favorece al sector agrícola, por su ciclo corto y la creciente demanda en la agroindustria, sin embargo, en los últimos años, las producciones han sido decrecientes, por las afectaciones que ocasiona *Spodoptera frugiperda* J. Smith (cogollero), en todas las etapas del cultivo, desde la emergencia hasta la fase reproductiva de las plantas, que alcanzan pérdidas significativas en la producción y calidad del grano de maíz (Chirinos et al., 2019).

Los principales problemas del cultivo de maíz, están estrechamente asociados a una inadecuada utilización de pesticidas, y como uno de los factores de suma importancia al ataque severo de larvas de *S. frugiperda*, que causa pérdidas de cosecha hasta de un 40%, al no ser controlada dicha plaga. Sin embargo, muchas veces las producciones, son variables y no justifican la inversión

que realizan los agricultores, debido a la presencia de plagas que influyen para que este no tenga un rendimiento óptimo.

Las estrategias convencionales de control químico para el gusano cogollero, son a veces inconsistentes y a menudo insatisfactorias para controlar en los campos del cultivo maíz (Midega et al., 2018).

El uso excesivo de plaguicidas ha impactado de manera negativa al ambiente, contribuyendo de igual manera al desarrollo de resistencia de plagas y enfermedades, así como la eliminación de enemigos naturales. Actualmente en la agricultura se hace hincapié en el uso de productos más amigables con el ambiente y la salud humana (del Puerto Rodríguez et al., 2017).

Los ecosistemas naturales son complejos y están relacionados entre sí, cualquier alteración que se produzca en los organismos de un entorno, va a repercutir en toda la cadena ecológica. Por ejemplo, si un plaguicida afecta a cierto tipo de insectos que sirven de depredadores a determinados insectos-plagas, al desaparecer del medio ambiente, traerá como consecuencia aumento de la plaga, debido, a la disminución o desaparición de los depredadores. Ésta refleja la interconexión y como opera la cadena ecológica, demostrando los posibles y complejos efectos de los plaguicidas en el medio ambiente (Martínez, 2016)

Los microorganismos entomopatógenos constituyen una alternativa ecológica del manejo integrado de plagas (MIP). Tal es el caso, de los hongos entomopatógenos, que poseen gran potencial como agentes controladores de poblaciones de artrópodos. Entre los géneros más importantes están: *Beauveria*, *Metarhizium*, *Purpureocillium*, *Verticillium*, *Rhizopus*, *Bacillus* y *Fusarium*. Dentro de estas, la especie más utilizada comercialmente alrededor del mundo es *Beauveria bassiana* por los resultados favorables que ha mostrado en el control de insectos plagas de diferentes cultivos (Intagri, 2021).

## **Caracterización del Tema**

La agricultura moderna o verde, ha llegado a depender imprescindiblemente del uso de insecticidas químicos, para controlar plagas y obtener niveles altos de producción. Sin embargo, se conoce los problemas que puede ocasionar el uso

frecuente de estos agrotóxicos, en este caso, la surgencia de resistencia de la población de *Spodoptera frugiperda*, que tiene afectaciones agresivas en el área foliar.

Por tal circunstancia, los esfuerzos por utilizar agentes de control biológico se plantean con mayor intensidad el uso, por grandes beneficios en el ecosistema y se espera que se incremente en los próximos años. Desde hace 2 años se ha conseguido la intervención de Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (Agrocalidad) y Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en las constantes capacitaciones a los agricultores en Buenas Prácticas Agropecuarias (BPA) y Normativa Orgánica Ecuatoriana (NOE), por medio de sus técnicos, para incentivar la producción de agricultura amigable al ambiente y reducción de productos químicos.

### **Planteamiento del Problema**

Las pérdidas en la producción de maíz, es consecuencia, del ataque de *Spodoptera frugiperda* en estado larvario, desde las primeras fases fenológicas hasta la etapa reproductiva del cultivo, dificulta el desarrollo normal por el daño foliar e impide que la planta cumpla sus funciones fotosintéticas y expresar su potencial de rendimiento, en la obtención de una mazorca con buen peso y granos sanos.

La alta incidencia que ha desarrollado la plaga, en el medio agrícola, debido a la resistencia, que se le ha atribuido al empleo de insecticidas de origen sintéticos, como único medio de control fitosanitario, para controlar la plaga. De continuar con el uso de manera excesivo e incorrecto de estos productos, además de la resistencia, provoca desequilibrios en el ecosistema, contaminación de afluentes, disminución de organismos benéficos e intoxicación aguda por plaguicidas, al no contar con otras alternativas.

En este proyecto de investigación se busca evaluar nuevas alternativas en la zona, con la utilización de microorganismos entomopatógenos, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus*, actualmente con el nombre de *Purpureocillium lilacinum* (Thom) Luangsa-ard, Houbraken, Hywel-Jones &

Samson, *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokīn, *Beauveria bassiana* (Balsamo-Crivelli) Vuill y *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar), que son organismos dentro del manejo ecológico de la sanidad vegetal del cultivo, para el control de *Spodoptera frugiperda* y permita regular las poblaciones de la plaga a través del tiempo y asegurar la conservación del medio ambiente.

## Justificación e Importancia del Estudio

El presente trabajo de investigación permitirá evidenciar que en el cantón Balzar, en el cultivo de maíz, se puede aplicar alternativas ecológicas en el control de esta plaga de importancia económica, de una manera preventiva, con la utilización de los microorganismos entomopatógenos.

- **Magnitud del Problema:** Los daños en el cultivo de maíz, es afectado por plagas de *S. frugiperda*, las severidades de estos insectos, aumentan paulatinamente, los agricultores indican que la aparición en el ciclo de cultivo es aproximadamente 4 a 5 veces en las 2 etapas fenológicas del cultivo, siendo mayor en la vegetativa.
- **Transcendencia del Problema:** La acción agroquímica que tiene los agricultores para controlar a *S. frugiperda*, cada vez mayor el uso indiscriminado de estas moléculas, han provocado daños en el ecosistema y salud humana, además de las bajas producciones en el cultivo de maíz, algunos productores han desistido en continuar sembrando este rubro y han optado por emigrar a zonas urbanas en busca de empleos.
- **Factibilidad del estudio:** En este estudio se llevará a cabo con análisis microbianos de los hongos entomopatógenos en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Tropical Pichilingue, los datos de rendimientos del cultivo de maíz en el cantón y porcentajes de daños, será una información facilitada por MAG y participación de los agricultores de la asociación de la zona.
- **Vulnerabilidad del Problema:** A través de este estudio se pretende disminuir el impacto ambiental ocasionado por la excesiva aplicación de agroquímicos en el cultivo de maíz, permitir dotar de alternativa viables y la posibilidad de reducir las poblaciones de esta plaga en el cantón.

Con los resultados obtenidos de esta investigación, se podrá disponer de alternativas muy eficaces en el control de este insecto, beneficiando a un gran número de agricultores, que tiene como cultivo principal al maíz, además de producir información necesaria para futuras investigaciones en este cultivo.

### **Delimitación del Problema**

El trabajo experimental, se llevará a cabo con la participación de la Asociación de Trabajadores Agrícolas Autónomos 3 de diciembre, de la provincia Guayas, cantón Balzar, recinto Las Piedras, vía La Británica, coordenadas UTM X: 626402 Y: 9849153, desde el mes noviembre a marzo 2022.

### **Formulación del Problema**

¿Cuál será la mejor alternativa ecológica para reducir los daños de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Balzar?

#### **Objetivos General:**

**Evaluar las alternativas ecológicas para el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Balzar, provincia Guayas.**

#### **Objetivos Específicos:**

- **Determinar la dinámica poblacional de *Spodoptera frugiperda* en la zona de estudio.**
- **Analizar los daños de *Spodoptera frugiperda* e indicadores fenométricos de maíz ante la aplicación de microorganismos entomopatógenos.**
- **Estudiar la eficiencia de microorganismos entomopatógenos en el control de *Spodoptera frugiperda*.**

## **Hipótesis**

El empleo de alternativas ecológicas, logra el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L) en el cantón Balzar.

## **Aporte Teórico**

Con los resultados obtenidos en la investigación, se obtendrá conocimientos de las alternativas ecológicas, el mejor método de control en la plaga, que permitirá generar tomas de decisiones a los productores, a la vez, conservar y restablecer el balance natural del ecosistema, por lo tanto, podrán realizar aplicaciones frecuentes en el mismo ciclo de cultivo y obtener resultados favorables, sin causar resistencia de la plaga, por consiguiente, disminución paulatina del uso de agrotóxicos.

## **Aplicación Práctica**

Con el resultado final en este estudio, se podrá concientizar a los productores de este cantón maicero, la importancia de realizar controles a *S. frugiperda*, de manera ecológica, con productos de origen biológico (agentes entomopatógenos), que garanticen sanidad y eficiencia sobre el control de la plaga, por lo tanto, se mejorará la productividad.

# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Estado del Arte

El maíz en el Ecuador es un cultivo de gran demanda e importancia, por el destino que se le da para consumo y contribuye a la seguridad alimentaria de la población. El maíz amarillo duro, se destina a la producción de alimento balanceado en un 80%, donde la región costa es el mayor productor de este rubro y es un cultivo de ciclo corto de importancia con una superficie sembrada de 300.000 ha (Zambrano Mendoza et al., 2019).

El rendimiento de maíz amarillo duro en el año 2019, para época lluviosa fue de 6.55 t/ha; en comparación a la época seca de 6.65 t/ha, con el uso de semillas certificadas, sin embargo, la reducción se debe principalmente por plagas y enfermedades, siendo el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) la principal plaga que afecta los cultivos (SIPA, 2019).

El INIAP desarrolla tecnologías para el control de insectos plagas, como cogollero, barrenador, gusanos de la mazorca, plagas del almacenamiento. A nivel comercial en la costa del país existen alrededor de 22 híbridos comercializados por empresas privadas como, Agripac, Interoc, Farmagro, Del Monte, Ecuaquímica, toda tecnología introducida, mientras que en la sierra no existen empresas privadas comercializando semilla certificada de maíz. El fomento de la semilla certificada en la sierra lo realiza casi exclusivamente el Ministerio de Agricultura y Ganadería y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). El reto principal que enfrenta el sector maicero de la costa es la presencia de plagas: insectos, virus y enfermedades foliares (Villavicencio Linzán et al., 2017).

Las condiciones ambientales tienen gran impacto en el crecimiento de las poblaciones de plagas, por motivos, de influir en la distribución, incidencia y la agresividad de la plaga, que provoca daños en la etapa fenológica. Esto se ha intensificado por las grandes extensiones de siembra de este monocultivo, un factor que interviene en la presencia y abundancia para que el insecto plaga esté presente en todo el ciclo de vida del maíz, causantes de daños en menor y mayor escala.

Por ende, se pueden considerar programas de control biológico. es menos agresivo con el ambiente, existiendo una alternativa viable que reduce las excesivas aplicaciones químicas y contribuye a la sustentabilidad (Hernández et al., 2019).

La fluctuación en la incidencia de plagas, en cuanto a varias investigaciones, han demostrados que, en zonas templadas, como, en tropicales son relacionadas por periodos de sequía y humedades relativas altas, dan origen a favorecer a la dinámica de poblaciones, tasa de reproducción y sobrevivencia de la plaga. También, influyen los daños mecánicos, provocados por fuertes lluvias, las plantas quedan expuestas en sus órganos, lo que la hace más susceptible al daño por patógenos y plagas (Croplife, 2017)

En el cultivo de maíz los insectos son una de las principales limitantes en la producción, en especial el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, debido al daño que provoca en las plantas, en la reducción del desarrollo y el rendimiento. El control más usado para esta plaga son los insecticidas químicos, las excesivas aplicaciones, ha sido el motivo del desequilibrio ambiental y de contaminación en el medio agrícola, así, como la resistencia de la plaga. Entre las alternativas de utilización están los microorganismos entomopatógenos, depredadores o parasitoides, por lo consiguiente, son numerosas las ventajas del control ecológico, como; reducir niveles de infestación de la plaga por debajo del daño económico, no genera contaminación al ambiente y disminuye el espectro de acción (Hernández et al., 2019).

La plaga (*Spodoptera frugiperda*), conocido en el medio agrícola como; gusano cogollero del maíz, puede llegar alimentarse de 80 especies de cultivos aproximadamente, y que, de no controlarse, puede ocasionar reducciones significativas del rendimiento en importantes cultivos como arroz, maíz y sorgo, perteneciente a la cadena alimenticia, también, en cultivos de hortalizas, leguminosas y algodón, (FAO, 2017).

Se están promoviendo y utilizando pesticidas químicos para el manejo del gusano cogollero, pero cuando las prácticas de aplicación y / o los ingredientes activos no son seguros, es necesario poner a disposición productos eficaces y de bajo riesgo. Dado que los bioplaguicidas como los microbianos y los extractos microbianos, los semioquímicos generalmente se consideran opciones de menor

riesgo para el manejo de plagas, son una vía prometedora para la exploración (Bateman et al., 2018).

Los productos desarrollados biotecnológicamente, son introducidos en el mercado de los insumos agrícolas, con una aceptación que se va marcando en tendencia con un incremento del 10% anual, mientras, que los plaguicidas sintéticos crece anualmente un 2%, de ahí, radica la importancia de generar productos eficaces para el sector agrícola para control de plagas, que no originen resistencias, que no sean tóxicos, que no dejen residuos y con alta persistencia (Futurcrop, 2018).

Los productos biológicos, serán efectivos para el control de larvas de *S. frugiperda*, cuando se establezcan las concentraciones idóneas, que cause la mortalidad más alta en un tiempo corto o en combinaciones con otros microorganismos entomopatógenos, el de realizar estudios investigativos de aislamientos nativos de hongos y bacterias; y extractos de plantas de la zona, con la finalidad, de mantenerse adaptados a las condiciones climáticas autóctonas, para garantizar mayor toxicidad, virulencia y patogenicidad sobre la plaga y establecer un manejo sustentable con alternativas de control biológico para el gusano cogollero, (González et al, 2017).

## **1.2 Base científica y teórica**

### **1.2.1. Origen y distribución del cultivo de maíz duro**

El centro de origen y domesticación del maíz se extiende a lo largo de México y hasta Guatemala. La distribución de este cultivo se ha extendido por toda América, Asia, Europa y África (CONABIO, 2020).

Una de las consultas investigativas dicha por CONABIO (2020), dice que el maíz es oriundo de América, pero lo primeros indicios se visualizó en México llegando hasta Guatemala, por lo tanto, su distribución se extendió por otras partes del mundo como Asia Europa y África.

### **1.2.2. Clasificación taxonómica del maíz duro.**

La clasificación del cultivo de maíz es la siguiente que expresa, (Garcia, 2017)

Reino: Plantae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays*

### **1.2.3. Características fenológicas**

**1.2.3.1 Raíz.** - La planta tiene raíces profundas y de sistema fino, en condiciones óptimas sus tamaños alcanzan 1.5 m, por lo que su crecimiento debe ser restringido. Dicho sistema está formado por unas raíces primarias con un periodo de vida corto y luego dan lugar a las adventicias que brotan por la corona del tallo y nodos crecen por debajo de la superficie del suelo.

**1.2.3.2 Hojas.** - Las ocho a veinte hojas que se pueden formar están dispuestas en espiral en el vástago, y que ocurren alternativamente en dos filas opuestas en el tallo. La hoja de maíz es una hoja de hierba típica y consiste en una funda de lígulas, aurículas y una cuchilla. La lámina de la hoja es de largo, estrecho y ondulante y se estrecha hacia la punta y puede ser es glabro a cabelludo.

**1.2.3.3 Flores.** - Las flores femeninas aparecen en las axilas de algunas hojas y están agrupadas en una espiga rodeada de largas brácteas. A esta espiga se le suele llama mazorca. Las flores masculinas aparecen en la extremidad del tallo y están agrupadas en panículas. Son llamadas vulgarmente por los agricultores “penachos” o “plumeros”, y algunas veces también “pendones”.

**1.2.3.4 Inflorescencia.** - Las flores masculinas y femeninas son producidas en la misma planta con inflorescencias separadas, completando su ciclo con la polinización cruzada. La inflorescencia femenina es la mazorca, cuyas semillas se agrupan en las mismas y se cubren de brácteas y los filamentos que brotan de ellas, las cuales son sus estilos que se aúnan a un ovario. Su mayor receptividad es hasta la tercera semana a partir de este periodo disminuye.

**1.2.3.5 Madurez fisiológica.** - A pesar de que los granos han alcanzado la

madurez fisiológica, deben secarse antes de llegar biológicamente a la madurez. En condiciones favorables, el secado se lleva a cabo en aproximadamente 5% por semana hasta el nivel del 20%, después hay una desaceleración.

#### **1.2.4. Requerimientos climáticos**

**1.2.4.1. Temperatura.** - El maíz es un cultivo de clima cálido y no se cultiva en áreas donde la temperatura media diaria es inferior a 19°C. Aunque la temperatura mínima para la germinación es de 11°C, la germinación será más rápido y menos variable en las temperaturas del suelo de 16 a 18°C. a 20°C, el maíz debe surgir dentro de cinco a seis días. La temperatura crítica que afecta perjudicialmente el rendimiento es de aproximadamente 32°C.

**1.2.4.2. Suelo.** - El suelo más adecuado para el maíz es uno con una buena profundidad, propiedades favorables, buen drenaje interno, un óptimo régimen de humedad, a pesar, de que la producción de maíz a gran escala debería tener un suelo con contenido de arcilla de menos de 10% (suelos arenosos) o en exceso de 30% (arcilla y suelos franco-arcillosos).

**1.2.4.3. Pluviosidad.** - Aproximadamente 10 a 16 kg de grano se producen para cada milímetro de agua utilizada. Se obtuvo un rendimiento de 3 152 kg / ha requiere entre 350 y 450 mm de lluvia al año. En la madurez, cada planta se ha utilizado 250 L de agua en ausencia de tensión de la humedad.

#### **1.2.5. Origen y distribución de *Spodoptera frugiperda***

*Gusano cogollero, Spodoptera frugiperda* (JE Smith), es una lepidóptera plaga polífaga originaria de América tropical y subtropical, donde es una de las plagas de maíz más importantes, por ejemplo, en América Central y Brasil. Pertenece al género *Spodoptera*, conocidos como gusanos soldados, el grupo de Noctuidae que causa las mayores pérdidas monetarias a la agricultura en todo el mundo. El gusano cogollero tiene ahora una distribución cosmopolita. Se detectó por primera vez fuera de su área de distribución nativa en África central y occidental a principios de 2016 (FAO, 2020).

La Unión Europea (UE) por medio de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), realizaron evaluación parcial del riesgo de *Spodoptera*

*frugiperda* para el territorio de la UE centrada en las principales vías de entrada, los factores que afectan al establecimiento, las opciones de reducción del riesgo y la gestión de plagas. El modelo de entrada con comercio se realiza en detalle para cinco productos básicos. Además, para cada producto básico, se consideran cinco regiones u origen: América Central y África Subsahariana, donde la plaga está presente, el norte de África y el Medio Oriente, donde la plaga está actualmente ausente, pero donde puede establecer en el futuro previsible, y el resto del mundo, donde la plaga está ausente y no se espera que se establezca dentro del horizonte temporal de esta evaluación (Jeger et al., 2018).

#### **1.2.6. Clasificación taxonómica de *Spodoptera frugiperda*.**

Según Fernández (1994) citado por Galeas (2015), *Spodoptera frugiperda* presenta la siguiente clasificación taxonómica (Neira de Perales & Pérez Tesén, 2020):

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Lepidóptera.

Familia: Noctuidae

Género: *Spodoptera*

Especie: *frugiperda*.

Nombre común: Gusano cogollero

#### **1.2.7. Biología y ciclo de vida**

La biología de *Spodoptera frugiperda* está compuesto de cuatro fases, entre ellas son: huevo, larva, pupa y adulto. El ciclo de vida puede variar de 20 a 45 días, depende de la temperatura, humedad y alimento (Neira de Perales & Pérez Tesén, 2020).

La temperatura, en la biología de invasión del insecto juega un papel importante, ya que esta plaga no entra en diapausa, se mide el desarrollo de *S. frugiperda* a diferentes temperaturas (Du Plessis et al., 2020).

Los huevecillos, circular en la sección transversal. La coloración varía de verde-café y café oscuro a negrozco poco antes de la eclosión, dependiendo del grado de madurez. El diámetro polar es de 0.39mm y el ecuatorial de 0.47 mm.

El período de incubación es de tres días a 25.3°C y de siete días a 15.4°C, con un promedio de cinco días.

Las larvas en estadio larval 1 (L1), tiene la cabeza grande mayor q su cuerpo, presenta vellosidades, a medida que se desarrolla, su cabeza se hace más proporcional con su cuerpo y las setas se hacen menos visibles, estadio larval 2 (L2), lucen totalmente hialinas, estadio larval 3 (L3), desarrolla una coloración rojiza por todo su cuerpo, estadio larval 4 (L4), la larva presenta tubérculos casi incoloros y la cabeza presenta una tonalidad clara, posteriormente, se define completamente la “Y” invertida de la cabeza, estadio larval 5 (L5), toma un color café oscuro, al tiempo que sus setas son muy poco visibles, estadio larval 6 (L6) se observa una mancha rojiza en el primer segmento del tórax (Prada, 2016).

Los sistemas ecológicos – sociales, son sistemas de compleja adaptabilidad y evolutivos, se refiere a la interacción de la plaga con el medio, conocer las diferentes variables ambientales en relación al efecto en el comportamiento de la plaga; verificar parámetros tales como: temperatura, humedad, interacción con otros seres vivos, las planta hospedera en este caso, el maíz, como fuente de alimento y los enemigos naturales que ayudan a regular la densidad poblacional de la plaga (Rathe, 2017).

#### **1.2.8. Daños**

En cultivos de maíz, las larvas de este insecto actúan como: defoliadores, cortadores, dañar la flor y la espiga; desde los primeros días de desarrollo de la planta de maíz, si la larva afectó el meristemo apical la planta puede morir. A partir de sexta hoja en adelante, el daño se concentrará al cogollo; en sus últimos estadios larvales, se alimenta de las hojas enrolladas del cogollo, donde produce perforaciones transversales que debilitan y quiebran las hojas. En la última parte de la etapa del cultivo de maíz, la larva puede causar daños a la panoja, una vez emergida esta, el gusano recurre a las espigas, también el daño en los estigmas reduce la polinización y produce una disminución de granos por espiga (Sinavimo, 2017).

## **1.2.9. Manejo integrado de plagas**

### **1.2.9.1 Manejo ecológicos**

Como parte sustancial del MIP, la conservación biológica el control tiene el potencial de reducir los brotes de plagas económicamente y de una manera ambientalmente racional confiando en enemigos naturales disponibles localmente. El control biológico también contribuye a la sostenibilidad de los sistemas de manejo de cultivos al reducir los insumos no renovables derivados de la petroquímica.

Con los primeros insecticidas químicos de síntesis se lograba una reducción sustancial de los daños causados por insectos perjudiciales, pero con la consecuente contaminación de los agroecosistemas, surgió entonces la necesidad de contar con métodos eficientes para el control de plagas agrícolas y más amigables con el medio ambiente. *Bacillus thuringiensis* (Bt) es una bacteria gram positiva y esporulante, capaz de producir, durante la fase de esporulación y de crecimiento vegetativo, una serie de proteínas con actividad tóxica contra insectos de importancia agronómica. De esta manera, Bt se ha convertido en el insecticida ecológico por excelencia demostrando su eficacia e inocuidad por ya más de 60 años (Areco et al., 2019).

#### **1.2.9.1 *Bacillus thuringiensis***

Se han desarrollado algunas bacterias entomopatógenas para el control de plagas de insectos a escala comercial; de ellas, destacan las subespecies de *Bacillus thuringiensis*, *Lysinibacillus sphaericus* Neide, *Paenibacillus* spp. y *Serratia entomophila* Grimont. *B. thuringiensis kurstaki* es la más utilizada para el control de insectos plaga de cultivos y bosques (Pacheco Hernández et al., 2019).

En la mayoría de los países desarrollados y en desarrollo, *Bacillus thuringiensis* (Bt) Los preparados que se utilizan comercialmente contra plagas pertenecen principalmente a los órdenes Lepidoptera, Diptera y Coleoptera. Bt Las toxinas son muy específicas para sus plagas y tienen gran importancia como alternativa a los insecticidas químicos en todo el mundo. A pesar del amplio éxito de las proteínas Cry en el control de insectos agrícolas, el aumento de la resistencia a los insectos y el estrecho espectro insecticida amenazan la sostenibilidad a largo plazo de Bt tecnología. Por tanto, es necesario identificar nuevas proteínas

insecticidas con características diferentes a las proteínas Cry conocidas, es decir, proteínas insecticidas vegetativas (Vip, etc.). Con este objetivo, se han realizado varios estudios para identificar y caracterizar nuevos Vips de nuevos Bt aislados que existen en varios hábitat (Güney et al., 2019)

### **1.2.9.2 *Beauveria bassiana***

*Beauveria bassiana* es un hongo ascomiceto mitospórico que crece de forma natural en los suelos de todo el mundo. Su poder entomopatógeno le hace capaz de parasitar a insectos de diferentes especies, causando la conocida enfermedad blanca de la muscardina. Pertenece a los hongos entomopatógenos y actualmente es utilizado como insecticida biológico o biopesticida controlando un gran número de parásitos de las plantas como son orugas, termitas, moscas blancas, áfidos, escarabajos o tisanópteros (Kuzhuppillymyal-Prabhakarankutty et al., 2021)

El hongo ascomiceto *Beauveria bassiana* es un patógeno de cientos de especies de insectos y se produce comercialmente como un mycoinsecticida respetuoso con el medio ambiente. Se secuenció el genoma de *B. bassiana* y un análisis filogenómico puede confirmar la entomopatogenicidad de los ascomicetos y genes de virulencia específicos de especies y expansiones y contracciones de familias de genes que se correlacionan con rangos de hospedadores y estrategias patogénicas (Xiao et al., 2015).

### **1.2.9.3 *Metarhizium anisopliae***

Presentan conidioforo ramificado, conidias cilíndricas a ovales que se forman en cadenas originadas en fialides. Las conidias son producidas en sucesión basipétala, estando la conidia más joven en la base de la cadena. Las conidias son blancas cuando son jóvenes, pero conforme maduran toman el color verde oscuro característico de esta especie. (Senasa, 2015).

El hongo *Metarhizium anisopliae* es uno de los principales entomopatógenos empleado como bioinsecticida. Este hongo tiene, un amplio rango de insectos hospederos de diferentes órdenes, entre los que se incluyen plagas de lepidópteros de importancia agrícola. El ciclo biológico de este HE comprende una fase infectiva celular en el interior del insecto y otra saprofita cuando el hongo completa su ciclo al aprovechar los nutrientes del cadáver del insecto. Los insectos muertos por este

hongo son inicialmente cubiertos de forma total por micelio de color blanco, el cual se torna verde cuando el hongo esporula (Acuña Jiménez et al., 2015).

Estudios de laboratorio han demostrado que *S. frugiperda* es susceptible al hongo *Metarhizium anisopliae* en los estados biológicos de huevo y larva, con porcentajes de mortalidad del 100% y valores de TL50 de 2.5 a 2.9 días en huevo y 1.3 a 3.1 días en larvas, a la concentración de  $1 \times 10^8$  conidias por ml. (Amaro et al., 2018).

#### **1.2.9.4 *Purpureocillium lilacinum***

*Paecilomyces lilacinus* fue descrito hace más de un siglo y es un hongo común en el suelo. Sin embargo, en la última década este hongo se ha encontrado cada vez más como el agente causal de infecciones en el hombre y otros vertebrados. *Paecilomyces*, representado por el conocido termófilo y a menudo patógeno *Paecilomyces variotii*. El nuevo nombre de género *Purpureocillium* se propone para *P. lilacinus* y la nueva combinación *Purpureocillium lilacinum* se hace aquí. Además, el *Purpureocillium lilacinum* examinado se aisló agrupado en dos clados basados en ITS y secuencias PARCIALES DE TEFLas secuencias ITS y TEF de los aislados de *Purpureocillium lilacinum* utilizados para el biocontrol de plagas de nematodos son idénticas a las que causan infecciones en humanos (Luangsa-ard et al., 2015).

Se han realizado estudios de aislamiento e identificación *Purpureocillium spp.* como agentes de biocontrol contra polilla de lomo de diamante (*Plutella xylostella*) y gusano de hoja oriental polilla (*Spodoptera litura*) en condiciones de laboratorio y medir la eficiencia (Nguyen et al., 2017).

#### **1.2.9.5 *Heterorhabditis bacteriophora***

Los nematodos penetran en la plaga y liberan una bacteria simbiótica en la cavidad corporal. Estas bacterias convierten el tejido larvario en una fuente de alimentación, gracias a la cual los nematodos se nutren, desarrollan y reproducen. La plaga huésped muere en unas pocas horas o días tras la infección. El huésped infectado adquiere un color rojo a marrón, pero aun así puede ser difícil de observar, debido a su rápida degradación en el sustrato de cultivo (Koppert, 2021).

El estado parasitario de los nematodos entomopatógenos, infectivo juvenil, portan una bacteria simbioide Gram-negativas pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, que en ausencia del huésped del nematodo pocas veces se aíslan. Los nematodos entomopatógenos *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) y *Steinernema carpocapsae* (Weiser), ingresan a sus hospederos por aberturas naturales (boca, espiráculos, ano) llegan a la hemolinfa y liberan la bacteria que rápidamente se multiplica matando por septicemia al hospedero en dos días. El ciclo del nematodo es de cuatro estadios donde el infectivo 3 juvenil es el tercero, al alimentarse del hospedero descompuesto por la bacteria llegan a su cuarto estadio (adulto macho y hembra) reproduciéndose hasta acabar con el alimento donde llegan a establecerse tres o cuatro generaciones, y dejan el hospedero en busca de otro que infectar (Intriago & Miguel, 2017).

Los géneros de nematodos *Steinernema* y *Heterorhabditis* se desenvuelve en asociación mutualista con las bacterias del genero *Xenorhabdus* y *Photorhabdus*, esta bacteria vive en el intestino de los nematodos, por lo que, el juvenil infectivo es el único estadio de vida libre y se encuentra en el suelo. La infección de un hospedero ocurre cuando nematodos juveniles infecciosos entran al insecto por las aberturas naturales hasta llegar al hemocele del hospedero (Gaibor Orellana et al., 2021).

## CAPÍTULO 2

### ASPECTOS METODOLÓGICOS

#### 2.1 Métodos

##### 2.1.1 Localización del Experimento

La presente investigación se realizó en el en cantón Balzar, provincia del Guayas, recinto Las Piedras, vía a La Británica (Asociación de Trabajadores Agrícolas Autónomos 3 de diciembre) Anexo No.2.

**2.1.2 Método deductivo:** Con esta herramienta se dedujo, cuál de los productos a base de microorganismos entomopatógenos, tuvo más efectividad como biocontrolador para *Spodoptera frugiperda*.

**2.1.3 Método inductivo:** Con este método se pudo concluir, de forma específica, los resultados del experimento que el entomopatógenos pudo controlar.

**2.1.4 Método descriptivo:** Se observó de manera visual el comportamiento de cada uno de los tratamientos a base de los microorganismos *Bacillus thuringiensis*, *Purpureocillium lilacinum*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y *Heterorhabditis bacteriophora*, en el insecto plaga.

**2.1.5 Método explicativo:** Con este nivel, se explica el comportamiento de las variables de investigación correspondiente, en los agentes entomopatógenos como biocontroladores de *Spodoptera frugiperda*, la que puede ser en función de la causa- efectos. Así como también en el control estadístico.

El método de esta investigación se la ejecutó en dos etapas experimentales, como es; de campo y laboratorio, la primera, hace alusión a la eficiencia de los microorganismos entomopatógenos sobre el insecto, este a su vez, se midió la incidencia de daños en las plantas, mientras que, en la etapa de laboratorio se sumó a esta, la patogenicidad de los productos biológicos contra *Spodoptera frugiperda*.

Se procedió a enviar a laboratorio los productos biológicos, para realizar análisis microbiano de la concentración de colonias y constatar microorganismos en los envases, luego se aplicó en campo, de acuerdo, a la metodología que se describe a continuación:

## 2.2. Variables

### 2.2.1 Variable Independiente

Para los tratamientos que se ejecutaron, se utilizó productos de microorganismos entomopatógenos de origen comercial, que se detallan a continuación:

**Tabla No 1. Características de los tratamientos evaluados**

<b>Tratamientos</b>	<b>Combinaciones</b>
T1	( <i>Bacillus thuringiensis</i> )
T2	( <i>B. bassiana</i> + <i>M. anisopliae</i> + <i>P. lilacinum</i> )
T3	( <i>B. bassiana</i> + <i>M. anisopliae</i> + <i>P. lilacinum</i> )+ ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )
T4	( <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> )
T5	Testigo absoluto

Elaborado por: Aguayo, 2022

#### 2.2.1.1 Tratamiento 1 (T1)

En este tratamiento se empleó el producto Cribac, que contiene *Bacillus thuringiensis*, de presentación de 1 litro, la dosis recomendada por la empresa fabricante es de 2 a 4 litros por hectárea (Anexo 5).

#### 2.2.1.2 Tratamiento 2 (T2)

En el tratamiento se utilizó el producto Micos plag, formulado con 3 hongos *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces lilacinus* y *Metarhizium anisopliae*, de presentación 100g, 50g, la dosis recomendada en la ficha técnica (Anexo 6), es de 100g por hectárea.

#### 2.2.1.3 Tratamiento 3 (T3)

Para este tratamiento se empleó combinación entre el T1 y T2

#### 2.2.1.4 Tratamiento 4 (T4)

En este tratamiento se adquirió *Heterorhabditis bacteriophora*, de nombre comercial Larvanem, de presentación en caja, que contiene el nematodo entomopatógeno en cantidades de 50, 500, 2500 millones, respectivamente,

protegidos por sobres internos, la dosis indicada por el técnico fue de 500 millones por hectárea (Anexo 7).

### **2.2.1.5 Tratamiento 5 (T5)**

En este tratamiento se presentó como testigo absoluto, no presento ningún método de control para *Spodoptera frugiperda*, con la finalidad de crear condiciones favorables y libres al insecto.

## **2.2.2 Variable Dependiente**

### **2.2.2.1 Plantas dañadas (escala)**

En esta variable se observó y contabilizó, el número de plantas afectadas en daño foliar, a consecuencia, del ataque del insecto, por lo que, el método de evaluación se determinó con la escala de Davis (Anexo 3).

**Tabla No 2. Escala para evaluación del nivel de daños en hojas**

<b>%</b>	<b>Denominación / descripción del daño</b>
0 – 1	Sin daño, o con lesiones como las que hace un aller. Estas lesiones son causadas por larvas del primer estadio (L1).
2 – 4	Lesiones tipo "ventanita" o lesiones circulares pequeñas (1 a 1,5 mm) y/o pocas lesiones alargadas pequeñas (1 a 3 cm) sin membrana epidérmica consumida (raspado sin agujero). Estas lesiones son causadas por larvas estadio (L2-L3).
5 – 6	Agujeros de diferentes tamaños, daño en el cogollo visible con signos de poca cantidad de heces de consistencia blanda. Se pierde eficacia en el control por encontrarse las larvas dentro del cogollo. Larvas de estadio L4 y L5.
7– 9	Destrucción evidente del cogollo en diferentes grados, con tapón de heces tipo aserrín. Larvas L6 con tapón de aserrín que impiden por completo el control químico

**Escala de evaluación de daños causados por larvas de (*Spodoptera frugiperda*)**

**Elaborado por: Davis, 1992**

### **2.2.2.2 Plantas infestadas y larvas vivas**

Se indica el número de plantas con larvas vivas y de estas, que cantidad se visualiza y en que estadio larval se encuentra en el momento del muestreo, para definir el momento óptimo de control.

### **2.2.2.3 Larvas muertas (n)**

Por medio de la observación, se identifican larvas muertas en las hojas de plantas evaluadas, para llevar los índices de mortalidad del insecto.

#### **2.2.2.4 Incidencia (%)**

Se define por los daños que realiza las larvas en las plantas, sobre el número del total de plantas en las unidades experimentales del ensayo y sus valores se representa en porcentajes de plantas afectadas, la recolección de estos datos se realizó en intervalos de cada 8 días, después de la fecha de siembra. El dato se reportó utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{Números de plantas dañadas}}{\text{Número total de plantas}} * 100$$

#### **2.2.2.5 Índice de infestación o Severidad (%)**

Esta variable se describe para evaluar la evolución entomológica del insecto, dentro de esta zona de estudio.

#### **2.2.2.6 Fluctuación de larvas de *S. frugiperda***

En esta variable se detalla descriptivamente para medir la variación de intensidad del insecto en estudio en el tiempo.

#### **2.2.2.7 Longitud de planta (cm)**

Para esta variable y las siguientes, se realizó el levantamiento de los datos a partir de los 8 días después de la siembra del ensayo hasta la floración, en intervalos cada 15 días, donde, se seleccionó 5 plantas al azar por cada replica de los tratamientos, para este muestreo se utilizó un flexómetro, para medir desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja.

#### **2.2.2.8 Número de hojas (n)**

Se procedió contabilizar el número de hojas verdaderas, consideradas en su forma completa y erecta, desde el cuello visible ligado al tallo.

#### **2.2.2.9 longitud de la hoja (cm)**

Con una cinta métrica se arrancó a medir la longitud de la hoja desde el cuello visible hacia la punta

#### **2.2.2.10 Diámetro del tallo (cm)**

Los datos de levantamiento de información para el diámetro del tallo, se utilizó un calibrador, se midió la circunferencia del mismo a la mitad de la planta, para luego ser transformados en centímetros.

#### **2.2.2.11 masa de la mazorca (g)**

Para las variables correspondientes se tomó 10 mazorcas en cada replica de los tratamientos al azar, se le quito la hoja y se midió con una balanza digital

#### **2.2.2.12 Diámetro de la mazorca (cm)**

Se utilizó un calibrador para medir el diámetro en la parte media de la mazorca.

#### **2.2.2.13 Número de hileras por mazorca (n)**

Se escogieron 10 mazorcas seleccionadas aleatoriamente de cada repetición de los tratamientos.

#### **2.2.2.14 Número de granos por mazorca (n)**

Es el conteo de la cantidad de granos que tiene cada una de las mazorcas seleccionadas de las réplicas de las unidades experimentales.

#### **2.2.2.15 Rendimiento (t)**

El rendimiento del grano se obtuvo por medio del peso total de la parcela (unidad experimental).

Rendimiento = densidad (plantas/10 000 m<sup>2</sup>) x n° de mazorcas/planta x n° de granos/mazorca x peso de 1000 granos = kg/ha = t = ha

### **2.3. Población y Muestra**

**2.3.1. Población.** El área experimental para los 5 tratamientos, estuvo conformada por 625m<sup>2</sup>, cada parcela de 25m<sup>2</sup>, la muestra será en 10 plantas x parcela, el tamaño de la muestra (n) igual a 50 plantas por tratamiento. El tamaño de muestra total (nt) será, en la población de estudio de 250 plantas.

**2.3.2. Muestra.:** En cada unidad experimental, se muestreó 5 plantas de maíz al azar, ubicadas céntricamente, para evaluar las variables fenológicas y de daño, presencia o ausencia del insecto en estudio, en lo que respecta a las variables de rendimiento, se seleccionaron 10 mazorcas al azar por replica de cada tratamiento.

## **2.4 Técnicas de Recolección de Datos**

Para la presente investigación, se utilizó textos como fuentes documentales de información, entre ellos se destacan; revistas científicas, libros, tesis de grado, fichas técnicas, portales web y análisis microbianos. Los datos colectados en la experimentación fueron tabulados y analizados, a través, IBM SPSS versión 21 (procesamiento estadístico), Sigmaplot (elaboración de figuras) y Microsoft Excel (Tabulación de datos, figuras y cálculos de índices).

Los materiales empleados se describen como medio y complemento para el levantamiento de los datos, en el ensayo de campo; flexómetro, lupa, calibrador, cinta métrica, piola, letreros, estacas, semilla de maíz Centella (Anexo No 4), insumos agrícolas, sistema de riego, bombas de mochilas de 20 L, fundas plásticas, para el experimento de laboratorio; Microscopio óptico y estereoscopio, pincel, vasos de precipitados, atomizadores, guantes, alcohol, agua destilada, papel absorbente, cajas Petri, vaso plásticos con tapa 1/3, larvas de *Spodoptera frugiperda*, hojas de maíz tiernas, lupa lámpara led escritorio y en ambas fase se empleó, fichas de apuntes, escalas, computadora y cámara fotográfica.

## **2.5 Estadística descriptiva e inferencial**

Se realizó análisis descriptivo, prueba de Normalidad, Kruskal – Wallis y de Mann-Whitney con 5% de error.

## **2.6 Diseño experimental**

Para el desarrollo del ensayo experimental, se llevó en dos fases; se implementó la parte de laboratorios, por motivos, que los resultados de los análisis de carga microbiana de los productos biológicos comerciales (hongos y bacteria), no fueron los esperados, como se demuestra en el (Anexo N° 8), por lo que, se consideró realizar el ensayo en condiciones controladas, con la finalidad de evaluar la eficacia de los microorganismos entomopatógenos, para el control de *Spodoptera*

*frugiperda*, para completar este experimento, se envió analizar carga microbiana de nuevos productos adquiridos que se demuestran en (Anexos N° 11 y 12).

En la implementación en campo, se utilizó Diseño Bloques Completamente al Azar (DCBA), con cinco tratamientos y cinco repeticiones, dando un total de 25 parcelas con medidas de 25 m<sup>2</sup> cada una, separadas por 1 m de distancia, para lograr desplazarse con facilidad entre las unidades experimentales y evitar el cruzamiento de los tratamientos, el área total que se ejecutó de 625 m<sup>2</sup> (Anexo N° 1). En este lugar se cuantificó las variables dependientes relacionadas con la distribución e intensidad de las larvas de *S. frugiperda* y el nivel de daño ocasionado. También se tomarán los datos fenométricos de crecimiento y desarrollo del maíz.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el desarrollo de este proyecto, se muestran a continuación.

### Determinación de la dinámica poblacional de *Spodoptera frugiperda* en la zona de estudio.

Las pruebas estadísticas se las realizaron a fin de determinar los valores de tendencia central y para aceptar o rechazar la hipótesis nula de la experimentación que establece:

$$H_0: T1 = T2 = T3 = T4 = T5$$

$$H_a: T1 \neq T2 \neq T3 \neq T4 \neq T5$$

### Larvas por Planta (n)

Los resultados muestran que en La Fecha 1 (8 DDS), en promedio, hubo entre 0.8 y 1.3 larvas por planta, luego en la Fecha No. 2 (a los 15 DDS) alcanzaron un promedio entre 0.2 y 0.6. En la Fecha No. 3 (a los 22 DDS) los daños alcanzaron entre 0.2 y 0.5, luego en la Fecha No. 4 (36 DDS) alcanzaron entre 0.6 y 0.7; luego en Fecha No. 5 (45 DDS) alcanzaron entre 0.1 y 0.6, luego en Fecha No. 6 (51 DDS) alcanzaron entre 0 y 0.4, luego a 0.2 y 1.3 en la Fecha No. 7 (58 DDS) y finalmente situándose la escala entre 0 y 0.2 en la Fecha No. 8 (65 DDS). El gráfico N°1, muestran los promedios de la escala para cada tratamiento en cada fecha.

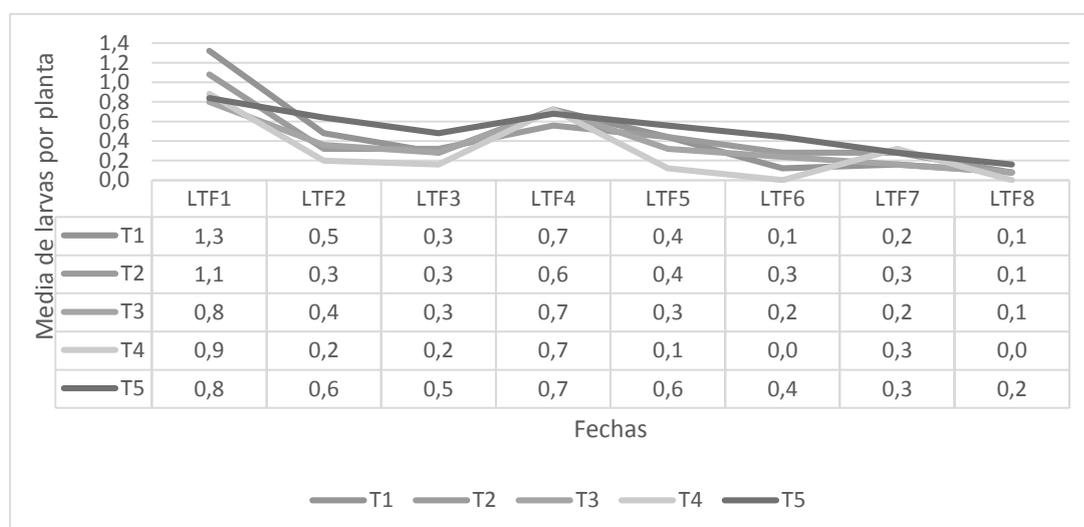


Gráfico N° 1. Líneas de medias de larvas por plantas para cada tratamiento por cada fecha de muestreo

Elaborado por: Aguayo, 2022

La Prueba de Kruskal – Wallis de las variable Larvas Totales por Planta determinó que no hubo diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos en la Fecha No.1, en la Fecha No. 3, en la Fecha No. 4, en la Fecha No. 7 y en la Fecha No. 8, dado que sus valores de significancia fueron  $p > 0.05$ ; sin embargo, en las Fechas No. 2, Fecha No. 5, Fecha No. 6, se determinó que si existen diferencias significativas entre los tratamientos puesto que los valores de sus significancias son  $p < 0.05$ . Por lo tanto, para aquellas fechas se realizó la Prueba de Mann-Whitney para determinar las diferencias entre los tratamientos. La Tabla siguiente muestra los estadísticos mencionados.

**Tabla N° 3. Prueba de Kruskal-Wallis de las variable Larvas Totales por planta**

<b>N</b>	<b>Variable</b>	<b>Test</b>	<b>Significancia</b>
1	Variable LTF1 (Larvas Totales por Planta Fecha 1) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal-Wallis	0.287
2	Variable LTF2 (Larvas Totales por Planta Fecha 2) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal-Wallis	0.026**
3	Variable LTF3 (Larvas Totales por Planta Fecha 3) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal-Wallis	0.053
4	Variable LTF4 (Larvas Totales por Planta Fecha 4) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal-Wallis	0.799
5	Variable LTF5 (Larvas Totales por Planta Fecha 5) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal-Wallis	0.02**
6	Variable LTF6 (Larvas Totales por Planta Fecha 6) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal-Wallis	0.003**
7	Variable LTF7 (Larvas Totales por Planta Fecha 7) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal-Wallis	0.477
8	Variable LTF8 (Larvas Totales por Planta Fecha 8) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal-Wallis	0.573

**Elaborado por: Aguayo, 2022**

El resultado de la Prueba de Mann-Whitney en la Fecha No. 2, se identificó que entre el T4 y el T5 existen diferencias estadísticas significativas puesto que su valor de significancia es menor a 0.05; a diferencia de las demás comparaciones de tratamientos (T4-T2, T4-T3, T4-T1, T2-T3, T2-T1, T2-T5, T3-T1, T3-T5 y T1-T5) donde no existen diferencias estadísticas significativas entre ellos puesto que sus valores de significancia son mayores a 0.05. Se muestra en el (Apéndice No. 20).

En la Fecha No. 3 se identificó que entre el T4 – T5 y el T1 – T5 si existen diferencias estadísticas significativas puesto que sus valores de significancia son menores a 0.05, colocando al T5 con la mayor escala y el T4 con la menor escala.

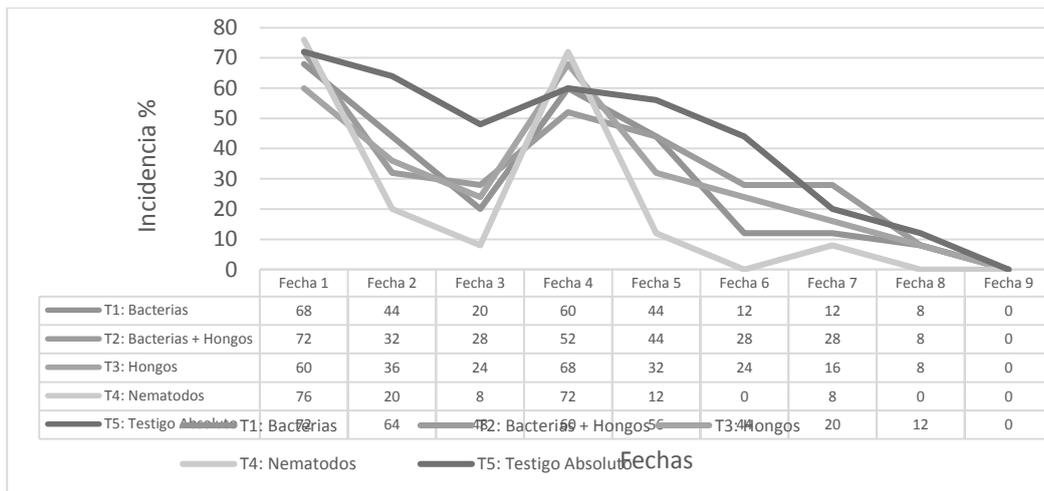
Por otro lado, en las comparaciones de T4-T1, T4-T2, T4-T3, T1-T2, T1-T3, T2-T3, T2-T5 y T3-T5 no existen diferencias estadísticas significativas entre ellos puesto que sus valores de significancia son mayores a 0.05. El gráfico (Apéndice No. 21) muestra las cifras.

En la Fecha No. 5, se identificó que entre el T4 – T5 si existe diferencias estadísticas significativas puesto que su valor de significancia es menor a 0.05, colocando al T5 con la mayor escala y el T4 con la menor escala. Por otro lado, en las comparaciones de T4-T3, T4-T2, T4-T1, T3-T2, T3-T1, T3-T5, T2-T1, T2-T5 y T1-T5 no existen diferencias estadísticas significativas entre ellos puesto que sus valores de significancia son mayores a 0.05. Tal indica el gráfico (Apéndice No. 22).

En la Fecha No. 6, se identificó que entre el T4 – T5 si existen diferencias estadísticas significativas puesto que sus valores de significancia son  $p < 0.05$ . Por otro lado, en las comparaciones de T1-T5, T4-T2, T4-T3, T3-T5, T1-T2, T1-T3, T3-T2, T4-T1 y T2-T5 no existen diferencias estadísticas significativas entre ellos, se muestran los valores mencionados (Apéndice No. 23).

### **Incidencia de *Spodoptera frugiperda* (%)**

Los resultados muestran que a 1 día luego de la inoculación de los tratamientos, el T4 mostró una incidencia del 76%, luego en la Fecha No. 2 bajó al 20%, para la Fecha 3 alcanzó un 8%, luego a 72%, 12%, 0%, 8%, 0% y 9% para las siguientes fechas. A diferencia de los T5, T1, T3 y T2 que alcanzaron porcentajes de incidencia mayores al Tratamiento 4. Los gráficos de adelante muestran los promedios de cada tratamiento para cada fecha.



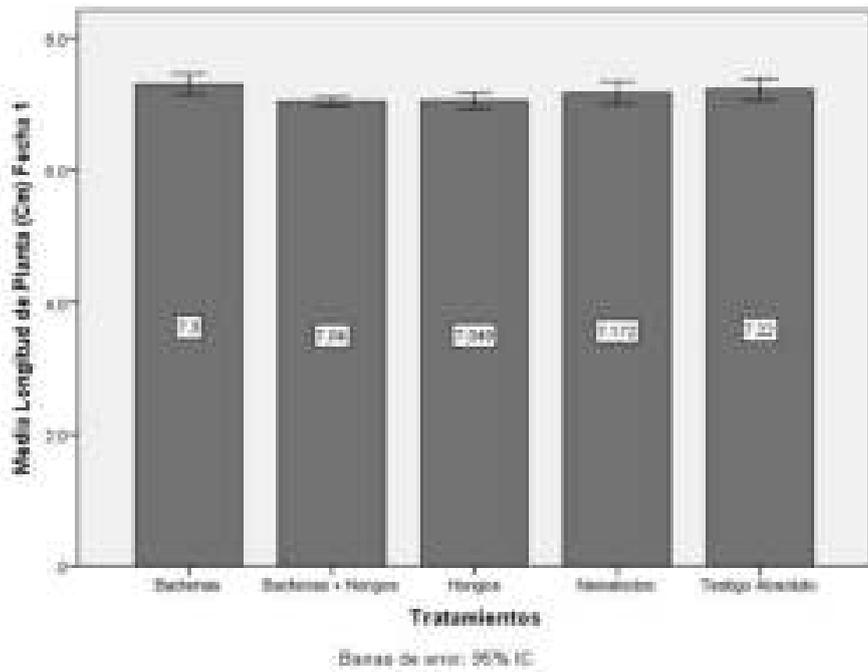
**Gráfico N° 2. Líneas de medias de Incidencia**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**

**Analizar los daños de *Spodoptera frugiperda* e indicadores fenométricos de maíz ante la aplicación de microorganismos entomopatógenos.**

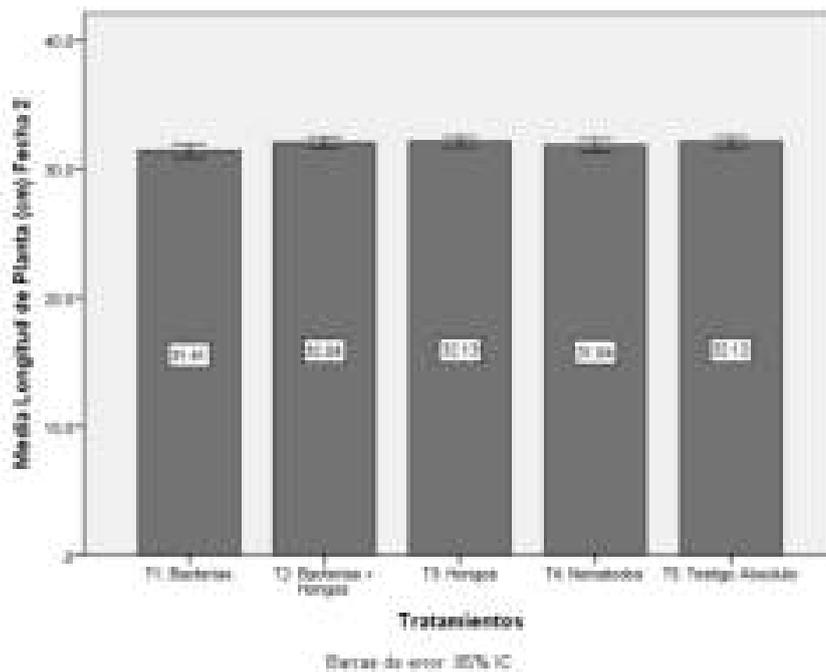
### **Longitud de Planta (cm)**

Los resultados muestran que en promedio las plantas alcanzaron una longitud alrededor de los 7 cm en la Fecha No. 1 (8 DDS), luego en la Fecha No. 2 (a los 22 DDS) alcanzaron un promedio de 32 cm. En la Fecha No. 3 (a los 36 DDS) las plantas alcanzaron un promedio de 75 cm, sin embargo, en la Fecha No. 4 (51 DDS), entre el alcanzaron los 220 cm y finalmente en la Fecha No. 5 (66 DDS) alcanzaron los 232 cm. El coeficiente de variación para estas variables fue de 4.61%, cuyo valor es aceptable para este tipo de experimentación.

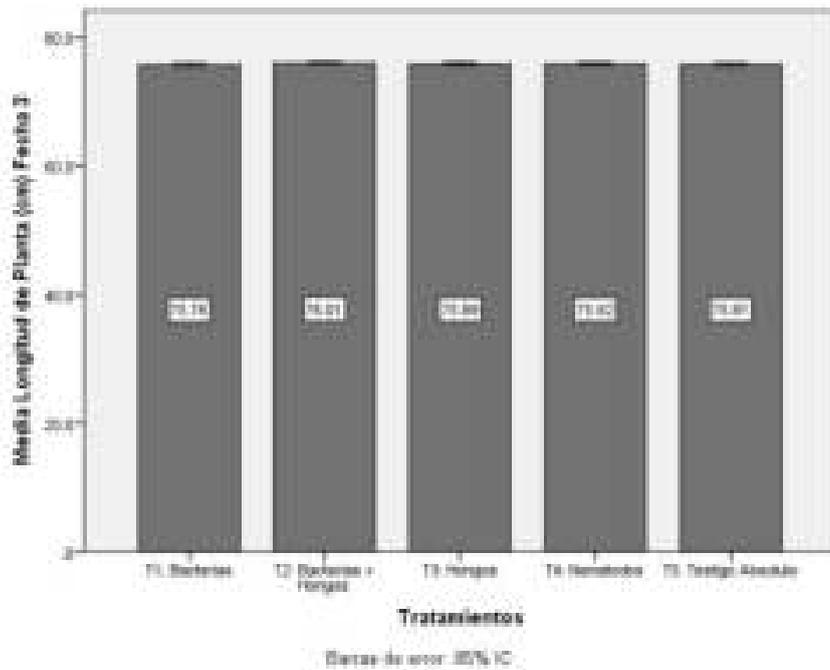
Los gráficos de adelante muestran los promedios de cada tratamiento para cada fecha.



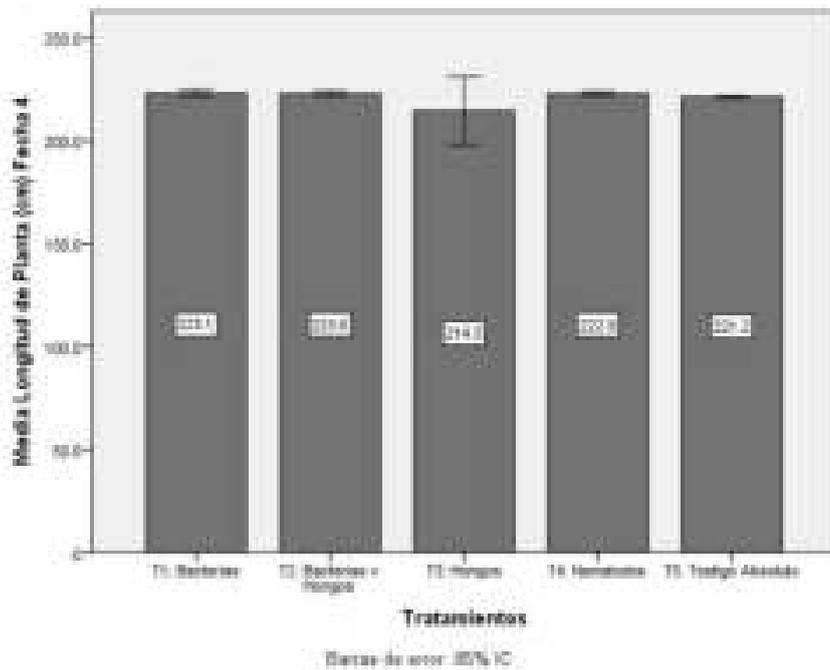
**Gráfico N° 3: Promedio de la longitud de planta a los 8 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



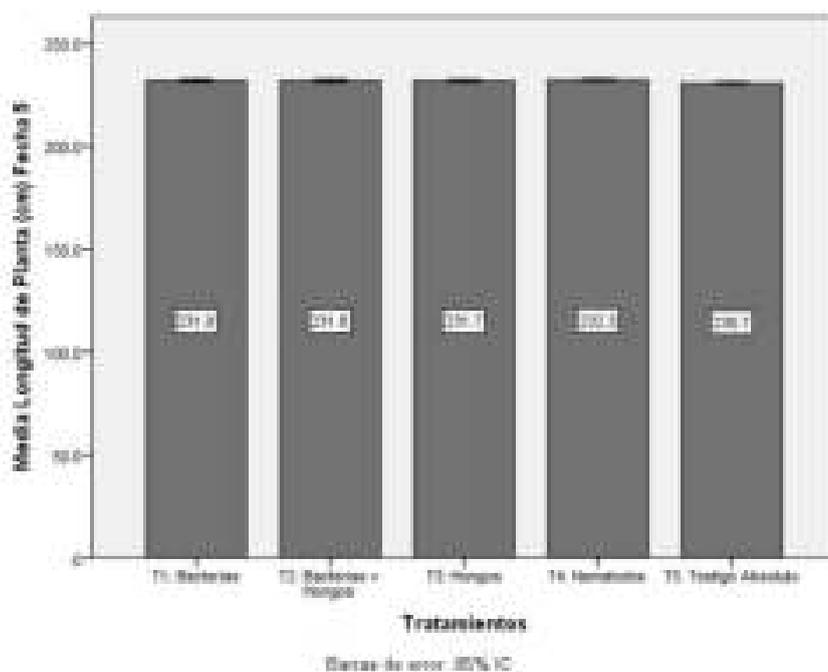
**Gráfico N° 4: Promedio de la longitud de planta a los 22 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



**Gráfico N° 5: Promedio de la longitud de planta a los 36 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



**Gráfico N° 6: Promedio de la longitud de planta a los 51 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



**Gráfico N° 7: Promedio de la longitud de planta a los 65 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022

Mediante la prueba de normalidad Shapiro-Wilk determinó que 17 de los 25 grupos (5 Tratamientos en 5 Fechas), tienen una significancia menor a  $p < 0.05$  (Apéndice N° 1), por lo consiguiente, se realizó la Prueba de Kruskal – Wallis de las variables Longitud de Planta determinó que no hubo diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos a los 8, 22, 36DDS, dado que sus valores de significancia  $p > 0.05$ , sin embargo, en los muestreos realizados a los 51 y 65 días, se determinó que, si existen diferencias significativas entre los tratamientos por ser  $p < 0.05$ , como se demuestra en Tabla N°4.

**Tabla No 4. Prueba de Kruskal-Wallis de las variables de Longitud de Planta**

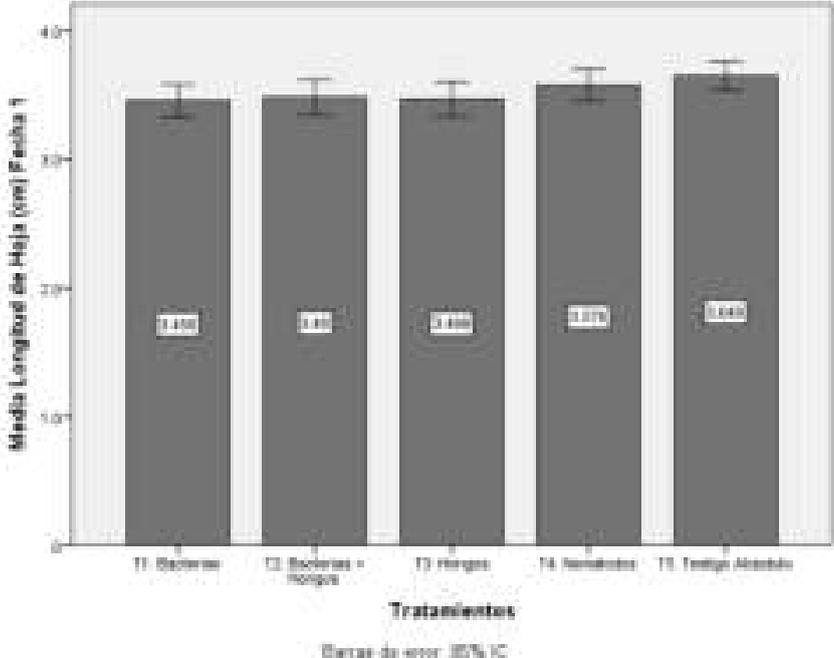
N	Variables	Test	Significancia
1	Variable LPFecha1 (Longitud de Planta 8 DD) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal-Wallis	0.117
2	Variable LPFecha2 (Longitud de Planta 22 DDS) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal-Wallis	0.209
3	Variable LPFecha3 (Longitud de Planta 36 DDS) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal-Wallis	0.756
4	Variable LPFecha4(Longitud de Planta 51 DDS) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal-Wallis	0.018
5	Variable LPFecha5 (Longitud de Planta 65 DDS) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal-Wallis	0.019

Elaborado por: Aguayo, 2022

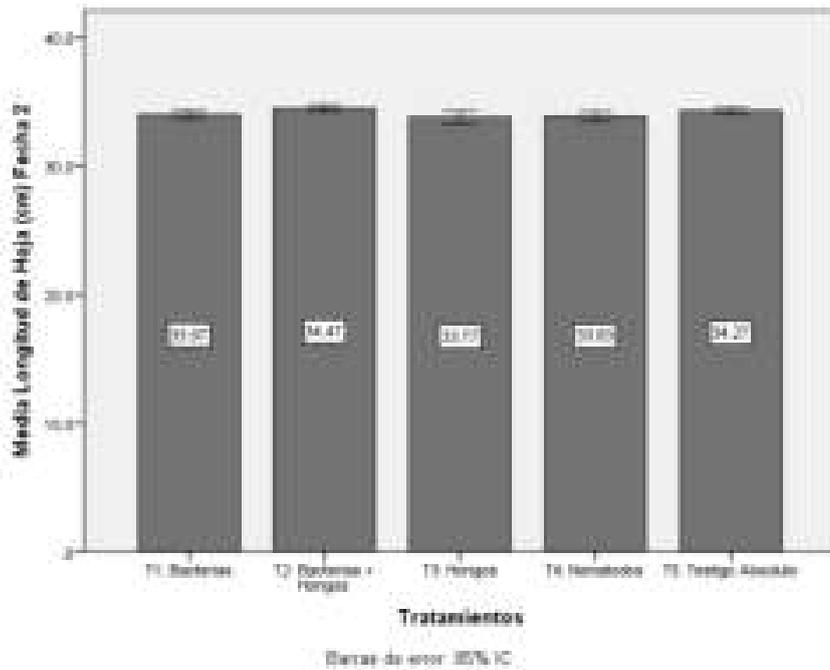
El resultado del análisis de comparaciones múltiples Mann-Whitney, para determinar los subconjuntos homogéneos en la Fecha No. 4, se identificó que entre el T1 y el T5 existen diferencias estadísticas significativas, mientras que, las demás comparaciones de tratamientos no existen diferencias estadísticas significativas entre ellos, (Apéndice N° 2), de igual manera, en la Fecha No. 5 se identificó que entre el T5 y el T4 si existen diferencias estadísticas significativas, colocando al T4 con el que obtuvo la mayor longitud de planta, en tanto, con los demás tratamientos no existen diferencias estadísticas significativas, se observa en el (Apéndice N° 3).

**Longitud de Hoja (cm)**

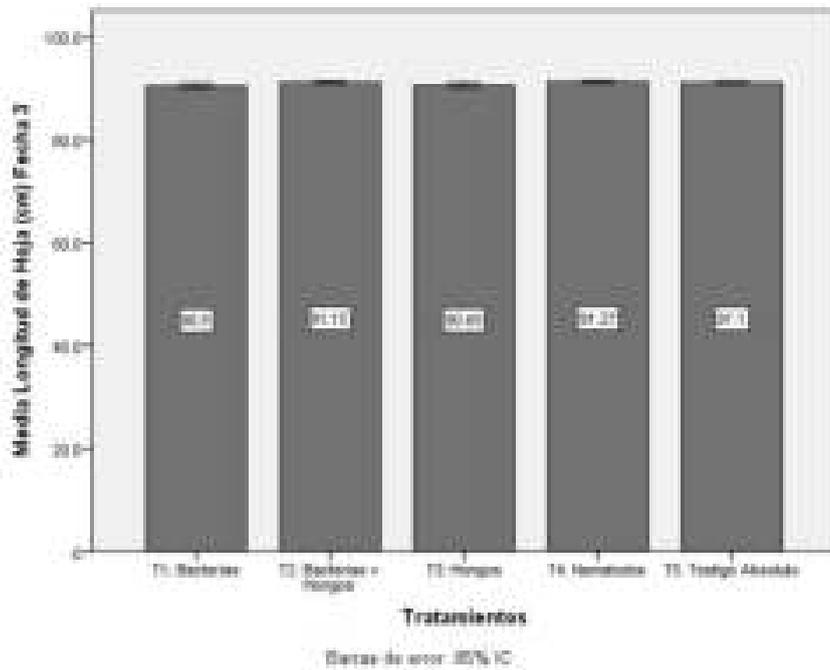
Los resultados muestran que en promedio los tratamientos alcanzaron una longitud de hoja alrededor de los 3.5 cm en la Fecha No. 1 (8 DDS), luego en la Fecha No. 2 (a los 23 DDS) alcanzaron un promedio de 32 cm. En la Fecha No. 3 (a los 38 DDS) las plantas alcanzaron un promedio de 90 cm, luego en la Fecha No. 4 (53 DDS) alcanzaron los 104 cm y finalmente en la Fecha No. 5 (68 DDS) alcanzaron los 105 cm. Los gráficos de adelante muestran los promedios de cada tratamiento para cada fecha.



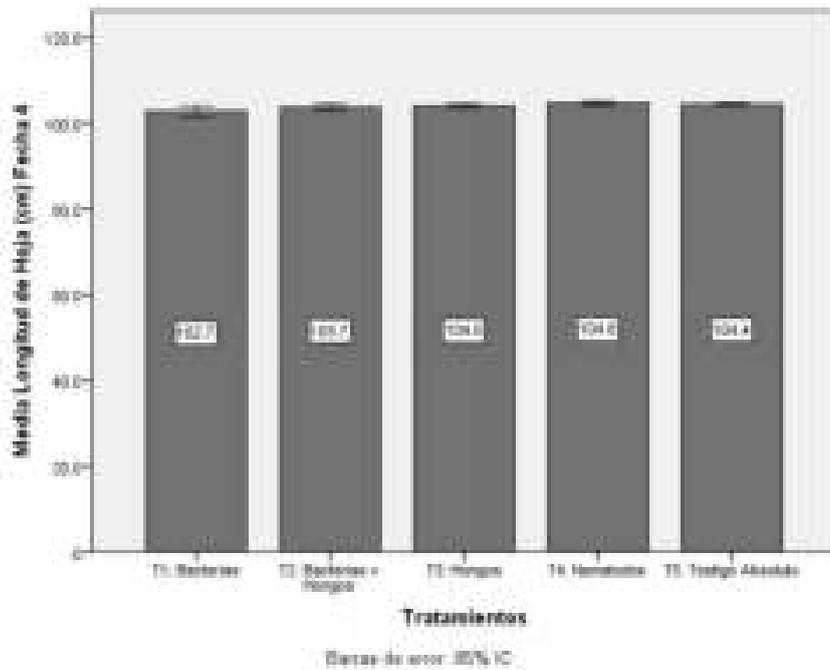
**Gráfico N° 8: Promedio de la longitud de hoja a los 8 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



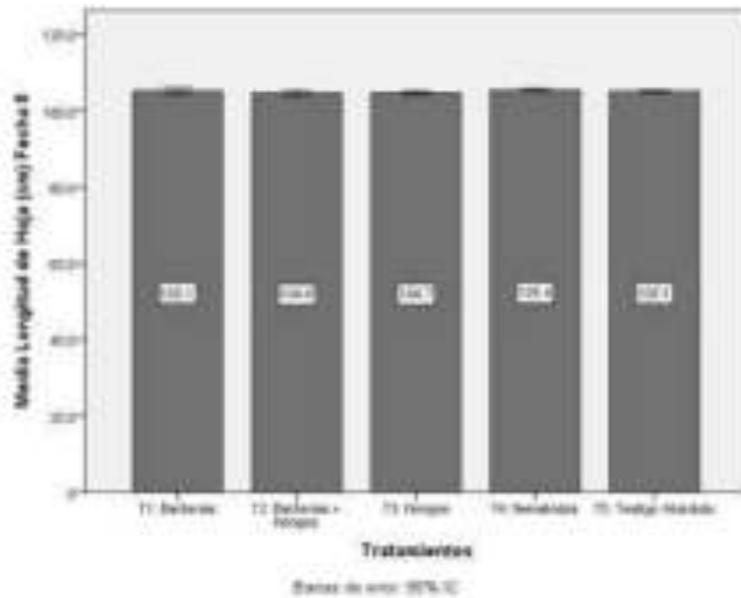
**Gráfico N° 9: Promedio de la longitud de hoja a los 22 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



**Gráfico N° 10: Promedio de la longitud de hoja a los 36 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



**Gráfico N° 11: Promedio de la longitud de hoja a los 51 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



**Gráfico N° 12: Promedio de la longitud de hoja a los 65 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022

Mediante la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, determinó que hay grupos que tienen una significancia menor a  $p < 0.05$  (Apéndice N°4). La Prueba de Kruskal – Wallis en la variable Longitud de Hoja determinó que no hubo diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos en la Fecha No.1, en la

Fecha No. 4 y en la Fecha No. 5, dado que sus valores de significancia (0.109, 0.372 y 0.121, respectivamente) fueron mayores a 0.05; sin embargo, en las Fechas No. 2 y Fecha No. 3, se determinó que si existen diferencias significativas entre los tratamientos puesto que los valores de sus significancias (0.024 y 0.008, respectivamente) son  $p < 0.05$ . La Tabla N° 5 muestra los estadísticos mencionados.

**Tabla N° 5. Prueba de Kruskal-Wallis de las variables de Longitud de Hoja**

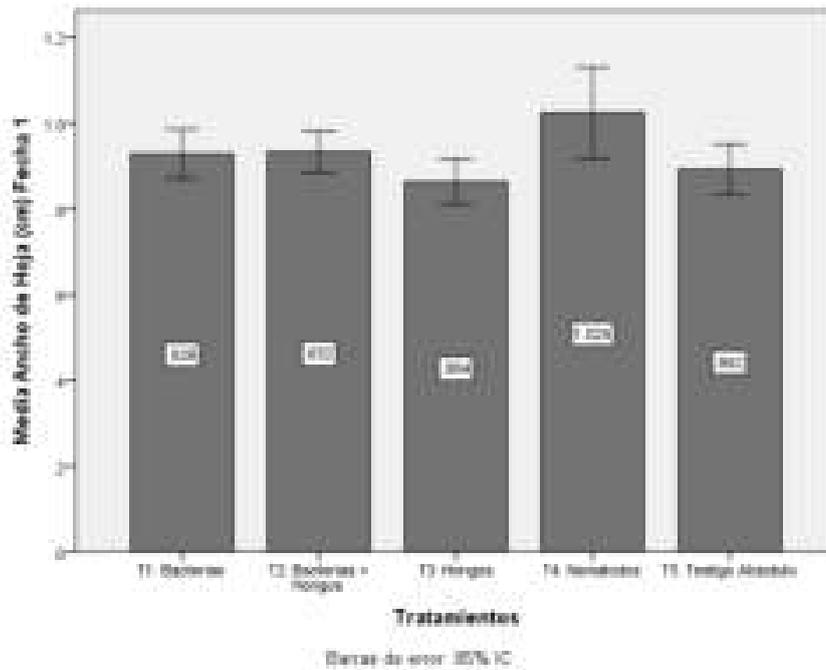
<b>N</b>	<b>Variables</b>	<b>Test</b>	<b>Significancia</b>
1	Variable LHFecha1 (Longitud de Hoja Fecha 8DDS) Vs Tratamiento	Prueba Kruskal-Wallis	0.109
2	Variable LHFecha2 (Longitud de Hoja Fecha 22DDS) Vs Tratamiento	Prueba Kruskal-Wallis	0.024
3	Variable LHFecha3 (Longitud de Hoja Fecha 36DDS) Vs Tratamiento	Prueba Kruskal-Wallis	0.008
4	Variable LHFecha4 (Longitud de Hoja Fecha 51DDS) Vs Tratamiento	Prueba Kruskal-Wallis	0.372
5	Variable LHFecha5 (Longitud de Hoja Fecha 65DDS) Vs Tratamiento	Prueba Kruskal-Wallis	0.121

**Elaborado por: Aguayo, 2022**

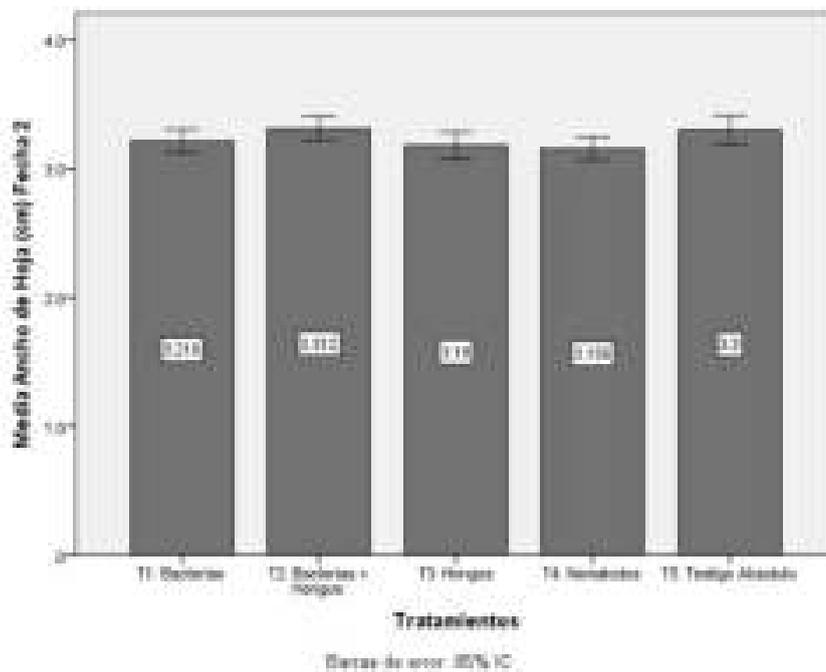
El resultado del análisis de comparaciones múltiples de Mann-Whitney para determinar los subconjuntos homogéneos en la Fecha No. 3, se identificó que entre el T1 – T4 si existen diferencias estadísticas significativas  $p < 0.05$ ; a diferencia de las demás comparaciones de tratamientos que el  $p > 0.05$  (Apéndice N°5).

### **Ancho de hoja (cm)**

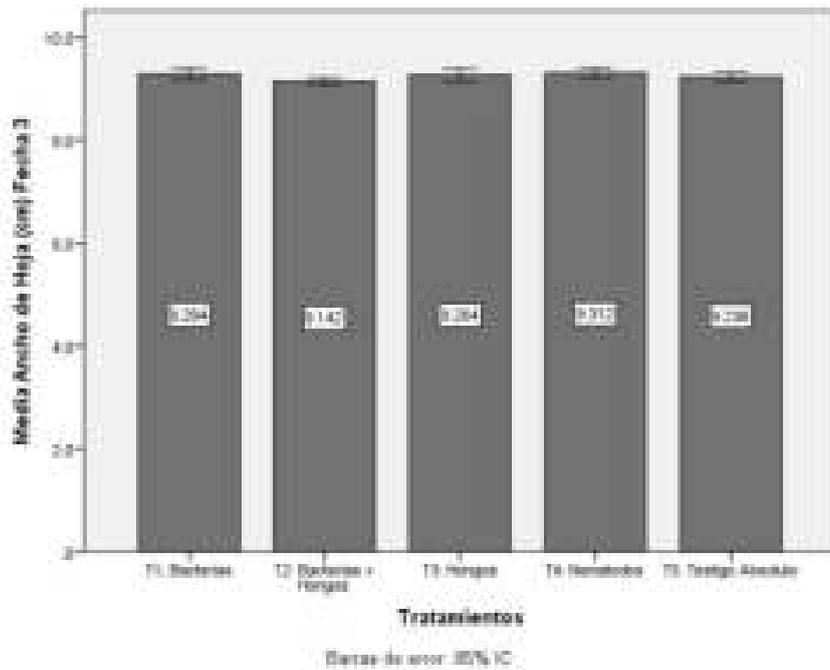
Los resultados muestran que en promedio las hojas alcanzaron un ancho alrededor de los 0.9 cm en la Fecha No. 1 (8 DDS), luego en la Fecha No. 2 (a los 23 DDS) alcanzaron un promedio de 3.1 cm. En la Fecha No. 3 (a los 38 DDS) las plantas alcanzaron un promedio de 9.2 cm, luego en la Fecha No. 4 (53 DDS) alcanzaron los 9.9 cm y finalmente en la Fecha No. 5 (68 DDS) alcanzaron los 10.1 cm. El gráfico N° 11 - 15, muestran los promedios de cada tratamiento para cada fecha.



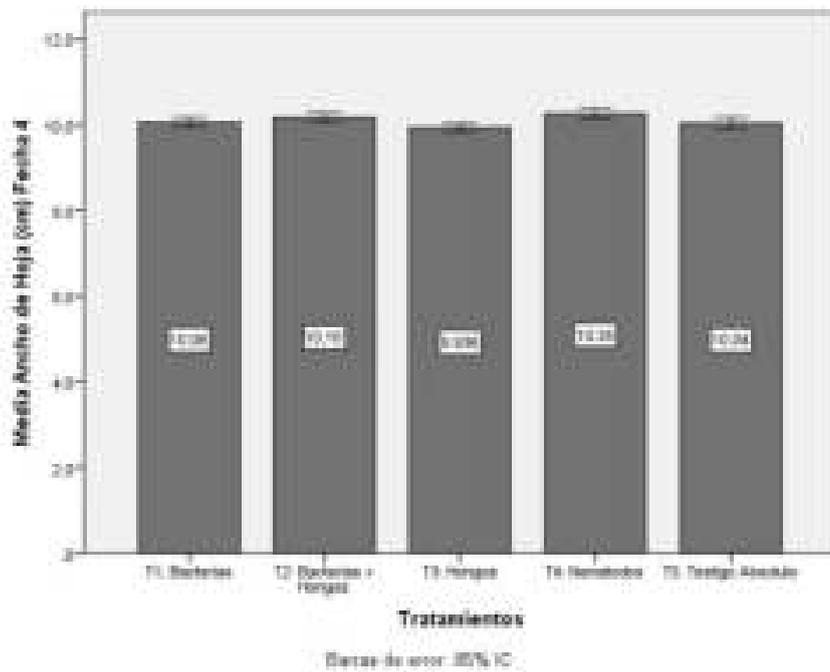
**Gráfico N° 13: Promedio del ancho de hoja a los 8 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



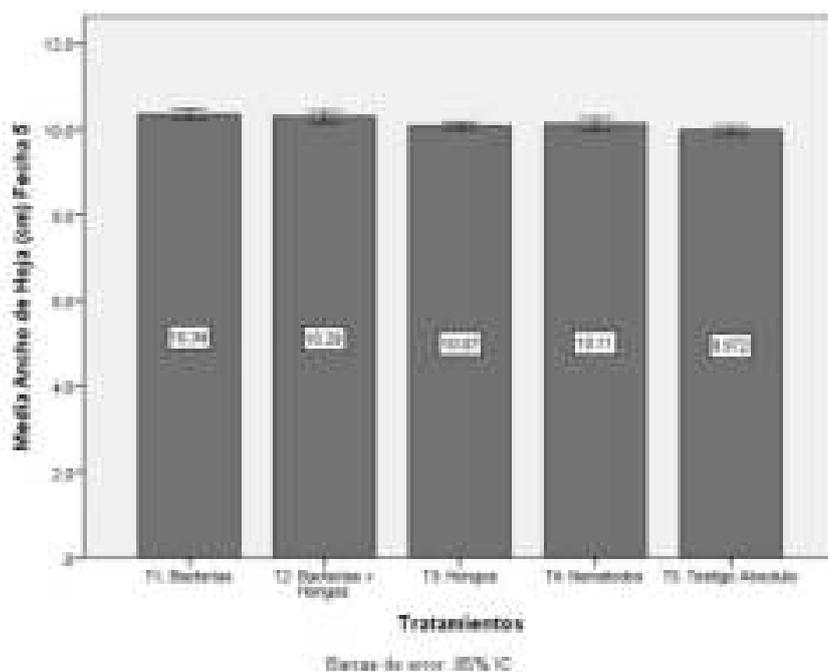
**Gráfico N° 14: Promedio del ancho de hoja a los 22 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



**Gráfico N° 15: Promedio del ancho de hoja a los 36 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



**Gráfico N° 16: Promedio del ancho de hoja a los 51 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



**Gráfico N° 17: Promedio del ancho de hoja a los 65 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022

La Prueba de Kruskal – Wallis de las Variables Ancho de Hoja determinó que no hubo diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos en la Fecha No. 1 y en la Fecha No. 3, dado que sus valores de significancia (0.066 y 0.104, respectivamente) fueron  $p > 0.05$ ; sin embargo, en las Fechas No. 2, Fecha No. 4 y Fecha No. 5, se determinó que si existen diferencias significativas entre los tratamientos puesto que los valores de sus significancias  $p < 0.05$ . La Tabla siguiente muestra los estadísticos mencionados.

**Tabla No 6. Prueba de Kruskal-Wallis de las variables de Ancho de hoja**

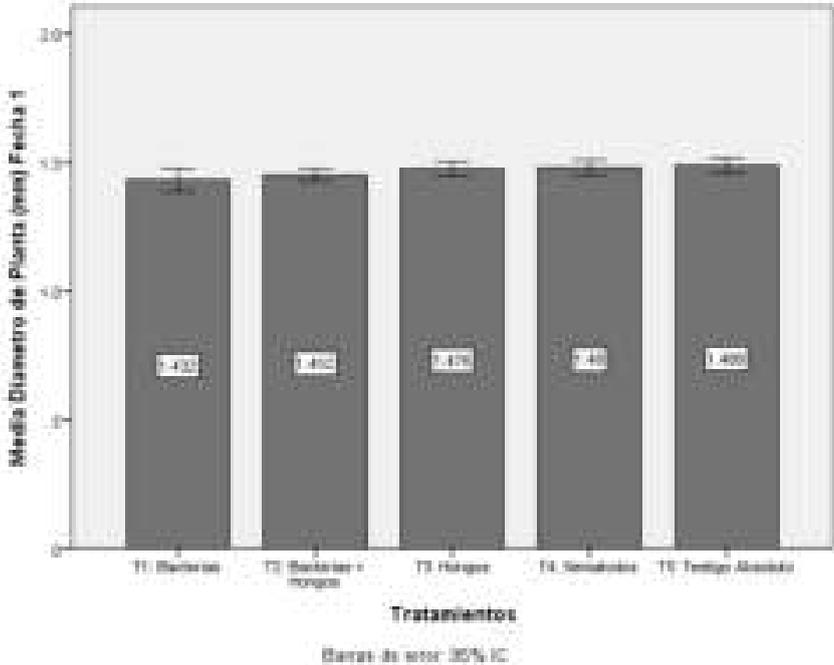
N	Variable	Test	Significancia
1	Variable AHFecha1 (Ancho de Hoja Fecha 8DDS) Vs Tratamiento	Prueba Kruskal-Wallis	0.066
2	Variable AHFecha2 (Ancho de Hoja Fecha 22DDS) Vs Tratamiento	Prueba Kruskal-Wallis	0.049
3	Variable AHFecha3 (Ancho de Hoja Fecha 36DDS) Vs Tratamiento	Prueba Kruskal-Wallis	0.104
4	Variable AHFecha4 (Ancho de Hoja Fecha 51DDS) Vs Tratamiento	Prueba Kruskal-Wallis	0.002
5	Variable AHFecha5 (Ancho de Hoja Fecha 65DDS) Vs Tratamiento	Prueba Kruskal-Wallis	0.000

Elaborado por: Aguayo, 2022

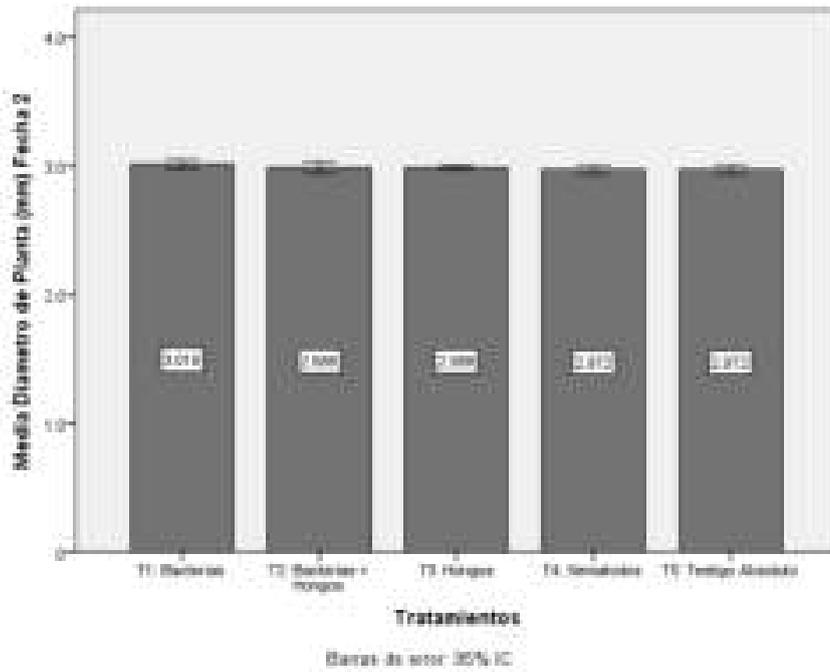
El resultado del análisis de comparaciones múltiples de Mann-Whitney para determinar los subconjuntos homogéneos en la Fecha No. 2, se identificó las diferencias estadísticas significativas  $p < 0,05$ . En el gráfico (Apéndice N° 7). De igual manera, en la Fecha No. 4 (Apéndice N° 8), se muestra quienes tienen diferencias estadísticas.

**Diámetro de Planta (cm)**

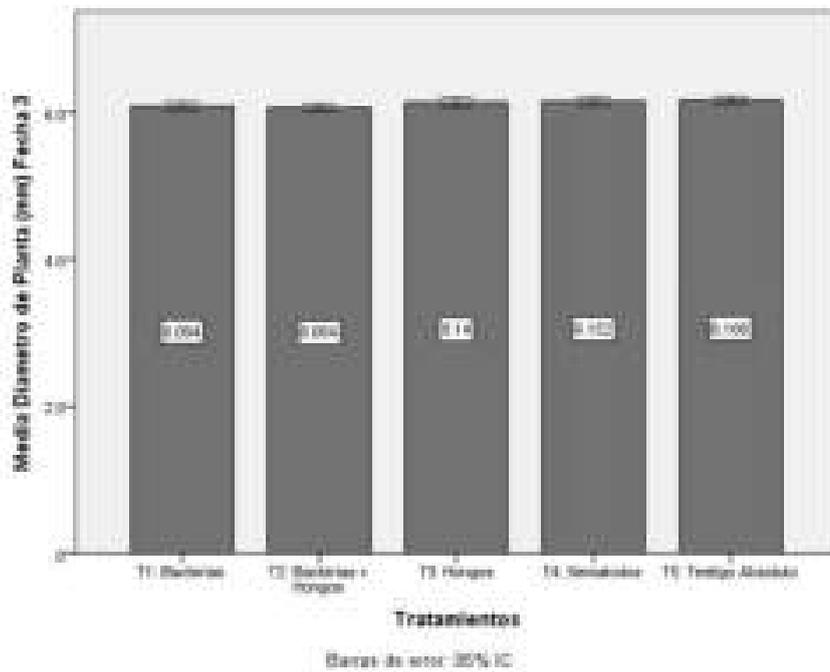
Los resultados muestran que en promedio las hojas alcanzaron un diámetro alrededor de los 1.43 cm en la Fecha No. 1 (8 DDS), luego en la Fecha No. 2 (a los 23 DDS) alcanzaron un promedio de 3.1 cm. En la Fecha No. 3 (a los 38 DDS) las plantas alcanzaron un promedio de 9.2 cm, luego en la Fecha No. 4 (53 DDS) alcanzaron los 9.9 cm y finalmente en la Fecha No. 5 (68 DDS) alcanzaron los 10.1 cm. Los gráficos de adelante muestran los promedios de cada tratamiento para cada fecha.



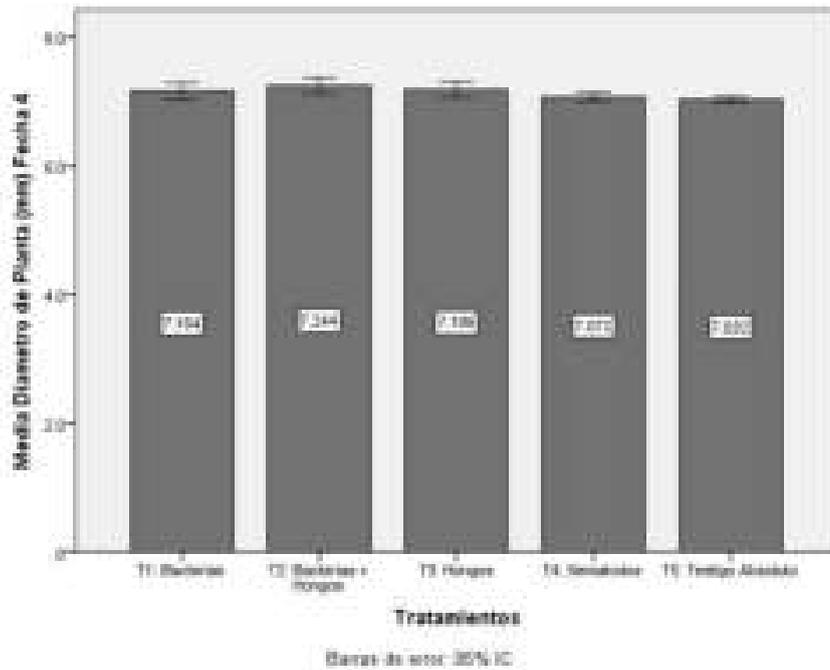
**Gráfico N° 18: Promedio del diámetro de planta a los 8 DDS (Medias)**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**



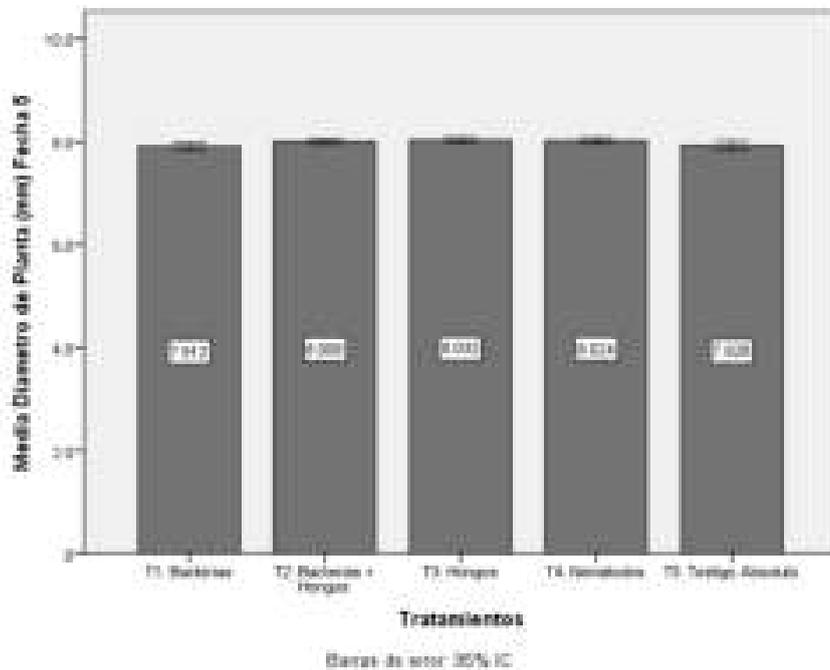
**Gráfico N° 19: Promedio del diámetro de planta a los 22 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



**Gráfico N° 20: Promedio del diámetro de planta a los 36 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



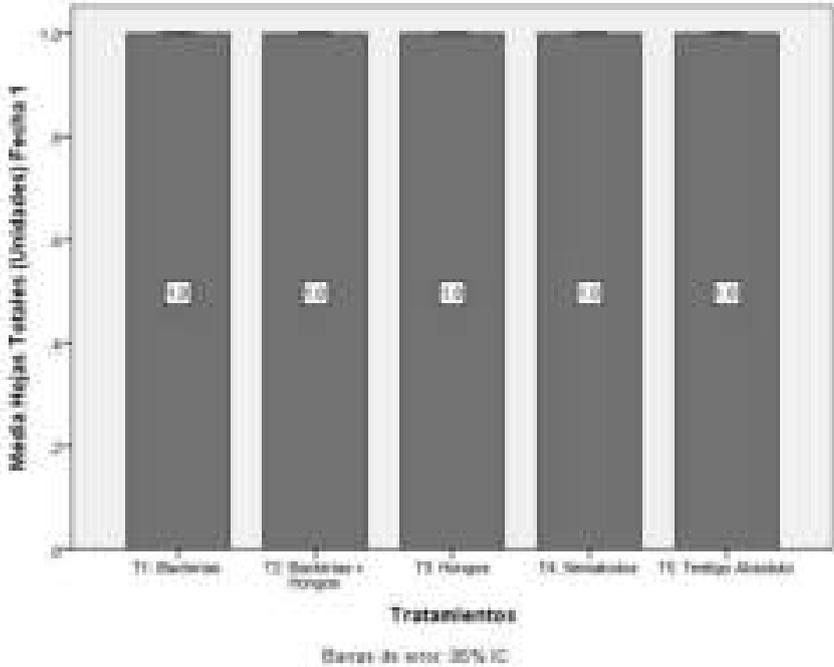
**Gráfico N° 21: Promedio del diámetro de planta a los 51 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



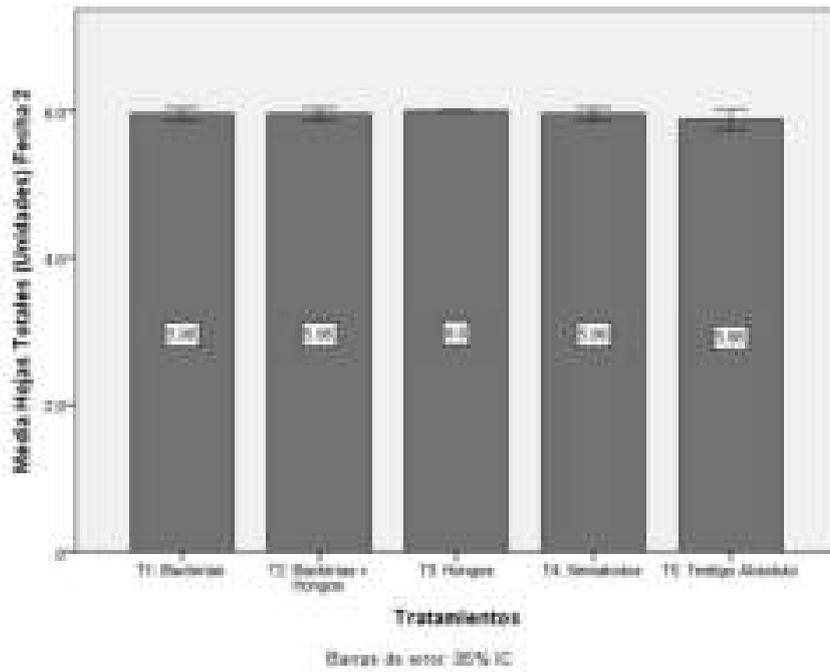
**Gráfico N° 22: Promedio del diámetro de planta a los 65 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022

**Número de Hojas (n)**

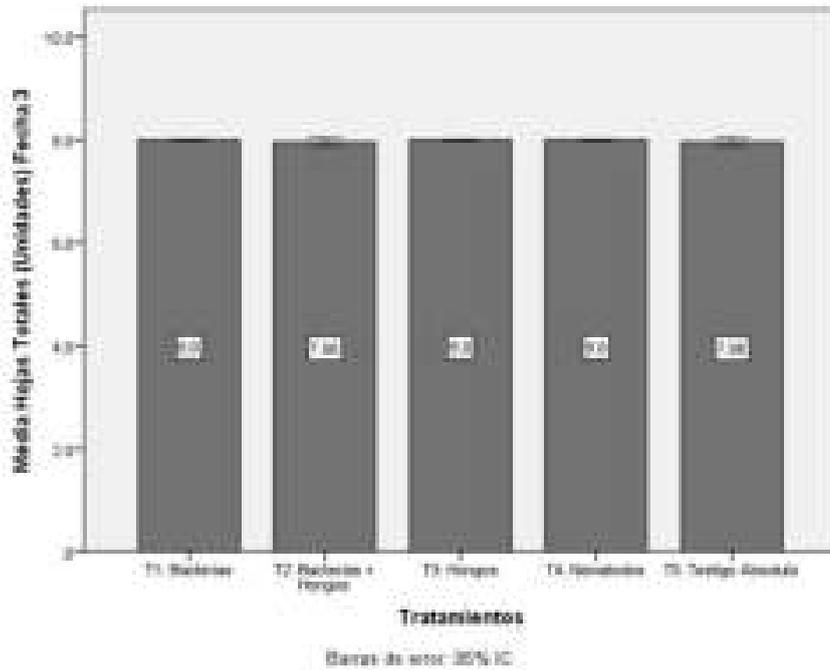
Los resultados muestran que en promedio las hojas alcanzaron número total de hojas de 1 por planta en la Fecha No. 1 (8 DDS), luego en la Fecha No. 2 (a los 23 DDS) alcanzaron un promedio de 5 hojas. En la Fecha No. 3 (a los 38 DDS) las plantas alcanzaron un promedio de 8, luego en la Fecha No. 4 (53 DDS) alcanzaron los 10 y finalmente en la Fecha No. 5 (68 DDS) se mantuvieron en las 10 hojas por planta. Los gráficos de adelante muestran los promedios de cada tratamiento para cada fecha.



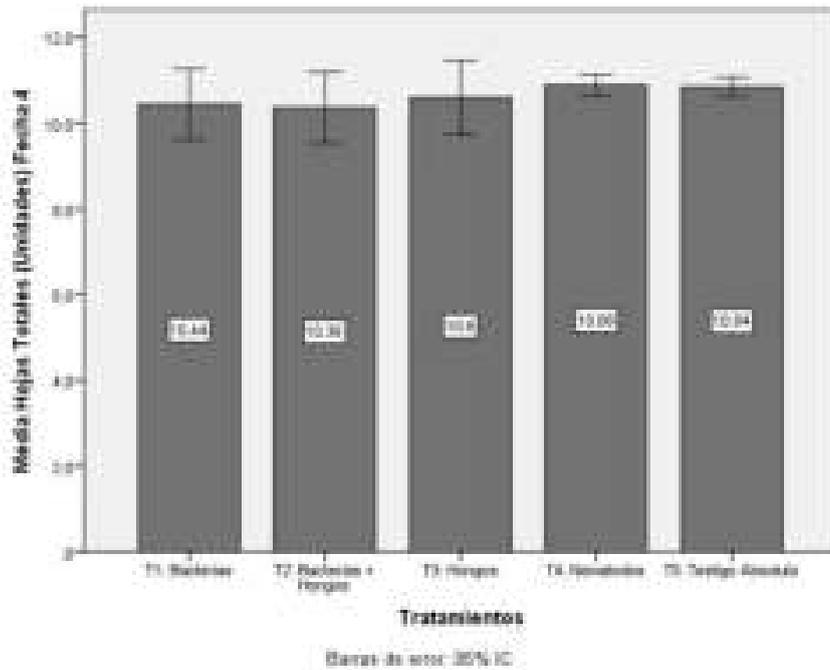
**Gráfico N° 23: Promedio de hojas totales a los 8 DDS (Medias)**  
Elaborado por: Aguayo, 2022



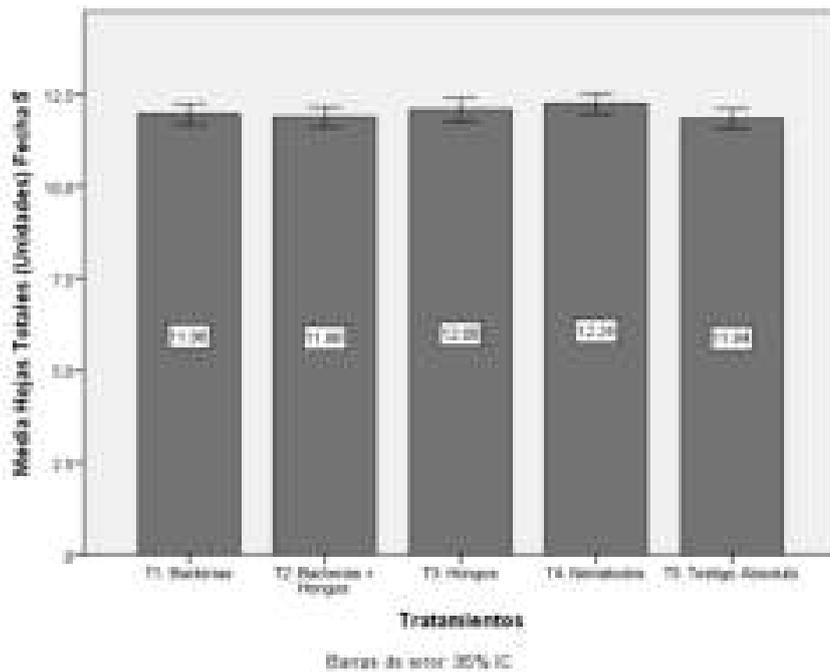
**Gráfico N° 24: Promedio de hojas totales a los 22 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



**Gráfico N° 25: Promedio de hojas totales a los 36 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



**Gráfico N° 26: Promedio de hojas totales a los 51 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022



**Gráfico N° 27: Promedio de hojas totales a los 65 DDS (Medias)**  
 Elaborado por: Aguayo, 2022

La Prueba de Kruskal – Wallis de la variable número de hojas determinó que no hubo diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos en las cinco fechas dado que los valores de la significancia fueron mayores a 0.05 (Tabla N°7).

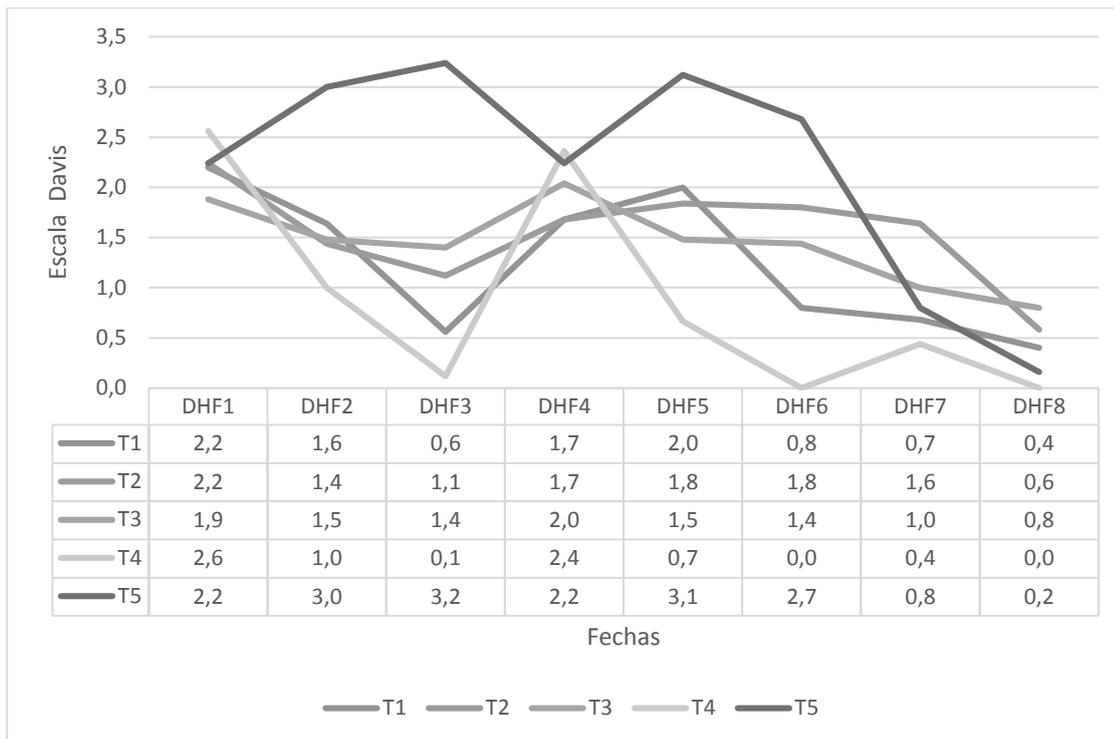
**Tabla N° 7. Prueba de Kruskal-Wallis de la variable de hojas totales**

<b>N</b>	<b>Variable</b>	<b>Test</b>	<b>Significancia</b>
1	Variable HTFecha1 (Hojas Total Fecha 1 8 DDS) Vs Tratamiento	Prueba Kruskal-Wallis	1.000
2	Variable HTFecha2 (Hojas Total Fecha 22 DDS) Vs Tratamiento	Prueba Kruskal-Wallis	0.384
3	Variable HTFecha3 (Hojas Total Fecha 36 DDS) Vs Tratamiento	Prueba Kruskal-Wallis	0.554
4	Variable HTFecha4 (Hojas Total Fecha 51 DDS) Vs Tratamiento	Prueba Kruskal-Wallis	0.659
5	Variable HTFecha5 (Hojas Total Fecha 65 DDS) Vs Tratamiento	Prueba Kruskal-Wallis	0.185

Elaborado por: Aguayo, 2022

### **Daños de Hojas (escala)**

Los resultados muestran que en promedio los daños en las hojas, según la Escala de Davis, alcanzaron valores entre 1.9 y 2.6 la Fecha No. 1 (8 DDS), luego en la Fecha No. 2 (a los 15 DDS) alcanzaron un promedio entre 1 y 3. En la Fecha No. 3 (a los 22 DDS) los daños alcanzaron entre 0.6 y 3.2, luego en la Fecha No. 4 (29 DDS) alcanzaron entre 1.7 y 2.4; luego en Fecha No. 5 (36 DDS) alcanzaron entre 0.7 y 3.1, luego en Fecha No. 6 alcanzaron entre 0 y 2.7, reduciendo a 0.4 y 1.6 en la Fecha No. 7 y finalmente situándose la escala entre 0 y 0.8 en la Fecha No. 8. Los gráficos de adelante muestran los promedios de la escala para cada tratamiento en cada fecha.



**Gráfico N° 28. Figura de Líneas de los Daños en las Hojas de cada tratamiento para cada fecha de muestreo**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**

La Prueba de Kruskal – Wallis de las variable Daño de la Hoja determinó que no hubo diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos en la Fecha No.1, en la Fecha No. 4, en la Fecha No. 7 y en la Fecha No. 8, dado que sus valores de significancia fueron mayores a 0.05; sin embargo, en las Fechas No. 2, Fecha No. 3, fecha No. 5 y Fecha No. 6, se determinó que si existen diferencias significativas entre los tratamientos, puesto que los valores de sus significancias son menores a 0.05. Por lo tanto, para aquellas fechas se realizó la Prueba de Mann-Whitney para determinar las diferencias entre los tratamientos. La Tabla No 8 muestra los estadísticos mencionados.

**Tabla N° 8. Prueba de Kruskal-Wallis de las variable Daño en Hojas**

<b>N</b>	<b>Variables</b>	<b>Test</b>	<b>Significancia</b>
1	Variable DHF1 (Daño en Hojas Fecha 1) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal Wallis	0.717
2	Variable DHF2 (Daño en Hojas Fecha 2) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal Wallis	0.025**
3	Variable DHF3 (Daño en Hojas Fecha 3) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal Wallis	0.003**
4	Variable DHF4 (Daño en Hojas Fecha 4) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal Wallis	0.493
5	Variable DHF5 (Daño en Hojas Fecha 5) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal Wallis	0.017**
6	Variable DHF6 (Daño en Hojas Fecha 6) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal Wallis	0.003**
7	Variable DHF7 (Daño en Hojas Fecha 7) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal Wallis	0.380
8	Variable DHF8 (Daño en Hojas Fecha 8) Vs Tratamientos	Prueba Kruskal Wallis	0.530

Valores con \*\* representa diferencia significativa

**Elaborado por: Aguayo, 2022**

El resultado de la Prueba de Mann-Whitney en la Fecha No. 2, se identificó que entre el T4 y el T5 existen diferencias estadísticas significativas puesto que su valor de significancia es  $p < 0.05$ ; a diferencia de las demás comparaciones de tratamientos, no existen diferencias estadísticas significativas entre ellos; puesto que, sus valores de significancia son mayores a  $p > 0.05$ . El T5 es que el alcanzó un valor mayor y t4 que alcanzo el valor menor, así lo muestra (Apéndice No. 10). En la Fecha No. 3, Se encontró que, entre el T4 – T5 y el T1 – T5 si existen diferencias estadísticas significativas puesto que sus valores de significancia son menores a 0.05, colocando al T5 con la mayor escala y el T4 con la menor escala. Por otro lado, en las comparaciones de T4-T1, T4-T2, T4-T3, T1-T2, T1-T3, T2-T3, T2-T5 y T3-T5, no existen diferencias estadísticas significativas entre ellos puesto que sus valores de significancia son mayores a  $p > 0.05$ , (Apéndice No. 11).

En la Fecha No. 5 se identificó que entre el T4 – T5 si existe diferencias estadísticas significativas en comparación de los demás tratamientos que no existen diferencias estadísticas significativas entre ellos, (Apéndice No. 12). Sin embargo, en la Fecha No. 6, entre el T4 – T5 y el T1 – T5 si existen diferencias estadísticas significativas  $p < 0.05$ , colocando al T5 con la mayor escala y el T4 con la menor escala. Por otro lado, en las comparaciones de T4-T1, T4-T3, T4-T2, T1-

T3, T1-T2, T3-T2, T3-T5 y T2-T5 no existen diferencias estadísticas significativas entre ellos, como lo demuestra el gráfico (Apéndice No. 13).

## Severidad

Los datos de porcentaje en severidad se transformaron por la expresión  $\sqrt[2]{\text{porcentaje}}$  y se procesaron por ANOVA simple y el poshoc el test de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Tabla N° 9. Prueba de Kruskal-Wallis de la variable de Severidad

Tratamientos	Muestreos (Severidad)								
	22-11-2021	30-11-2021	6-12-2021	13-12-2021	20-12-2021	27-12-2021	3-1-2022	10-1-2022	17-1-2022
Bacteria	24.5 ab	19.6 a	6.2 ab	18.6	22.4 bc	8.9 b	7.6	4.4	0.0
Hongos	25.8 ab	16.0 a	12.4 b	18.7	20.4 b	20.0 c	18.2	6.2	0.0
Bacteria+Hongos	20.9 a	16.5 a	15.5 b	22.7	16.4 b	16.0 c	11.1	8.9	0.0
Nematodos	28.5 b	11.1 a	1.3 a	26.2	7.1 a	0.0 a	4.9	0.0	0.0
Testigo absoluto	24.9 ab	33.3 b	36.0 c	24.9	34.7 c	29.8 c	8.9	1.8	0.0

Elaborado por: Aguayo, 2022

## Diámetro de Mazorca (cm)

EL diámetro de la mazorca fue el promedio de 4.3 cm para el T1 (Bacteria), de 4.5 cm para el T2 (Bacterias + Hongos), de 4.4 cm para el T3 (Hongo), de 4.5 cm para el T4 (Nematodos) y de 4.2 cm para el T5 (Testigo Absoluto).

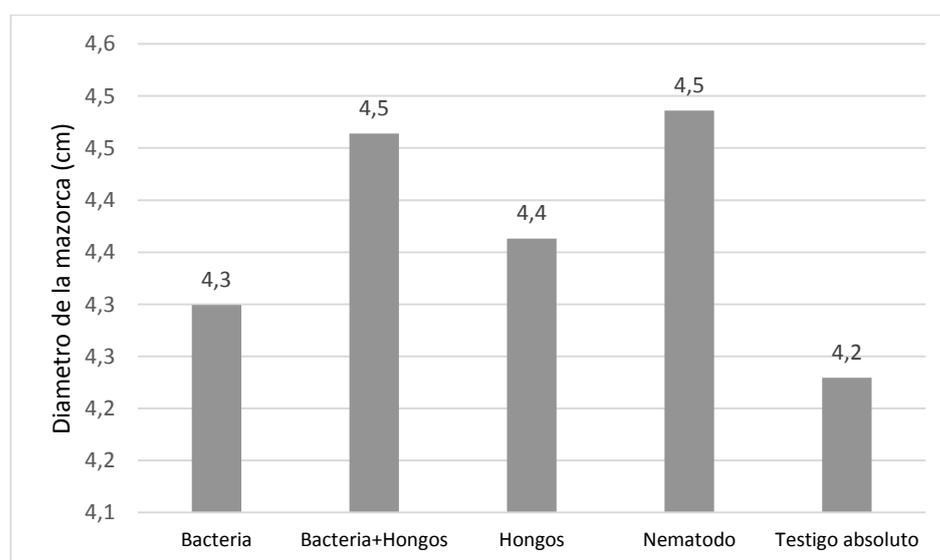


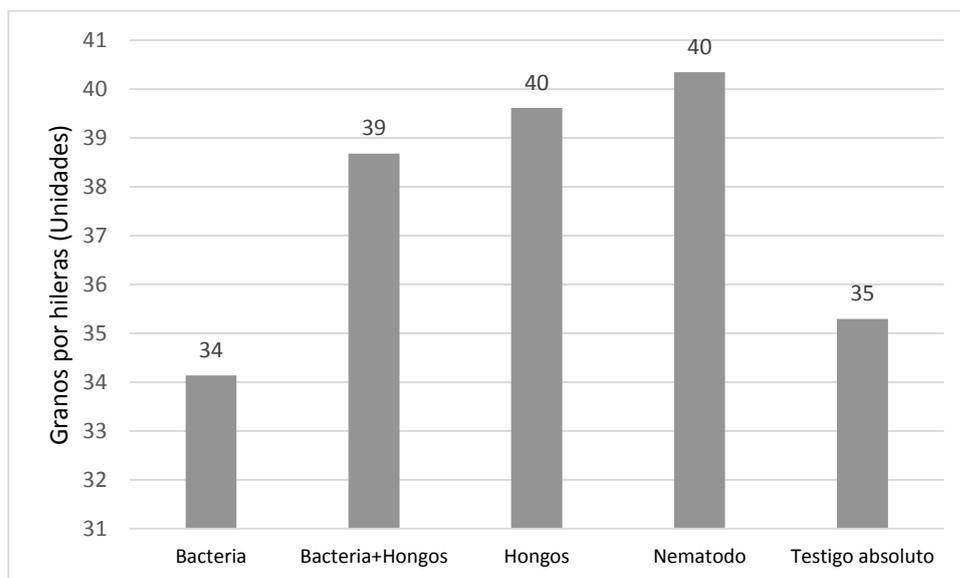
Gráfico N° 29: Promedio del diámetro de la mazorca (Media)  
Elaborado por: Aguayo, 2022

La prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov determinó que en todos los 5 tratamientos tienen una significancia  $p < 0.05$ . Por ende, se rechaza la hipótesis nula, los datos no siguen una distribución normal. Consecuentemente, adelante se realizará un análisis no paramétrico para determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Apéndice N°14).

La Prueba de Kruskal – Wallis determinó que, si hubo diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos, sin embargo, los resultados de la Prueba de Mann-Whitney identificó que existe diferencias estadísticas entre el Testigo Absoluto y Bacterias Hongos, Testigo Absoluto y Nematodos, Bacteria y Bacteria + Hongos, Bacteria con Nematodos, y Hongos y Nematodos; a diferencia de las demás comparaciones de tratamientos (Testigo Absoluto – Bacterias, Testigo Absoluto – Hongos, Bacteria – Hongos, Hongos – Bacterias + Hongos, Bacteria + Hongos - Nematodos) donde no existen diferencias estadísticas significativas entre ellos puesto que sus valores de significancia son  $p > 0.05$ . El gráfico (Apéndice N°15) muestra el análisis mencionado.

### Granos por Hilera (n)

El número de granos por hilera fue, en promedio, de 34 para el T1 (Bacteria), de 39 para el T2 (Bacterias + Hongos), de 40 para el T3 (Hongo), de 40 para el T4 (Nematodos) y de 35 para el T5 (Testigo Absoluto).

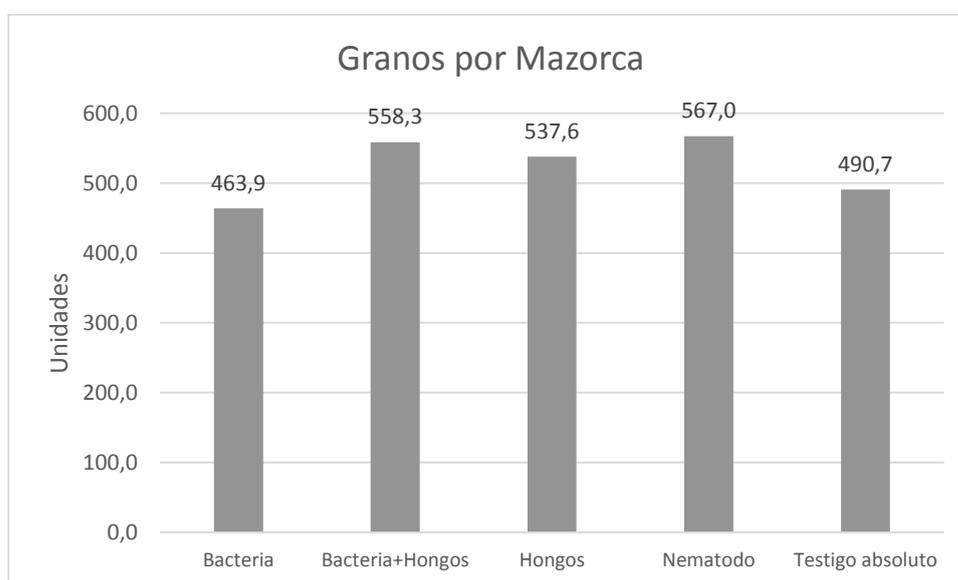


**Gráfico N° 30: Promedio de granos por hilera (Media)**  
Elaborado por: Aguayo, 2022

El resultado de la Prueba de Mann-Whitney identificó que existe diferencias estadísticas entre el Tratamiento Hongos con el de Bacterias + Hongos, Bacterias con el de Hongos + Bacterias, dado que sus valores de significancia son menores a 0.05; a diferencia de las demás comparaciones de tratamientos (Hongos – Bacterias, Hongos – Testigo Absoluto, Hongos – Nematodos, Bacterias – Testigo Absoluto, Bacteria – Nematodo, Testigo Absoluto – Nematodo, Testigo Absoluto – Bacteria + Hongos y Nematodos – Bacteria + Hongos) donde no existen diferencias estadísticas significativas entre ellos dado que sus valores de significancia son  $p > 0.05$ . El gráfico (Apéndice N°16) muestra el análisis mencionado.

### Granos por Mazorca (n)

El número de granos por mazorca fue, en promedio, de 463 para el T1 (Bacteria), de 559 para el T2 (Bacterias + Hongos), de 537 para el T3 (Hongos), de 4567 para el T4 (Nematodos) y de 490 para el T5 (Testigo Absoluto).



**Gráfico N° 31: Promedio de granos por mazorca (Media)**  
Elaborado por: Aguayo, 2022

La prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov determinó que 1 de los 5 tratamientos tienen una significancia menor a 0.05. Por ende, se rechaza la

hipótesis nula, consecuentemente, se realizó un análisis no paramétrico para determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

**Tabla N° 9. La prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para granos por mazorca**

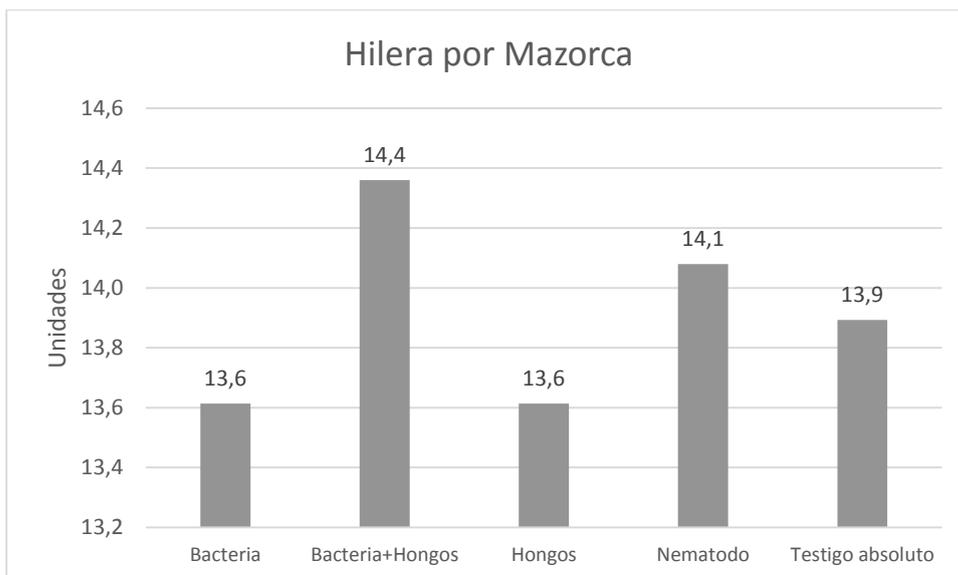
<b>Variable</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Estadístico</b>	<b>GI</b>	<b>Sig.</b>
Granos por mazorca	T1 Bacteria	.075	75	.200
	T2 Hongos	.048	75	.200
	T3 Bacteria+Hongos	.100	75	.061
	T4 Nematodo	.108	75	.031
	T5 Testigo absoluto	.098	75	.069

**Elaborado por: Aguayo, 2022**

El resultado de la Prueba de Mann-Whitney identificó que existe diferencias estadísticas entre el tratamiento de Bacteria con el de Hongos, el de Bacteria con el de Bacteria + Hongos, el de Bacteria con el de Nematodos, el Testigo Absoluto con el de Bacteria + Hongos y el Testigo Absoluto con el de Nematodos, dado que sus valores de significancia son menores a 0.05; a diferencia de las demás comparaciones de tratamientos (Bacteria – Testigo Absoluto, Testigo Absoluto – Hongos, Hongos – Bacteria + Hongos, Hongos – Nematodos, Bacteria + Hongos - Nematodos) donde no existen diferencias estadísticas significativas entre ellos dado que sus valores de significancia son mayores a 0.05. El gráfico siguiente muestra el análisis mencionado (Apéndice N°17).

### **Hilera por Mazorca (n)**

El número de hileras por mazorca fue, en promedio, de 13.6 para el T1 (Bacteria), de 14.4 para el T2 (Bacterias + Hongos), de 13.6 para el T3 (Hongo), de 14.1 para el T4 (Nemátodos) y de 13.9 para el T5 (Testigo Absoluto).



**Gráfico N° 32: Promedio de Hilera por Mazorca (Media)**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**

La Prueba de Kruskal – Wallis determinó que si hay diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos dado que su valor de significancia fue menor a 0.05. La Tabla siguiente muestra los estadísticos mencionados.

**Tabla N° 10. Prueba de Kruskal-Wallis para Hileras por Mazorca**

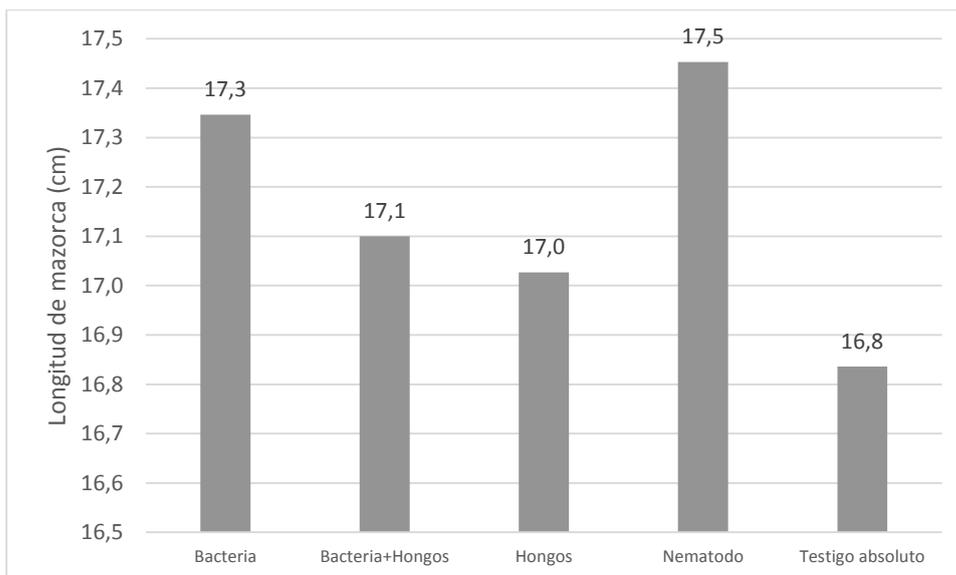
N	Variables	Test	Significancia
1	Variable Hileras por Mazorca	Prueba Kruskal-Wallis	0.003**

Valor con \*\* es por tener significancia

**Elaborado por: Aguayo, 2022**

### **Longitud de Mazorca (cm)**

La longitud de la mazorca fue, en promedio, de 17.3 cm para el T1 (Bacteria), de 17.1 cm para el T2 (Bacterias + Hongos), de 17 cm para el T3 (Hongo), de 17.5 cm para el T4 (Nemátodos) y de 16.8 cm para el T5 (Testigo Absoluto).



**Gráfico N° 33: Promedio de Longitud de Mazorca (Media)**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**

La Prueba de Kruskal – Wallis determinó que no hubo diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos dado que su valor de significancia fue mayor a 0.05. Por lo tanto, no se realiza la prueba para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos. La Tabla No 10, muestra los estadísticos mencionados.

**Tabla N°11. Prueba de Kruskal-Wallis para longitud de mazorca**

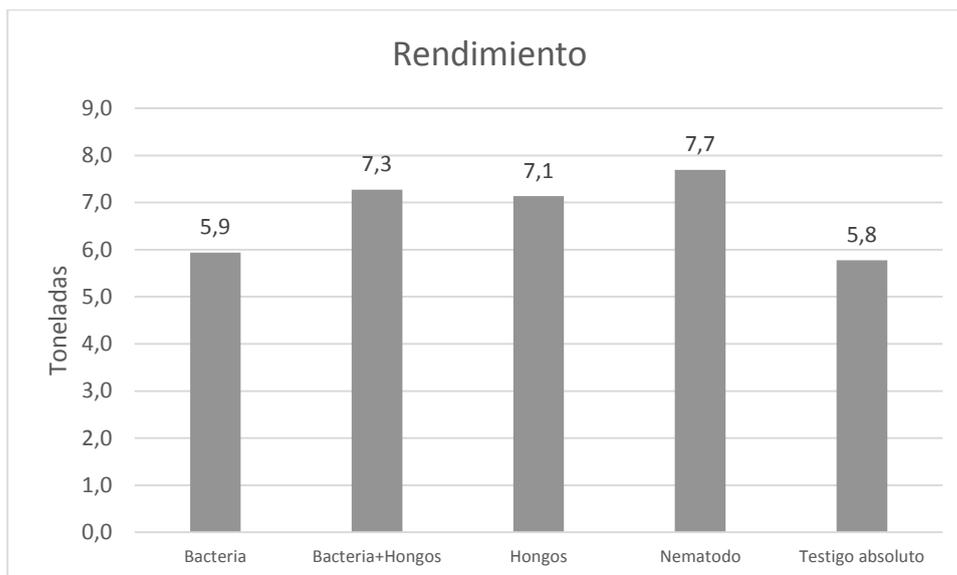
N	Variabes	Test	Significancia
1	Variable Hileras por Mazorca	Prueba Kruskal-Wallis	0.125

Valor con \*\* es por tener significancia

**Elaborado por: Aguayo, 2022**

### **Rendimiento (t)**

El rendimiento fue, en promedio, de 5.9 toneladas para el T1 (Bacteria), de 7.3 toneladas para el T2 (Bacterias + Hongos), de 7.1 toneladas para el T3 (Hongo), de 7.7 tonelada para el T4 (Nematodos) y de 5.8 toneladas para el T5 (Testigo Absoluto).



**Gráfico N° 34: Promedio de Rendimientos (Media)**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**

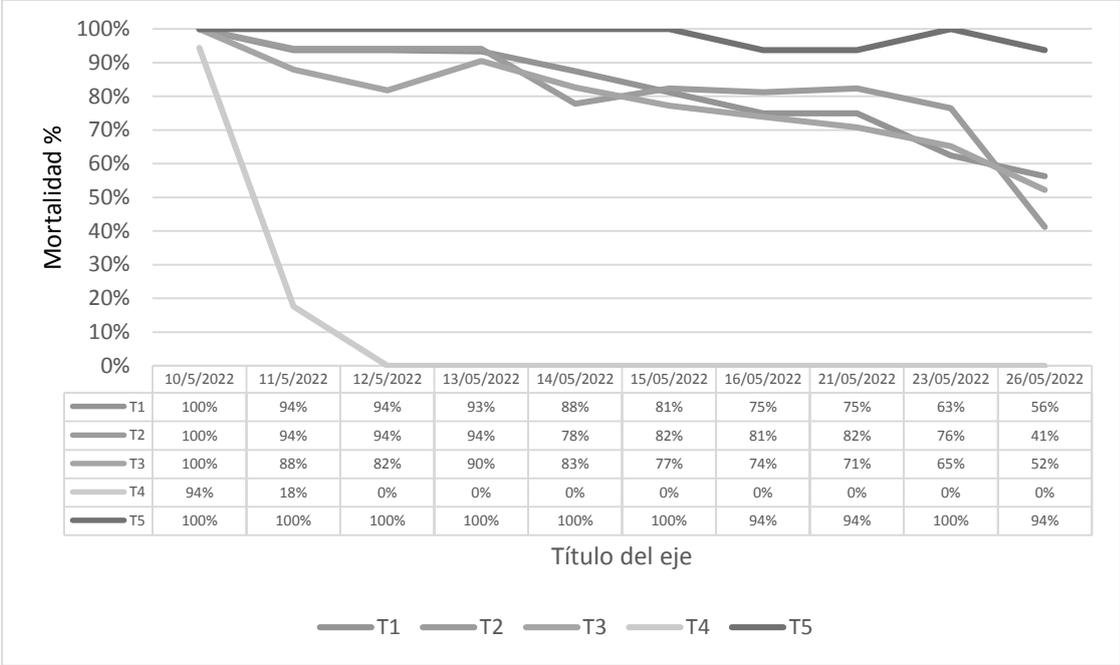
El resultado de la Prueba de Mann-Whitney identificó que existe diferencias estadísticas entre el tratamiento de Testigo Absoluto con Hongos, Testigo Absoluto con Bacterias + Hongos, Testigo Absoluto con Nematodos, de Bacterias con Hongos, de Bacterias con Bacterias + Hongos, de Bacterias con Nematodos, dado que sus valores de significancia son menores a 0.05; a diferencia de las demás comparaciones de tratamientos (Testigo Absoluto – Bacteria, Hongos – Bacteria + Hongos, Hongos – Nematodos, Bacteria + Hongos - Nematodos) donde no existen diferencias estadísticas significativas entre ellos dado que sus valores de significancia son mayores a 0.05. El gráfico (Apéndice N°19) muestra el análisis mencionado.

### **Estudiar la eficiencia de microorganismos entomopatógenos en el control de *Spodoptera frugiperda*.**

#### **Mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* (Laboratorio)**

Los resultados muestran que a 1 día luego de la inoculación de los tratamientos, el T4 mostró sobrevivencia de 94% (10/05/2022), luego en la Fecha No. 2 (11/05/2022) se redujo a 18% y para la Fecha 3 (12/05/2022) alcanzó un 0% de sobrevivencia. A diferencia de los T5, T1, T3 y T2 que en la Fecha No. 1

(10/05/2022) estaba en 100%, 94%, 88% y 94%, respectivamente y que terminaron en la Fecha No. 10 (26/05/2022) con 94%, 56%, 52% y 41%, respectivamente. Los gráficos de adelante muestran los promedios de la escala para cada tratamiento en cada fecha.



**Gráfico N° 35. Líneas de la mortalidad del insecto luego de ser inoculado con los microorganismos.**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**

**Eficacia**

Los resultados muestran que a la Fecha No. 1, luego de la inoculación de los tratamientos, el T4: Nematodos mostró una eficacia del -64%, luego en la Fecha No. 2 fue del 95.4%, para la Fecha 3 alcanzó un 9.3%, y en la fecha 4, llego a 78.6% y finalmente del 100% en la siguiente fecha. En la fecha 9 no existe valor puesto que en ningún tratamiento se encontró presencia de larvas. A diferencia de los T5, T1, T3 y T2 que alcanzaron porcentajes de eficacia menores al Tratamiento 4.

Dado que los cálculos de la Variable Eficacia provienen de los mismos valores de Severidad, los resultados de diferencias entre tratamientos mantendrán la misma proporción en el análisis estadístico de Severidad, siendo el Tratamiento 4 (Nematodos), el que alcanzó los mejores valores de eficiencia para el control de *Spodoptera frugiperda*.

Tabla N°12. Prueba de Kruskal-Wallis Mann-Whitney ( $p < 0.05$ )

Tratamientos	Muestreos (Eficiencia %)				
	30-11-2021	6-12-2021	13-12-2021	20-12-2021	27-2-2021
Bacteria	35.1	80.8 a	22.4	34.3 b	67.8 a
Hongos	52.1	64.0 b	20.5	39.0 b	26.9 b
Bacteria+Hongos	46.3	56.2 b	6.6	51.3 a	37.3 b
Nematodos	64.0	95.4 a	9.3	78.6 a	100 a

Elaborado por: Aguayo, 2022

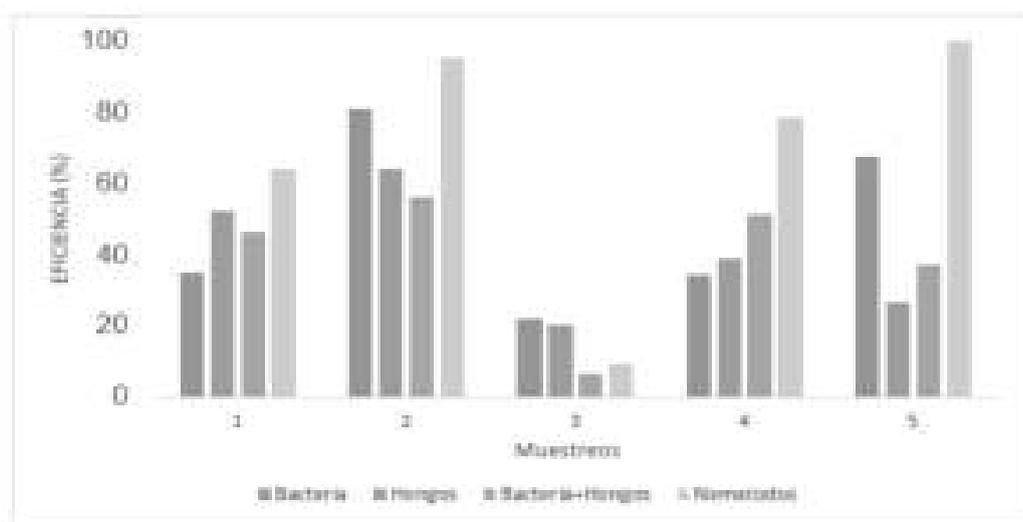


Gráfico N° 36. Eficiencia de microorganismos entomopatógenos en el control de larvas de *Spodoptera frugiperda* en el híbrido de maíz Centella  
Elaborado por: Aguayo, 2022

## DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos y tabulados, de acuerdo al estudio realizado de los objetivos propuestos, se considera en discusión los resultados de investigaciones de varios autores, se inicia con el primer objetivo en cuanto a la dinámica poblacional de *Spodoptera frugiperda*, la cual, se reflejó en los estudios estadísticos que su fluctuación en el cultivo de maíz, es mayor en la etapa vegetativa, por lo que, los resultados muestran que a los 8 DDS, en promedio, hubo entre 0.8 y 1.3 larvas por planta, luego a los 15 DDS alcanzó un promedio entre 0.2 y 0.6 a los 22 DDS, los daños alcanzaron entre 0.2 y 0.5, luego a los 36 DDS estuvo entre 0.6 y 0.7; luego a los 45 DDS alcanzaron entre 0.1 y 0.6, mientras que, a los 51 DDS llegó entre 0 y 0.4, luego a 0.2 y 1.3 en 58 DDS y finalmente situándose la escala entre 0 y 0.2 a los 65 DDS. Por lo que (Piñango et al., 2001) indica que, en la primera evaluación para determinar la fluctuación poblacional no se encontraron larvas. A partir de la segunda (13 DDE), alcanzó el máximo valor (0,88 larvas/planta) a los 21 DDE. En esta fecha, se puede apreciar el cambio en la densidad poblacional del cogollero que pasó de 0,10 a 0,88 larvas/planta. La población luego desciende a 0,09 larvas/planta a los 50 DDE. A partir de este momento, hay un incremento de la densidad hasta 0,46 larvas/ planta a los 66 DDE. Este aumento en los niveles de la densidad podría estar determinado por el desarrollo de las mazorcas como principal alimento en sustitución del follaje.

Para el segundo objetivo de fenometría del cultivo de maíz se evaluaron las variables de longitud de planta, longitud de hojas, número de hojas, incidencia, severidad, tamaño de mazorca, rendimiento, por lo que, en la etapa reproductiva mostraron mejores resultados para el Tratamientos 2 (Hongos), Tratamiento 3 (Bacterias + Hongos) y Tratamiento 4 (Nematodos), encontrándose ninguna diferencia estadística significativa entre ellos. Sin embargo, el Tratamiento 4 (Nematodos) es el que alcanzó, en promedio, los mejores resultados. (Murillo, 2016) menciona que, los rendimientos de su trabajo se fueron influenciados por las condiciones ambientales, sin embargo, observó que los tratamientos biológicos, es una alternativa que controla desde su base y se mejora las condiciones de desarrollo completamente de la planta y del entorno.

. En referencia al tercer objetivo, sobre la eficacia de control por parte de los microorganismos entomopatógenos, se puede indicar que, el tratamiento 4 (nematodos), tuvo un prolongado control y reducción de larvas de *Spodoptera frugiperda* en campo y en laboratorio tuvo una eficacia temprana a partir del día 1, ya para el día 3, alcanzó una mortalidad del 100%, tuvo una viabilidad alta, en comparación a los demás tratamientos, (Muhammad 2017) señala que, la buena viabilidad de los conidios de los hongos entomopatógenos puede prolongar su eficacia contra el insecto en los sitios de reproducción, sin embargo, (Amador et al., 2015) aduce que, en sus resultados de mortalidad es importante mencionar que fueron recopilados después de 48 horas, porque, los nematodos tienen una relación mutualista con la bacteria *Photobacterium luminescens*, la cual una vez dentro del insecto causa la muerte del mismo por septicemia durante las primeras 24 a 48 después de la infección.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

La dinámica poblacional de larvas de *Spodoptera frugiperda* se reduce entre 50% y 75% a los 15, 22, 36 y 43 DDS por la acción de microorganismos entomopatógenos.

El nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis bacteriophora* alcanza los niveles más significativos de control de larvas de *Spodoptera frugiperda* en los muestreos realizados.

La incidencia de larvas de *Spodoptera frugiperda* se manifiesta con mayor magnitud a los 8 DDS y a los 29 DDS, al evidenciar que la actividad biológica de los entomopatógenos se limita a 20 días en condiciones de campo. El nematodo *Heterorhabditis bacteriophora* alcanza los niveles más bajos de incidencia de larvas de *Spodoptera frugiperda* a los 15, 22, 36 y 43 DDS.

*Bacillus thuringiensis* y *Heterorhabditis bacteriophora* alcanzan los valores más significativos en las variables altura de la planta, ancho y longitud de la hoja. Las variables que conforman el rendimiento tuvieron mejor comportamiento los tratamientos de hongos, bacterias+hongos y nematodos.

Los tratamientos con microorganismos entomopatógenos reducen los daños de larvas de *Spodoptera frugiperda* durante el ciclo biológico del cultivo de maíz.

## Recomendaciones

Se propone continuar con estudios de este tipo, puesto que, se encuentran resultados favorables en el uso de microorganismos para el control de *Spodoptera frugiperda*. Sin embargo, si requiere que se realice una evaluación en laboratorio de los productos comerciales para determinar la concentración y viabilidad de las de Unidades Formadoras de Colonia – UFC, previo a la aplicación de los productos, para excluir que la baja calidad de los productos no influya en el control de la plaga en estudio.

Con los controles de calidad del producto formulado con 3 hongos *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces lilacinus* y *Metarhizium anisopliae*; se puede cerciorar que no haya antagonismo, que la viabilidad de ellos en el tiempo largo de almacenamiento que indica la expiración se mantenga.

Evaluando diferentes dosis de los productos comerciales, a base Bacteria y la combinación de hongo, en temporadas al año, con la finalidad de sugerir la cantidad requerida para control de *Spodoptera frugiperda*, se mejorará la eficiencia.

Realizando monitoreos previo de la incidencia de *Spodoptera frugiperda*, con la finalidad, de utilizar los microorganismos entomopatógenos en el momento oportuno de la evidencia del mismo para mejores controles en el cultivo de maíz.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Acuña Jiménez, M., García Gutiérrez, C., Rosas García, N. M., López Meyer, M., & Saíñz Hernández, J. C. (2015). Formulación de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin con polímeros biodegradables y su virulencia contra *Heliothis virescens* (Fabricius). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 31(3), 219-226.
- Amador, M., Molina, D., Guillen, C., Parajeles, E., Jiménez, K., & Uribe, L. (2015). Utilización del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis atacamensis* CIA-NE07 en el control del picudo del banano *cosmopolites sordidus* en condiciones in vitro. *Agronomía Costarricense*.  
<https://doi.org/10.15517/rac.v39i3.21791>
- Amaro, L., Parraguire, C., Romero, O., Rivera, J., & Sanchez, P. (2018). Evaluación de mortalidad de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* L.) con el uso de *Metarhizium anisopliae* in vitro. *Cadernos de Agroecología*, 13(1), Article 1. <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/1335>
- Areco, V. A., Peralta, C., & Palma, L. (2019). *Bacillus thuringiensis se hace mayor, más de medio siglo como alternativa a los insecticidas de síntesis*.  
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/129316>
- Bateman, M. L., Day, R. K., Luke, B., Edgington, S., Kuhlmann, U., & Cock, M. J. W. (2018). Assessment of potential biopesticide options for managing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Africa. *Journal of Applied Entomology*, 142(9), 805-819. <https://doi.org/10.1111/jen.12565>

- Chirinos, D. T., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta Bravo, S., Solis, L., & Geraud-Pouey, F. (2019). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: La magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 1-16.  
[https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num1\\_art:1276](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1276)
- CONABIO. (2020). *Maíces*. Biodiversidad Mexicana.  
<https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices>
- Croplife. (2017). *Impactos del cambio climático en la incidencia de plagas y enfermedades de los cultivos*. CropLife Latin America.  
<https://www.croplifela.org/es/actualidad/articulos/impactos-del-cambio-climatico-en-la-incidencia-de-plagas-y-enfermedades-de-los-cultivos>
- del Puerto Rodríguez, A. M., Suárez Tamayo, S., & Palacio Estrada, D. E. (2017). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 372-387.
- Du Plessis, H., Schlemmer, M.-L., & Van den Berg, J. (2020). The Effect of Temperature on the Development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Insects*, 11(4), 228. <https://doi.org/10.3390/insects11040228>
- FAO. (2017). *CICLO BIOLÓGICO DEL GUSANO COGOLLERO DEL MAÍZ (EN AMÉRICA LATINA)*. 1.
- FAO. (2020). *The Global Action for Fall Armyworm Control: Action framework 2020–2022*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9252en>
- Futurcrop. (2018). *Los bioplaguicidas como alternativa—Futurcrop*.  
<https://futurcrop.com/es/blog/post/los-bioplaguicidas-como-alternativa>

- Gaibor Orellana, W. F., & Rizzo Almeida, P. F. (2021). *Evaluación de la viabilidad en campo de dos entomonematodos Heterorhabditis bacteriophora(Poinar) y Steinernema carpocapsae(Weiser) y determinación de la concentración para el control de Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) en maíz.*  
<https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7064>
- Garcia, M. (2017, octubre 2). TAXONOMÍA EN PLANTAS: MAIZ. *TAXONOMÍA EN PLANTAS.*  
<http://taxonomiaenplantas2017.blogspot.com/2017/10/maiz.html>
- González-Maldonado, M. B., & Gurrola-Reyes, J. N. (2017). *Productos biológicos para el control de Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae).* 5.
- Güney, E., Adıgüzel, A., Demirbağ, Z., & Sezen, K. (2019). Bacillus thuringiensis kurstaki strains produce vegetative insecticidal proteins (Vip 3) with high potential. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29(1), 81.  
<https://doi.org/10.1186/s41938-019-0180-2>
- Hernández-Trejo, A., Estrada Drouaillet, B., Rodríguez-Herrera, R., García Giron, J. M., Patiño-Arellano, S. A., Osorio-Hernández, E., Hernández-Trejo, A., Estrada Drouaillet, B., Rodríguez-Herrera, R., García Giron, J. M., Patiño-Arellano, S. A., & Osorio-Hernández, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (Zea mays L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 803-813. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1665>
- INIA. (2020). Manual Técnico del Cultivo de Maíz Amarillo Duro. En *Instituto Nacional de Innovación Agraria*. Instituto Nacional de Innovación Agraria.  
<http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1057>

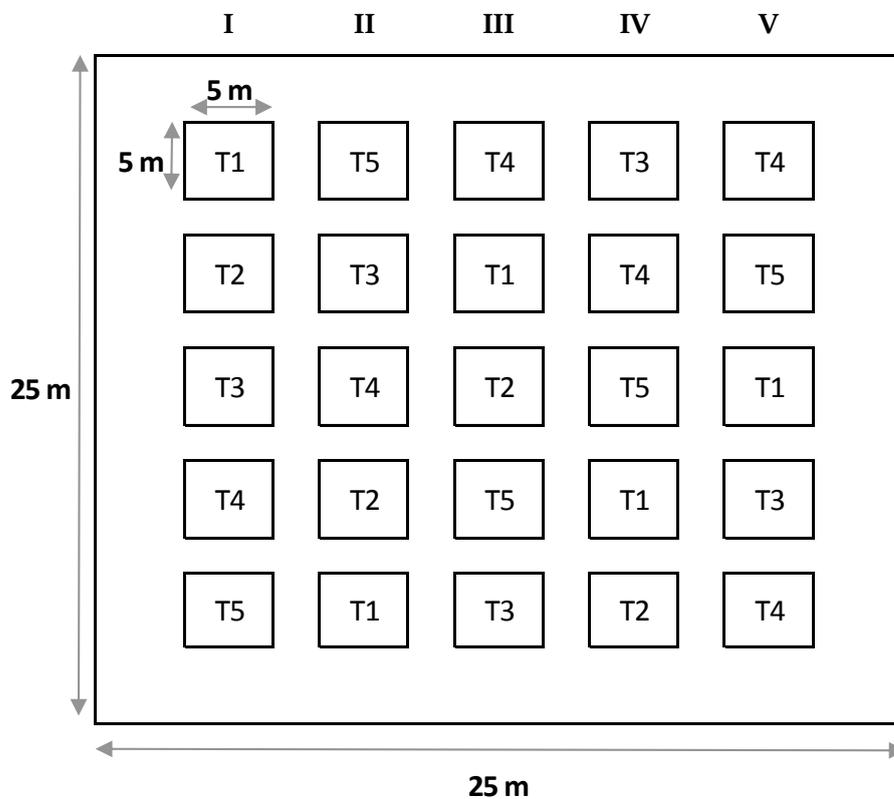
- Intagri, s. a. (2021). *Beauveria bassiana en el Control Biológico de Patógenos* | Intagri S.C. <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/beauveria-bassiana-en-el-control-biologico-de-patogenos>
- Intriago, S., & Miguel, J. (2017). *Efecto de dos concentraciones de los nematodos entomopatógenos Heterorhabditis bacteriophora (Poinar) y Steinernema carpocapsae (Weiser) para el control de Spodoptera frugiperda (Smith)*. 20.
- Jeger, M., Bragard, C., Caffier, D., Candresse, T., Chatzivassiliou, E., Dehnen-Schmutz, K., Gilioli, G., Grégoire, J.-C., Miret, J. A. J., Navarro, M. N., Niere, B., Parnell, S., Potting, R., Rafoss, T., Rossi, V., Urek, G., Bruggen, A. V., Werf, W. V. der, West, J., ... MacLeod, A. (2018). Pest risk assessment of *Spodoptera frugiperda* for the European Union. *EFSA Journal*, 16(8), e05351. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5351>
- Koppert. (2021). *Larvanem*. <https://www.koppert.ec/larvanem/>
- Kuzhuppillymyal-Prabhakarankutty, L., Ferrara-Rivero, F. H., Tamez-Guerra, P., Gomez-Flores, R., Rodríguez-Padilla, M. C., & Ek-Ramos, M. J. (2021). Effect of *Beauveria bassiana*-Seed Treatment on *Zea mays* L. Response against *Spodoptera frugiperda*. *Applied Sciences*, 11(7), 2887. <https://doi.org/10.3390/app11072887>
- Luangsa-ard, J., Houbraken, J., van Doorn, T., Hong, S.-B., Borman, A. M., Hywel-Jones, N. L., & Samson, R. A. (2015). *Purpureocillium*, a new genus for the medically important *Paecilomyces lilacinus*. *FEMS Microbiology Letters*, 321(2), 141-149. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2011.02322.x>
- Martínez, N. (2016). Manejo integrado de plagas: Una solución a la contaminación ambiental. *Comunidad y Salud*, 8(1), 073-082.

- Mendoza, P. J. G. (2017). El cultivo del maíz en el mundo y en Perú. *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*, 4(2), 73-79.  
<https://doi.org/10.36955/RIULCB.2017v4n2.005>
- Midega, C. A. O., Pittchar, J. O., Pickett, J. A., Hailu, G. W., & Khan, Z. R. (2018). A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith), in maize in East Africa. *Crop Protection*, 105, 10-15. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.11.003>
- Neira de Perales, M. E., & Pérez Tesén, E. D. (2020). Manejo ecológico para el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz amarillo duro en las regiones de Lambayeque y La Libertad. En *Instituto Nacional de Innovación Agraria*. Instituto Nacional de Innovación Agraria.  
<http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1148>
- Nguyen, H. C., Tran, T. V. A., Nguyen, Q. L., Nguyen, N. N., Nguyen, M. K., Nguyen, N. T. T., Su, C.-H., & Lin, K.-H. (2017). Newly Isolated *Paecilomyces lilacinus* and *Paecilomyces javanicus* as Novel Biocontrol Agents for *Plutella xylostella* and *Spodoptera litura*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 45(1), 280-286.  
<https://doi.org/10.15835/nbha45110726>
- Pacheco Hernández, M. de L., Reséndiz Martínez, J. F., Arriola Padilla, V. J., Pacheco Hernández, M. de L., Reséndiz Martínez, J. F., & Arriola Padilla, V. J. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: Una revisión. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(56), 4-32.  
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>

- Piñango, L., & Arnal, E. (2001). *Influencia de diferentes sistemas de labranza sobre las poblaciones de Spodoptera frugiperda Smith (Lepidoptera: Noctuidae) y sus enemigos naturales en el cultivo del maíz.*
- Prada, D. A. G. (2016). *IDENTIFICACIÓN DE ESTADIOS LARVALES DE LEPIDÓPTEROS - PLAGA DE MAÍZ.* 54.
- Rathe, L. (2017). La sustentabilidad en los sistemas socio-ecológicos. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 22(78), 65-78.
- Senasa. (2015). *PRODUCCIÓN DE HONGOS ENTOMOPATOGENOS.* 37.
- Sinavimo. (2017). *Spodoptera frugiperda | Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de plagas.* <https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/spodoptera-frugiperda>
- SIPA. (2019). *Rendimiento\_maiz\_duro\_2019.*  
[http://sipa.agricultura.gob.ec/descargas/estudios/rendimientos/maiz/rendimiento\\_maiz\\_duro\\_2019.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/descargas/estudios/rendimientos/maiz/rendimiento_maiz_duro_2019.pdf)
- Villavicencio Linzán, J. P., Yáñez G., C., & Zambrano Mendoza, J. L. (2017). *Estado de la investigación y desarrollo tecnológico del maíz en Ecuador.*  
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5722>
- Xiao, G., Ying, S.-H., Zheng, P., Wang, Z.-L., Zhang, S., Xie, X.-Q., Shang, Y., St. Leger, R. J., Zhao, G.-P., Wang, C., & Feng, M.-G. (2015). Genomic perspectives on the evolution of fungal entomopathogenicity in *Beauveria bassiana*. *Scientific Reports*, 2(1), 483. <https://doi.org/10.1038/srep00483>
- Zambrano Mendoza, J. L., Yáñez G., C., Sangoquiza Caiza, C. A., Limongi Andrade, R., Alarcón Cobeña, F., Zambrano, E., Caicedo Villafuerte, M. B., Villavicencio Linzán, J. P., Cartagena Ayala, Y. E. Y. E., Parra, R., Azaquibay Inca, C. R., Quimbiamba, V., Nieto Beltrán, M. R., López

Guerrero, V. A., Tapia B., C., Tacán, M., Villacrés Poveda, C. E., Garcés, S., Cañarte Bermúdez, E., ... Pinargote García, L. F. (2019). *Situación del cultivo de maíz en Ecuador: Investigación y desarrollo de tecnologías en el Iniap*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5457>

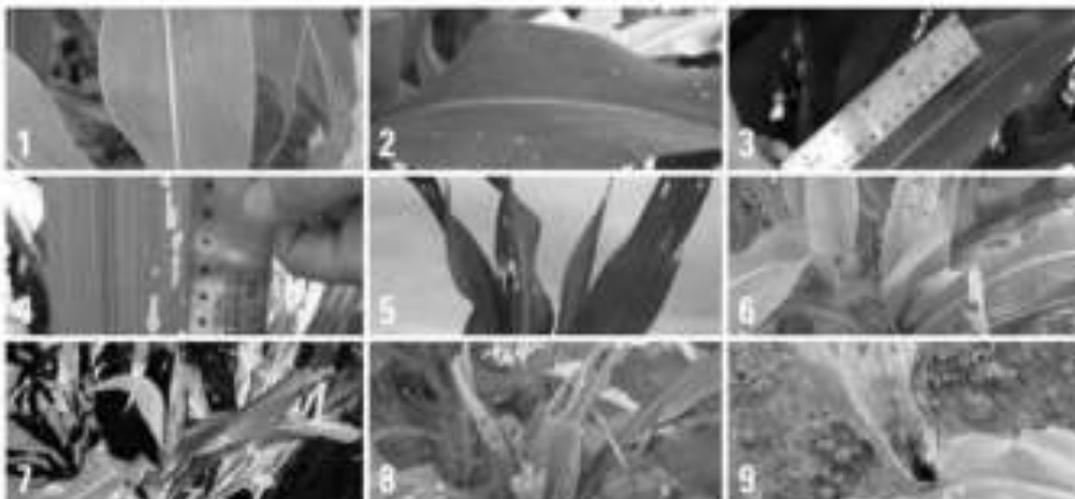
## ANEXOS



**Anexo N° 1. Diseño experimental bloques completamente al azar**  
Elaborado por: Aguayo, 2022



**Anexo N° 2. Lugar del ensayo experimental Cantón Balzar**  
Fuente: Google earth, 2022      Elaborado por: Aguayo, 2022



Anexo N° 3. Método de evaluación de daños en hojas escala Davis  
 Fuente: Pioneer, 2015                      Elaborado por: Aguayo, 2022

# CENTELLA

No. Registro MAGAP: VI - 115

## CARACTERÍSTICAS

Características de la planta	
Tipo de híbrido	Sencillo
Altura de Planta (m)	2.20 a 2.25
Altura de Maza (m)	1.20 a 1.30
Posición de las Hojas	Semi-Fronda
Días a Floración	94
Días a Cosecha	120
Prolifricidad	1
Resistencia al acame	Buena
Características de la mazorca	
Forma	Cónica
Color de grano	Anaranjado-Amarillo
Tipo de Grano	Semi-Cristalino
Cobertura Maza	Regular
Número de hilos por mazorca	12-14
Número de granos por hilera	32-35
Índice de desgrane	90%
Densidad de siembra (Semillas/hectárea)	62 500

## DENSIDAD DE SIEMBRA

Se recomienda sembrar 62 500 plantas.

## RECOMENDACION DE SIEMBRA

### Siembra manual:

- Una semilla por sitio:
  - Verano: 0.80 (m) x 0.20(m)
- Dos semillas por sitio:
  - Invierno/Verano: 0.80(m) x 0.40(m)

### Siembra mecánica:

- 0.80 cm entre hileras y 5 semillas por metro lineal.

### Comportamiento frente a Enfermedades

Enfermedades Foliares	
Roña del maíz	Moderadamente Tolerante
Complejo de mancha de asfalto	Moderadamente Susceptible
Helmintosporium maydis	Moderadamente Tolerante
Exserohilum maydis	Tolerante
Diplodia macrospora	Tolerante
Erwinia stewartii	Moderadamente Tolerante

### Tallo

Pythium spheerotermitum	Tolerante
Gibberella Fusarium	Moderadamente Tolerante

### Grano

Fusarium Moniliforme	Moderadamente Tolerante
Sternocorypha/Diplodia	Tolerante

## FERTILIZACIÓN

Unidades Requeridas para producir 10 toneladas de grano:

Nitrógeno	120 unidades
Fósforo	40 unidades
Potasio	180 unidades
Magnesio	30 unidades
Zinc	40 unidades
Cobalto	30 unidades

El cálculo de los aportes de se debe realizar con base en un análisis de suelo.

Anexo N° 4. Ficha técnica de la semilla de maíz Centella  
 Fuente: Interoc, 2018                      Elaborado por: Aguayo, 2022





# Larvanem

Nombre científico: *Microplitis mediator*

Nombre común: *Microplitis entomopatógena*

Categoría del producto: *Entomopatógeno*

**Pliegue en contacto con insectos** *Evitar el contacto con insectos*

- ✓ Para el control de gorgopos y otros insectos en un amplio rango de cultivos.
- ✓ Se puede aplicar con equipos de pulverización normales.

**Anexo N° 7. Ficha técnica del microorganismos entomopatógeno (Tratamiento 4)**  
**Fuente: Koppert, 2022** **Elaborado por: Aguayo, 2022**

ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE

INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

N° Ingreso: INIAP-EETPIFIT-2021

Solicitante:	Dennis Aguayo	Tipo de análisis:	Carga Microbiana
Procedencia de la muestra:	Balaz	Tipo de Muestra:	Producto Sólidos (2)
Fecha de Ingreso:	10-11-2021	Factura No.:	001-001-00008977
Fecha de Informe:	24-11-2021	Fecha de cancelación:	18/11/2021

**CARGA MICROBIANA**

**Característica de la muestra y método de análisis:**

Para determinación de carga microbiana, se procedió a realizar la técnica de dilución seriada ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ) y vertido en placa de Petri, utilizando medio de cultivo Potalo Dextrosa Agar (PDA marca DIFCO®).

**Resultados:**

A las 48 horas de efectuada la técnica de dilución seriada, no se observó crecimiento de colonias bacterianas (Cuadro 1). Transcuridos 6 días de efectuada la dilución se observó crecimiento de colonias correspondientes a microorganismos fungosos. Mientras que la muestra CRIBAC no mostró crecimiento de microorganismos.

**Cuadro 1.** Determinación de carga microbiana de organismos en muestras analizadas.

Detalle de muestra	Organismos	Unidades Formadoras de Colonia (UFC/g)
Nicos Plag WP	Bacterias	0
	Hongos	$3,00 \times 10^7$
CRIBAC	Bacterias	0
	Hongos	0

  
 Mgs. Sindy Crisohemera  
**Responsable Laboratorio**

  
 Dra. Karina Solís H.  
**Técnico Investigador Agregado 2**

## INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

N° Ingreso: INIAP-EETP/En-2021-004

Tipo de análisis:	Nematológico	Muestras:	LARVANEM
Fecha de ingreso:	14 de diciembre del 2021	Total de muestras:	1
Fecha de análisis:	14 de diciembre del 2021	Factura:	9335
Fecha de informe:	15 de diciembre del 2021	Fecha de pago:	14-dic-2021

### 1. DATOS GENERALES DEL CLIENTE

Solicitante:	Ing. Denisse Aguayo Bora /denisse.aguayo.region5@gmail.com
Teléfono:	0992256256
Propietario:	Ing. Denisse Aguayo Bora /denisse.aguayo.region5@gmail.com
Teléfono:	0992256256
RUC / CC:	0921394979
Dirección:	Baltar guayas
Hacienda:	
Cultivo problema:	Maiz, Centella
Superficie de siembra:	625 m2
Superficie muestreada:	625 m2
Edad de la plantación:	No Indico
N° de sub-muestra/total:	No aplica
Síto de muestras:	Envase sellado del producto LARVANEM (Heterorhabditis bacteriophora)
Manejo:	Orgánica

**Nota:** La recolección de muestras están bajo la responsabilidad del solicitante o propietario.

### 2. PROBLEMAS INDICADOS

- ✓ Desea conocer la cantidad de nematodos provistos en el producto LARVANEM (Heterorhabditis bacteriophora)

### 3. RESULTADO DE LABORATORIO

- ✓ En la muestra evaluada, se determinó la cantidad de 718400 Heterorhabditis bacteriophora en 0,5 g de producto LARVANEM.
- ✓ Los nematodos de la muestra evaluada estaban activos e inactivos y la mayoría presentaron movilidad después de hora y media de estar en la solución, como se observa en la siguiente imagen.



#### 4. RECOMENDACIONES GENERALES

Basado en el resultado de laboratorio:

4.1. El producto a permanecido en las condiciones señaladas en el envase, lo que ayudo a no romper la cadena de frío y conservación de los nematodos, lo que ofrece una confianza para realizar la aplicación del producto.

Atentamente,



ROSA ELENA  
COROZO AYOVÍ

Ing. Rosa Elena Corozo Ayoví, M. Sc.  
RESPONSABLE DE ENTOMOLOGÍA Y NEMATOLOGÍA

Archivo.



Informe Analítico: IA-22-LB-00026-01  
Lab-Id: OYE-22/1117

**AGUAYO BOZA DENISSE MARIA**  
atr. Denisse María Aguayo Boza  
denisse.aguayo.region5@gmail.com  
Palenque  
Palenque-Ecuador

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE	
Matriz de la muestra:	Producto Formulado
Descripción de la muestra:	Fertilizante Biológico
Lote N°:	—
Fecha/hora de toma de muestra:	2022-05-27
Lugar de toma de muestra:	Palenque
Muestra tomada por:	Cliente

DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN LABORATORIO	
Fecha de Recepción:	2022-05-30
Cantidad de muestra:	~ 142g
Tipo de envase:	Frasco Plástico
Temperatura de Recepción:	Ambiente
Fecha inicio:	2022-06-07
Fecha fin análisis:	2022-06-13

RESULTADOS DE ANALISIS				
Parámetro	Unidad	Resultado	Método de ensayo	
Vitalidad <sup>(1)</sup>	UFC/ml	100	Pour plate	
Pureza <sup>(2)</sup>	%	71.56	Pour plate	
Concentración <sup>(3)</sup>	Bacterias spp. <sup>(1)</sup>	UFC/ml	2 300 000	Pour plate
	Fungi/hyfas spp. <sup>(1)</sup>	UFC/ml	510	Pour plate
	Metazoa spp. <sup>(1)</sup>	UFC/ml	20 000	Pour plate

<p><b>NOMENCLATURA:</b></p> <p>LAB: Laboratorio</p> <p>LMP: Límite Máximo Permisible</p> <p>N.D.: No Detectado</p> <p>N.A.: No Analizado</p> <p>01: Muestra recibida después de tiempo de espera, después de la fecha de recepción</p> <p>02: Muestra recibida en envase inadecuado.</p> <p>En todo momento los valores expresados como n° de UFC de contaminación, significan Ausencia.</p> <p>Los análisis marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del LAB.</p> <p>Los análisis marcados con (0) están incluidos en el alcance de la acreditación del LAB, pero el resultado está fuera del alcance de la acreditación.</p> <p>Los análisis marcados con (†) contienen resultados ACREDITADOS suministrados por un laboratorio externo con N° de acreditación: 163</p> <p>Los análisis marcados con (†) contienen resultados NO acreditados suministrados por un laboratorio externo, competencia evaluada según el Procedimiento de Productos y Servicios Suministrados Externamente de AGROURUM S.A.</p>
<p><b>TÉRMINOS Y CONDICIONES:</b></p> <p>La responsabilidad por el muestra queda reservada a quien que haya sido realizada por AGROURUM S.A.</p> <p>Los resultados de la prueba se refieren únicamente a la muestra recibida sometida a análisis. AGROURUM S.A. no se hace responsable por los datos proporcionados por el cliente.</p> <p>La información completa relativa a los análisis, está a disposición del cliente que la solicite.</p> <p>El contenido de este informe solo puede publicarse o reproducirse de forma completa.</p> <p>Los informes de resultados serán entregados en formato físico, cuando sea confirmado el pago por parte del cliente y será entregado por vía e-mail.</p> <p>AGROURUM S.A. garantiza absoluta confidencialidad, comprometiéndose a guardar reserva respecto a los datos e información sobre los cuales haya tomado conocimiento, así como los informes de resultados que forme en cualquier caso. En el caso de que la información necesite ser revelada, se compromete previamente a dar aviso fundamentado a la entidad su subcontrata.</p>

Autorizado por:



Firmado digitalmente por  
Dennis Zúñiga  
Fecha: 2022.06.14  
16:00:45 -05'00'

Secretaría Técnica

FIN DEL INFORME DE ANALÍTICO.



Informe Analítico: IA-22-LB-001014-01  
Lab-ID: GYE-221718

**AGUAYO BOZA DENISSE MARIA**

attn: Denisse Maria Aguayo Boza  
denisse.aguayo.region5@gmail.com  
Palenque  
Palenque-Ecuador

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE	
Matriz de la muestra:	Producto Formulada
Descripción de la muestra:	Insecticia Biológico
Lote N°:	—
Fecha/Hora/ de toma de muestra:	2022-05-27
Lugar de toma de muestra:	Palenque
Muestra tomada por:	Cliente

DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN LABORATORIO	
Fecha de Recepción:	2022-05-30
Cantidad de muestra:	+ 1 kg
Tipo de envase:	Frasco Plástico
Temperatura de Recepción:	Ambiente
Fecha inicio:	2022-06-01
Fecha fin análisis:	2022-06-02

RESULTADOS DE ANALISIS			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método de ensayo
Bacillus spp <sup>TM</sup>	UFC/mL	600 000 000	Pour Plate



**Informe Analítico: IA-22-LB-001014-01**  
Lab-ID: GYE-22/1718

<p><b>NOMENCLATURA:</b></p> <p>U22=2: Unidades</p> <p>LMP: Límite Máximo Permisible</p> <p>N.D.: No Definido</p> <p>N.A.: No Analizado</p> <p>(a): Muestra recibida pasado el tiempo de espera, después de la toma de muestra</p> <p>(b): Muestra recibida en envase etiquetado</p> <p>En microbiología los valores expresados como &lt; límites de cuantificación, significa ausencia</p> <p>Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.</p> <p>Los ensayos marcados con (b) están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE, pero el resultado está fuera del alcance de la acreditación.</p> <p>Los ensayos marcados con (**) contienen resultados ACREDITADOS suministrados por un laboratorio externo con N° de acreditación N/A.</p> <p>Los ensayos marcados con (1) contienen resultados NO acreditados suministrados por un laboratorio externo, conformidad evaluada según el Procedimiento de Productos y Servicios Suministrados, Establecimiento de AGROURUM S.A.</p>
<p><b>TERMINOS Y CONDICIONES:</b></p> <p>La responsabilidad por el muestra queda exclusiva, a menos que haya sido realizada por AGROURUM S.A.</p> <p>Los resultados de la prueba se refieren únicamente a la muestra recibida sometida a ensayo. AGROURUM S.A. no se hace responsable por los datos proporcionados por el cliente.</p> <p>La información completa relativa a los ensayos, está a disposición del cliente que la solicite.</p> <p>El contenido de este informe sólo puede publicarse o reproducirse de forma completa.</p> <p>Los informes de resultados serán entregados en formato laboral, cuando sea confirmado el pago por parte del cliente y será entregado por vía e-mail.</p> <p>AGROURUM S.A. garantiza absoluta confidencialidad, comprometiéndose a guardar reserva respecto a los datos e información sobre los cuales haya tomado conocimiento; así como los informes de resultados que tiene en custodia. En el caso de que la información recibida sea revelada, se comunicará previamente a las partes involucradas a fin de solicitar su autorización.</p>

**Autorizado por:**



Firmado digitalmente por  
Denisse Zúñiga  
Fecha: 2022.06.22  
13:17:16 -07'00'

**Secretaría Técnica**

PK DEL INFORME DE ANALÍTICO



**Anexo N° 12. Análisis de carga microbiana *Bacillus spp.***  
Fuente: Agrorum, 2022      Elaborado por: Aguayo, 2022



**Anexo N° 13. Siembra de semilla de maíz centella en las parcelas**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 14. Monitoreo de plagas en las parcelas experimentales**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 15. Daños de *Spodoptera frugiperda* a hojas de plantas de maíz  
Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 16. Observación macroscópica de Larvas de *S. frugiperda*  
Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 17. Aplicación de los microorganismos entomopatógenos**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 18. Visualización en la parcela T2 R3 del hongo y la larva**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 19. Muestreo de plagas en las parcelas experimentales**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 20. Muestreo de plagas en las parcelas experimentales**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 21. Segunda aplicación de los microorganismos entomopatógenos**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 22. Visualización de larva muerta T4 R4**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 23. Revisión y muestreo de plagas en el manejo del ensayo experimental**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 24. Revisión y muestreo de plagas en el manejo del ensayo experimental**  
**con tutora Ing Tany Herrería**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 25. Revisión y muestreo de plagas en el manejo del ensayo experimental**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 26 Tutora y maestrante en la parcela experimental. Estimación de cosecha**  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 27. Observación del funcionamiento del pluviómetro en el proyecto de estudio con la tutora**

**Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 28. Cosecha de las parcelas de maíz**

**Elaborado por: Aguayo, 2022**



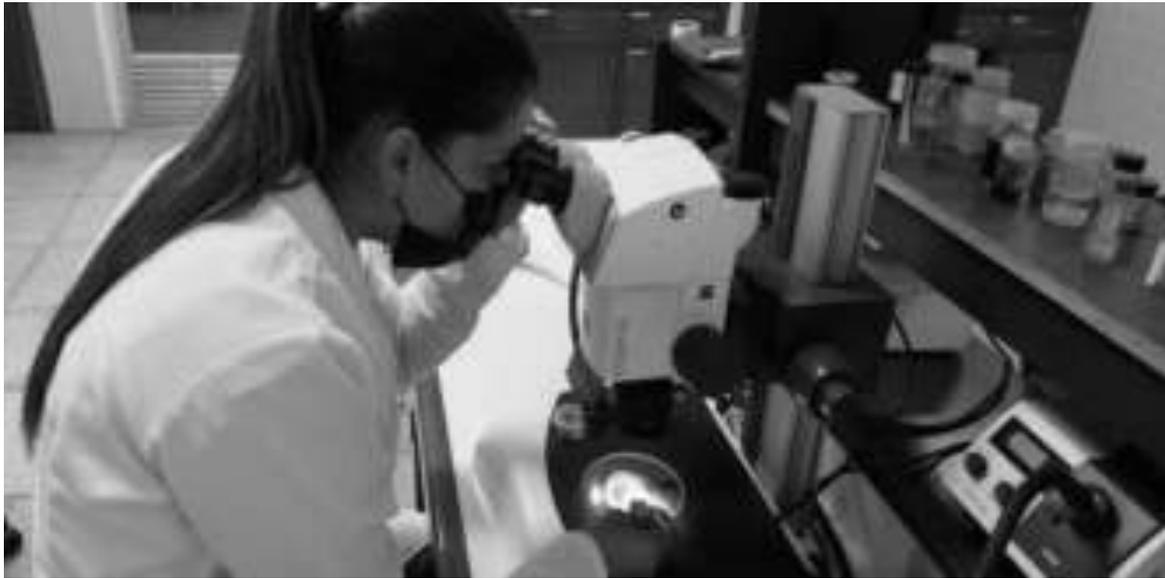
**Anexo N° 29. Mazorcas de maíz de las parcelas del T4 R3  
Elaborado por: Aguayo, 2022**



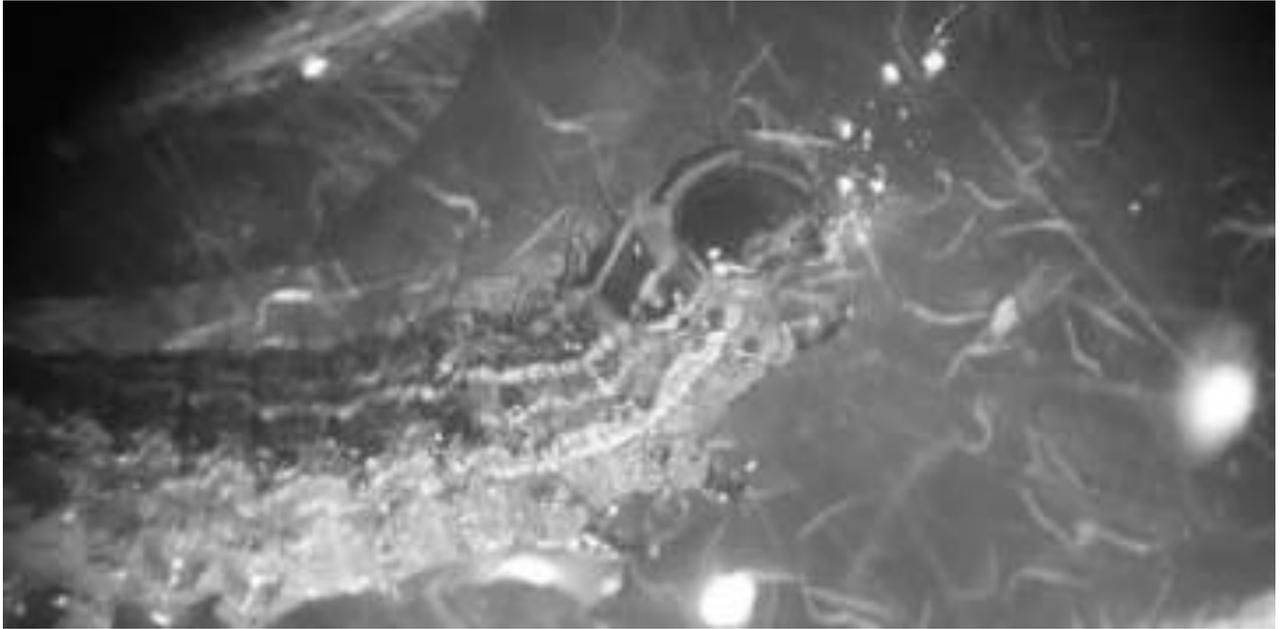
**Anexo N° 30. (Screening) Inoculación de microorganismos entomopatógenos a larvas  
de *S. frugiperda* con tutora  
Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 31. Viabilidad de los nematodos a utilizar para ensayo laboratorio  
Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 32. Observación de estructuras infestivas de microorganismos  
Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 33. Patogenicidad de nemátodos *heterorhabditis bacteriophora***  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 34. Inoculación de los Microorganismos Entomopatógenos a las larvas de *Spodoptera frugiperda***  
**Elaborado por: Aguayo, 2022**



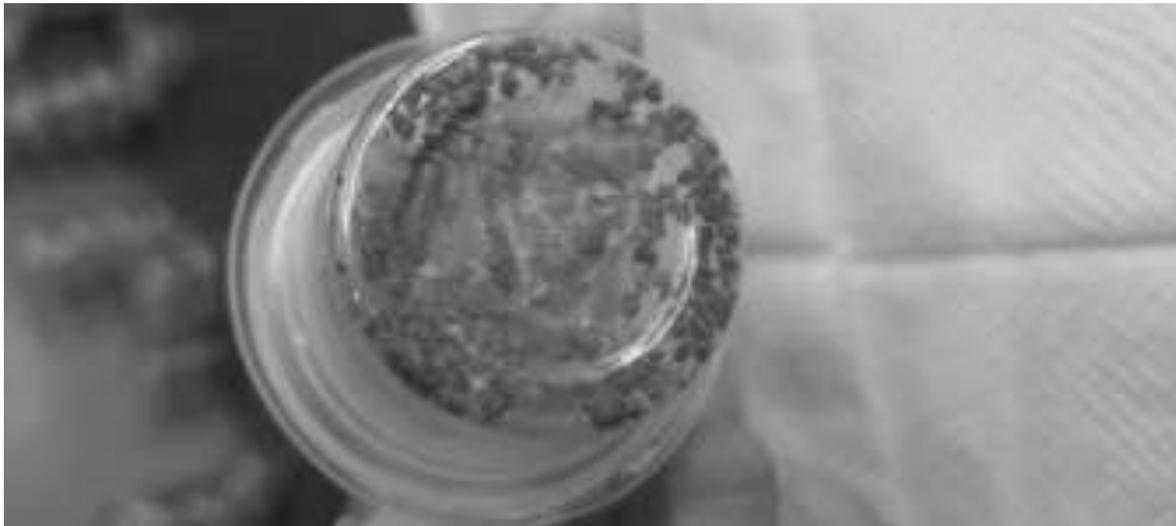
**Anexo N° 35. Muestreo de larvas cada 24 horas después de haber sido inoculadas.  
Elaborado por: Aguayo, 2022**



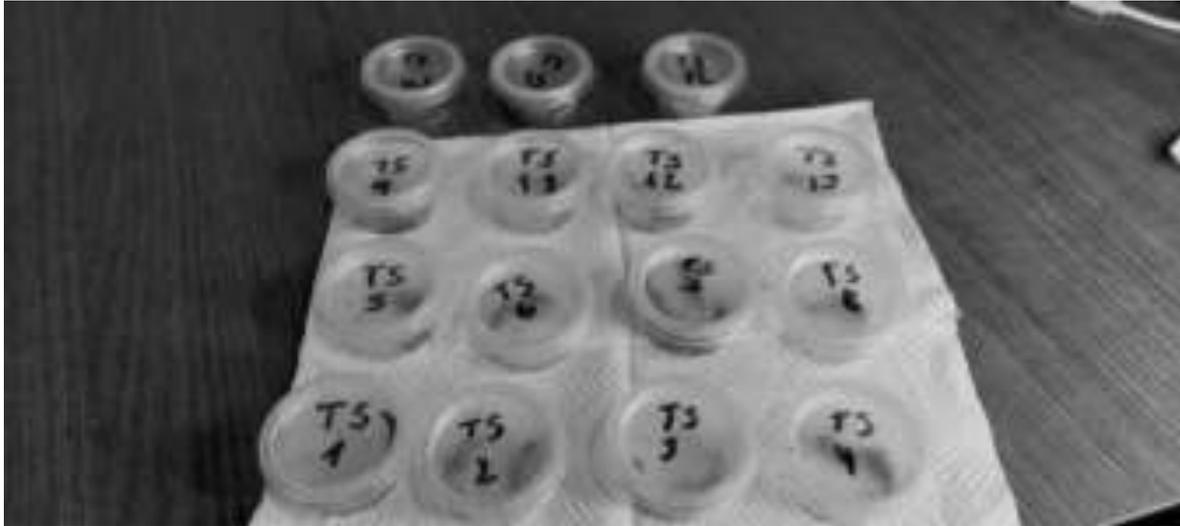
**Anexo N° 36. Seguimiento del ensayo de la Enomologa de la estación experimental  
INIAP PICHILINGUE  
Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 37. Cambio de estadio larval de *S. frugiperda* a pupa  
Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 38. Se visualiza que no se completó el siguiente estadio larval de *S. frugiperda* a pupa  
Elaborado por: Aguayo, 2022**



**Anexo N° 39. Ciclo de vida completo de *Spodoptera frugiperda* (Adulto) en T5**  
Elaborado por: Aguayo, 2022



**Anexo N° 40. Revisión y corrección de Tesis de la Tutora**  
Elaborado por: Aguayo, 2022

## APÉNDICES

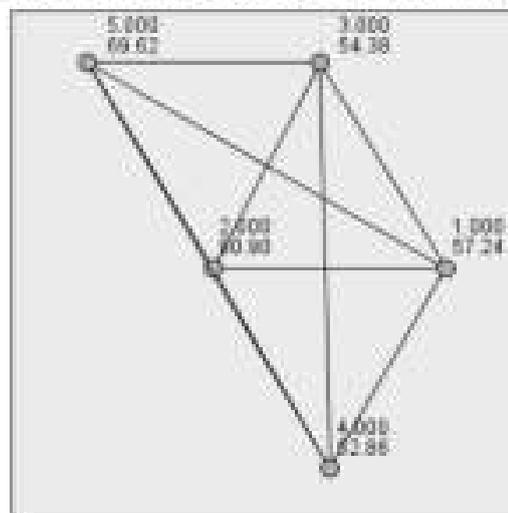
**Apéndice N° 1. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk para variable Longitud de planta**

<b>Variable</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Significancia</b>
LPFecha1(8DDS)	1.00	.956	25	.349
	2.00	.881	24	.009
	3.00	.872	25	.005
	4.00	.856	25	.002
	5.00	.856	25	.002
LPFecha2(22DDS)	1.00	.809	25	.000
	2.00	.825	24	.001
	3.00	.930	25	.089
	4.00	.818	25	.000
	5.00	.908	25	.027
LPFecha3(36DDS)	1.00	.820	25	.000
	2.00	.853	24	.003
	3.00	.797	25	.000
	4.00	.759	25	.000
	5.00	.788	25	.000
LPFecha4(51DDS)	1.00	.857	25	.002
	2.00	.921	24	.062
	3.00	.247	25	.000
	4.00	.901	25	.019
	5.00	.907	25	.026
LPFecha5(65DDS)	1.00	.941	25	.159
	2.00	.950	24	.270
	3.00	.965	25	.512
	4.00	.934	25	.108
	5.00	.928	25	.078

**Elaborado por: Aguayo, 2022**

Apéndice No 2. Gráfico de Prueba Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 2

Comparaciones por parejas de Tratamiento



Cada nodo muestra el rango de media de muestras de Tratamiento.

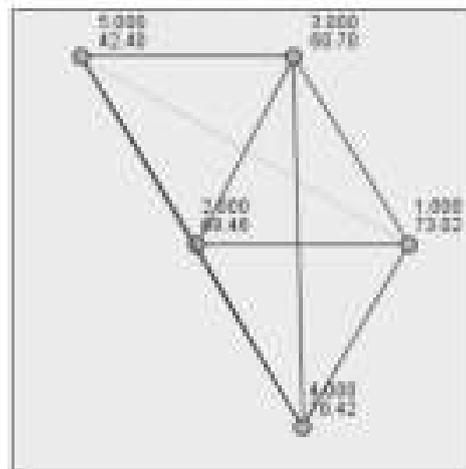
Muestra1	Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
4.000	3.000	1.520	10.095	.151	.880	1.000
4.000	1.000	4.380	10.095	.434	.664	1.000
4.000	5.000	-16.760	10.095	-1.660	.097	.969
4.000	2.000	28.040	10.095	2.778	.005	.055
3.000	1.000	2.880	10.095	.289	.777	1.000
3.000	5.000	-15.240	10.095	-1.510	.131	1.000
3.000	2.000	26.520	10.095	2.627	.008	.066
1.000	5.000	-12.380	10.095	-1.226	.220	1.000
1.000	2.000	-23.660	10.095	-2.344	.019	.191
5.000	2.000	11.280	10.095	1.117	.264	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .05.

Elaborado por: Aguayo, 2022

### Apéndice No 3. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 4

Comparaciones por parejas de Tratamiento



Cada nodo muestra el rango de media de muestra de Tratamiento

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Data, Prueba estadística	Sig.	Sig. asy.
5.000-3.000	18.300	10.181	1.798	.072	.723
5.000-2.000	26.000	10.181	2.580	.010	.105
5.000-4.000	29.020	10.181	2.752	.006	.059
5.000-1.000	30.620	10.181	3.008	.003	.026
3.000-2.000	7.760	10.181	-.762	.448	1.000
3.000-4.000	-9.720	10.181	-.955	.340	1.000
3.000-1.000	12.320	10.181	1.210	.236	1.000
2.000-4.000	-1.960	10.181	-.193	.847	1.000
2.000-1.000	4.580	10.181	.448	.654	1.000
4.000-1.000	3.600	10.181	.355	.798	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .05.

Elaborado por: Aguayo, 2022

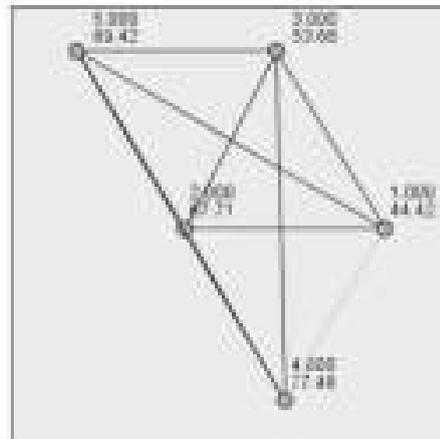
**Apéndice No 4. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk Longitud de hoja**

Variable	Tratamiento	Estadístico	Gl	Sig.
LHFecha1	1.00	.929	25	.084
	2.00	.941	24	.173
	3.00	.900	25	.019
	4.00	.903	25	.021
	5.00	.874	25	.005
LHFecha2	1.00	.874	25	.005
	2.00	.835	24	.001
	3.00	.952	25	.281
	4.00	.908	25	.028
	5.00	.868	25	.004
LHFecha3	1.00	.825	25	.001
	2.00	.954	24	.324
	3.00	.760	25	.000
	4.00	.931	25	.091
	5.00	.865	25	.004
LHFecha4	1.00	.854	25	.002
	2.00	.941	24	.172
	3.00	.929	25	.081
	4.00	.918	25	.046
	5.00	.926	25	.070
LHFecha5	1.00	.816	25	.000
	2.00	.881	24	.009
	3.00	.939	25	.137
	4.00	.953	25	.290
	5.00	.938	25	.132

**Elaborado por: Aguayo, 2022**

Apéndice No 5. Gráficos de Prueba Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 3

Comparaciones por parejas de Tratamiento



Cada nodo muestra el rango de media de muestra de Tratamiento

Muestra1\ Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Dist. Prueba estadística	sig.	sig. adj.
1.000-1.000	-0.250	10.081	-0.019	.998	1.000
1.000-2.000	-23.288	10.105	-2.298	.022	.022
1.000-3.000	-25.000	10.081	-2.480	.013	.131
1.000-4.000	-33.050	10.081	-3.279	.001	.040
1.000-5.000	14.028	10.105	1.377	.168	1.000
2.000-3.000	-15.740	10.081	-1.551	.118	1.000
2.000-4.000	-23.800	10.081	-2.361	.018	.182
2.000-5.000	-1.712	10.105	-.168	.867	1.000
3.000-4.000	-8.772	10.105	-.863	.387	1.000
4.000-5.000	8.000	10.081	.800	.424	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.  
Se muestran las significancias asimétricas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .05.

Elaborado por: Aguayo, 2022

## ANCHO DE HOJA

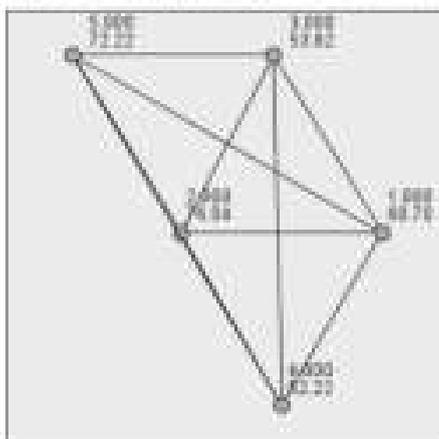
Apéndice N° 6 Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk para variable ancho de hoja

Variable	Tratamiento	Estadístico	Gl	Sig.
AHFecha1	1.00	.851	25	.002
	2.00	.935	24	.124
	3.00	.896	25	.015
	4.00	.921	25	.053
	5.00	.912	25	.034
AHFecha2	1.00	.834	25	.001
	2.00	.893	24	.015
	3.00	.728	25	.000
	4.00	.717	25	.000
	5.00	.897	25	.016
AHFecha3	1.00	.839	25	.001
	2.00	.757	24	.000
	3.00	.793	25	.000
	4.00	.911	25	.032
	5.00	.964	25	.501
AHFecha4	1.00	.856	25	.002
	2.00	.835	24	.001
	3.00	.921	25	.053
	4.00	.917	25	.045
	5.00	.877	25	.006
AHFecha5	1.00	.898	25	.017
	2.00	.877	24	.007
	3.00	.781	25	.000
	4.00	.900	25	.018
	5.00	.215	25	.000

Elaborado por: Aguayo, 2022

Apéndice N° 7. Gráficos de Prueba Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 2

Comparaciones por parejas de Tratamiento



Cada nodo muestra el rango de media de muestras de Tratamiento

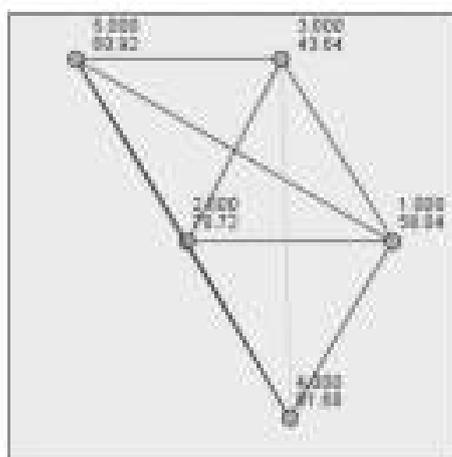
Muestra1	Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Dist. Prueba estadística	Sig.	Sig. adj.
4.000	3.000	1.820	9.829	163	.871	1.000
4.000	1.000	9.460	9.829	863	.388	1.000
4.000	5.000	-20.000	9.829	-2.000	.042	.419
4.000	2.000	23.820	9.829	2.429	.018	.154
3.000	1.000	6.960	9.829	709	.464	1.000
3.000	5.000	-18.400	9.829	-1.872	.061	.612
3.000	2.000	22.320	9.829	2.261	.024	.239
1.000	5.000	-11.520	9.829	-1.172	.241	1.000
1.000	2.000	-15.340	9.829	-1.567	.119	1.000
5.000	2.000	9.820	9.829	369	.688	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .05.

Elaborado por: Aguayo, 2022

Apéndice N° 8. Gráficos de Prueba Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 4

Comparaciones por parejas de Tratamiento



Cada celda muestra el rango de media de muestras de Tratamiento

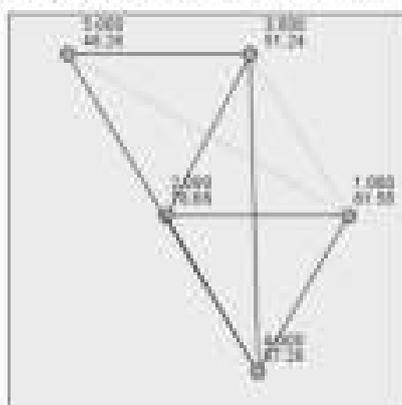
Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. adj.
2.000-1.000	14.400	9.768	1.474	.140	1.000
1.000-5.000	-17.280	9.768	-1.769	.077	.768
1.000-2.000	27.000	9.768	2.773	.006	.058
1.000-4.000	-38.040	9.768	-3.895	.000	.001
1.000-5.000	-2.880	9.768	-.295	.768	1.000
1.000-2.000	-12.600	9.768	-1.288	.194	1.000
1.000-4.000	-23.640	9.768	-2.421	.018	.165
5.000-2.000	9.800	9.768	1.003	.316	1.000
5.000-4.000	20.760	9.768	2.126	.034	.316
2.000-4.000	-10.960	9.768	-1.122	.262	1.000

Cada Sig prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.  
Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .05.

Elaborado por: Aguayo, 2022

Apéndice N° 9. Gráficos de Prueba Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 5

Comparaciones por parejas de Tratamiento



Cada fila muestra el rango de media de muestras de Tratamiento

Muestra 1, Muestra 2	Puntuaje estadístico	Error tipo I	Dist. Puntuaje estadístico	Sig.	Sig. adj.
1.000-2.000	4.880	0.004	801	815	1.000
1.000-3.000	11.000	0.004	1.111	387	1.000
1.000-4.000	32.400	0.004	3.273	001	811
2.000-1.000	80.880	0.004	3.964	000	814
2.000-3.000	4.000	0.004	-408	843	1.000
2.000-4.000	27.440	0.004	2.771	006	808
3.000-1.000	80.100	0.004	3.081	002	807
3.000-2.000	21.400	0.004	2.183	031	808
3.000-4.000	24.900	0.004	2.483	014	841
4.000-1.000	2.880	0.004	29	771	1.000

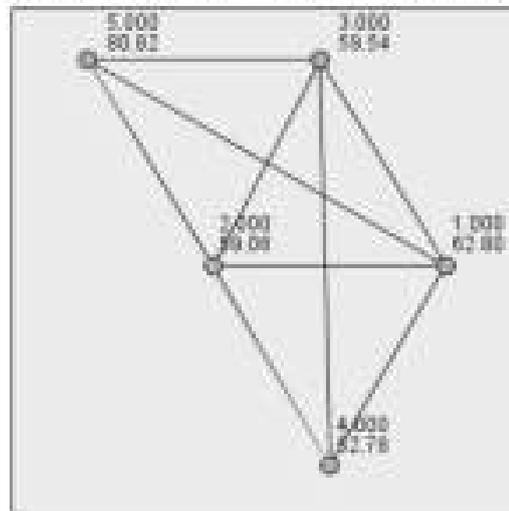
Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias ajustadas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .05.

Elaborado por: Aguayo, 2022

## DAÑO DE LA HOJA

### Apéndice N° 10. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 2

Comparaciones por parejas de Tratamiento



Cada nodo muestra al rango de media de muestras de Tratamiento.

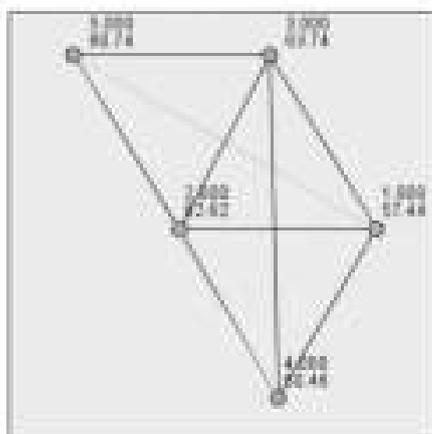
Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
4.000-2.000	6.290	8.996	696	.485	1.000
4.000-3.000	6.750	8.996	751	.452	1.000
4.000-1.000	10.020	8.996	1.114	.265	1.000
4.000-5.000	-28.040	8.996	-3.117	.002	.018
2.000-3.000	-.490	8.996	-.053	.957	1.000
2.000-1.000	-3.740	8.996	-.416	.678	1.000
2.000-5.000	-21.760	8.996	-2.419	.016	.156
3.000-1.000	3.260	8.996	.362	.717	1.000
3.000-5.000	-21.280	8.996	-2.366	.018	.160
1.000-5.000	-18.020	8.996	-2.003	.045	.452

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1, y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .10.

Elaborado por: Aguayo, 2022

Apéndice N° 11. Gráficos de Prueba Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 3

Comparaciones por parejas de Tratamiento



Cada nodo muestra el rango de media de muestras de Tratamiento

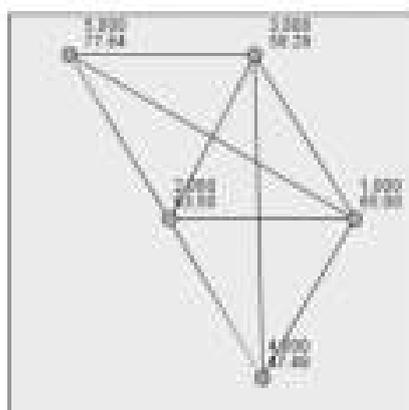
Muestra 1-Muestra 2	Prueba estadística	Error tipo	Base Prueba estadística	Sig.	Sig. asy.
4.000-1.000	8.990	7.943	679	.990	1.000
4.000-2.000	12.160	7.943	-1.531	.126	1.000
4.000-3.000	13.260	7.943	-1.672	.095	.945
4.000-5.000	-30.390	7.943	-3.812	.000	.993
1.000-2.000	-6.190	7.943	-1.852	.074	1.000
1.000-3.000	-6.300	7.943	-1.793	.428	1.000
1.000-5.000	-29.300	7.943	-3.694	.003	.934
2.000-1.000	-1.120	7.943	-.141	.888	1.000
2.000-5.000	-18.120	7.943	-2.281	.023	.226
3.000-5.000	-17.000	7.943	-2.140	.032	.303

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .10.

Elaborado por: Aguayo, 2022

## Apéndice N° 12. Gráficos de Prueba Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 5

Comparaciones por parejas de Tratamiento



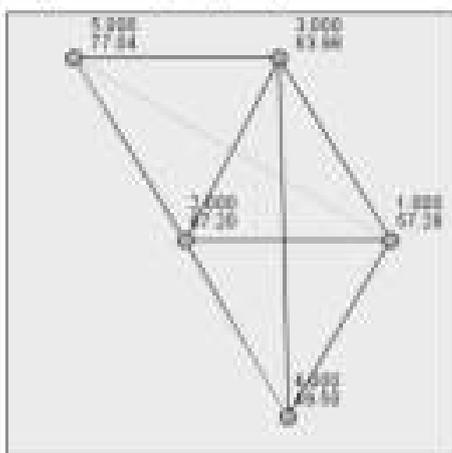
Cada fila muestra el rango de resultados de pruebas de Tratamiento

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Dist. Prueba estadística	sig.	sig. adj.
4.000-3.000	10,001	0,044	1,300	,221	1,000
4.000-2.000	16,021	0,044	1,791	,073	,230
4.000-1.000	17,021	0,044	1,809	,050	,001
4.000-5.000	-30,161	0,044	-3,372	,001	,007
3.000-2.000	-0,220	0,052	,000	,997	1,000
3.000-1.000	0,720	0,052	,709	,480	1,000
3.000-5.000	-19,300	0,052	-2,197	,029	,287
2.000-1.000	1,000	0,052	,969	,666	1,000
2.000-5.000	-14,140	0,052	-1,597	,110	1,000
1.000-5.000	-12,040	0,052	-1,420	,153	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.  
Se muestran las significancias estadísticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .05.

Elaborado por: Aguayo, 2022

**Apéndice N° 13. Gráficos de Prueba Mann-Whitney entre Tratamientos en Fecha No. 6**  
**Comparaciones por parejas de Tratamiento:**



Cada nodo muestra el rango de media de muestras de Tratamiento.

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Dev. Prueba estadística	Sig.	Sig. adj.
4.000-1.000	7.780	7.372	1.055	.291	1.000
4.000-3.000	14.480	7.372	1.964	.050	.495
4.000-2.000	17.700	7.372	2.401	.016	.163
4.000-5.000	-27.540	7.372	-3.735	.000	.002
1.000-3.000	-8.700	7.372	-1.208	.263	1.000
1.000-2.000	-9.920	7.372	-1.345	.178	1.000
1.000-5.000	-19.760	7.372	-2.680	.007	.074
3.000-2.000	3.220	7.372	.437	.662	1.000
3.000-5.000	-13.060	7.372	-1.772	.076	.765
2.000-5.000	-9.640	7.372	-1.325	.182	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .10.

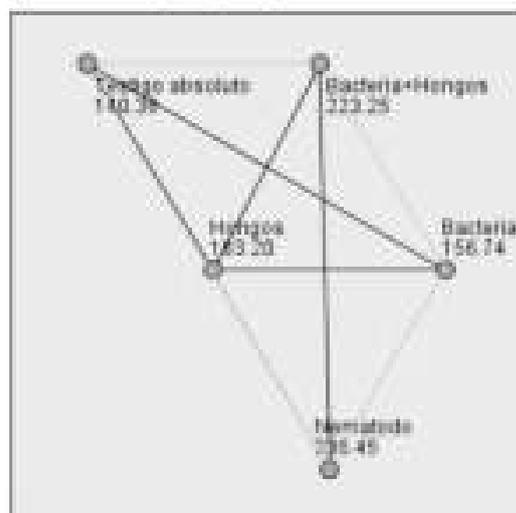
**Elaborado por: Aguayo, 2022**

**Apéndice N° 14. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov diámetro de la mazorca**

Variable	Tratamiento	Estadístico	gl	Sig.
Diámetro de la Mazorca (mm)	T1 Bacteria	.206	75	.000
	T2 Hongos	.236	75	.000
	T3 Bacteria+Hongos	.247	75	.000
	T4 Nematodo	.281	75	.000
	T5 Testigo absoluto	.162	75	.000

**Elaborado por: Aguayo, 2022**

**Apéndice N° 15. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Diámetro de Mazorca**  
**Comparaciones por parejas de TRATAMIENTOS**



Cada nodo muestra el rango de media de muestras de TRATAMIENTOS.

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
Testigo absoluto-Bacteria	18.360	17.000	.964	.395	1.000
Testigo absoluto-Hongos	42.840	17.000	2.520	.012	.117
Testigo absoluto-Bacteria+Hongos	82.893	17.000	4.876	.000	.000
Testigo absoluto-Nematodo	96.087	17.000	5.652	.000	.000
Bacteria-Hongos	-26.460	17.000	-1.558	.120	1.000
Bacteria-Bacteria+Hongos	-66.513	17.000	-3.912	.000	.001
Bacteria-Nematodo	-79.707	17.000	-4.689	.000	.000
Hongos-Bacteria+Hongos	-40.053	17.000	-2.366	.018	.165
Hongos-Nematodo	-63.247	17.000	-3.722	.002	.017
Bacteria+Hongos-Nematodo	-13.593	17.000	-.775	.438	1.000

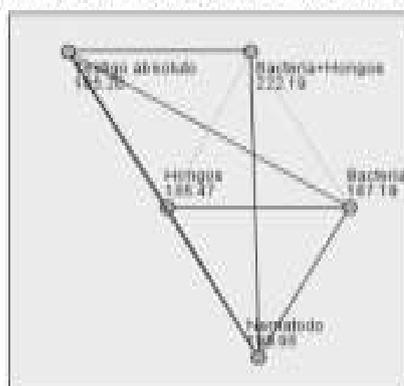
Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.

Se muestran las significancias asimétricas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .05.

Elaborado por: Aguayo, 2022

Apéndice N° 16. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Granos por Hilera

Comparaciones por parejas de TRATAMIENTOS



Cada nodo muestra el rango de media de muestras de TRATAMIENTOS.

Muestra1 Muestra2	Prueba estadística	Valor típico	Dist. Prueba estadística	sig.	sig. adj.
Hongos.Bacteria	1.727	18.725	.103	.918	1.000
Hongos.Testigo absoluto	-19.733	18.725	-1.180	.238	1.000
Hongos.Nematodo	-34.480	18.725	-2.002	.039	.392
Hongos.Bacteria+Hongos	-58.727	18.725	-3.302	.001	.007
Bacteria.Testigo absoluto	-18.007	18.725	-1.077	.282	1.000
Bacteria.Nematodo	-32.763	18.725	-1.968	.050	.602
Bacteria.Bacteria+Hongos	-65.000	18.725	-3.398	.001	.010
Testigo absoluto.Nematodo	14.747	18.725	.882	.378	1.000
Testigo absoluto.Bacteria+Hongos	36.900	18.725	2.212	.027	.370
Nematodo.Bacteria+Hongos	32.247	18.725	1.330	.182	1.000

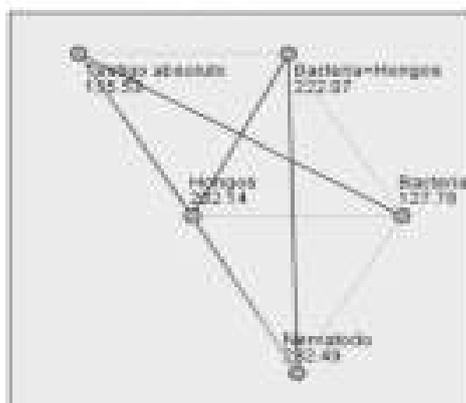
Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.

Se muestran las significancias asimétricas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .05

Elaborado por: Aguayo, 2022

## Apéndice N° 17. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Granos por Mazorca

### Comparaciones por parejas de TRATAMIENTOS



Cada nodo muestra el rango de media de muestras de TRATAMIENTOS.

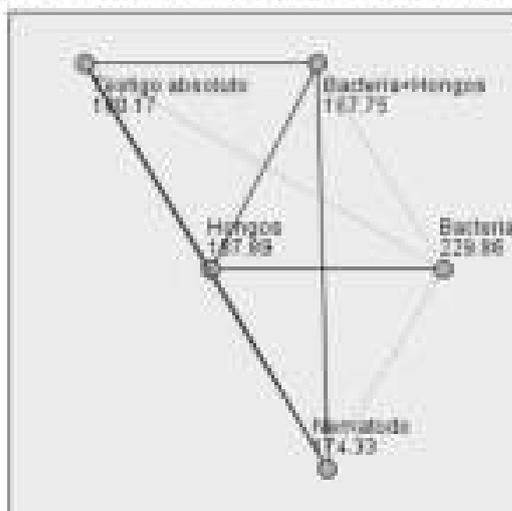
Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. adj.
Bacteria-Testigo absoluto	-37.747	17.695	-1.568	.117	1.000
Bacteria-Hongos	-74.360	17.695	-4.202	.000	.000
Bacteria-Bacteria+Hongos	-94.287	17.695	-5.328	.000	.000
Bacteria-Nematodo	-104.707	17.695	-5.917	.000	.000
Testigo absoluto-Hongos	48.613	17.695	2.634	.009	.084
Testigo absoluto-Bacteria+Hongos	66.540	17.695	3.760	.000	.000
Testigo absoluto-Nematodo	76.960	17.695	4.349	.000	.000
Hongos-Bacteria+Hongos	-19.927	17.695	-1.126	.260	1.000
Hongos-Nematodo	-30.347	17.695	-1.715	.086	.864
Bacteria+Hongos-Nematodo	-10.420	17.695	-.589	.558	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.  
Se muestran las significancias asimétricas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .05.

Elaborado por: Aguayo, 2022

Apéndice N° 18. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Masa de 1.000 granos

Comparaciones por parejas de TRATAMIENTOS



Cada nodo muestra el rango de media de muestras de TRATAMIENTOS:

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
Bacteria+Hongos-Nematodo	-6.573	17.700	-.371	.710	1.000
Bacteria+Hongos-Testigo absoluto	-12.413	17.700	-.701	.483	1.000
Bacteria+Hongos-Hongos	20.140	17.700	1.138	.256	1.000
Bacteria+Hongos-Bacteria	-62.107	17.700	3.509	.000	.005
Nematodo-Testigo absoluto	-5.840	17.700	-.330	.741	1.000
Nematodo-Hongos	13.667	17.700	.766	.443	1.000
Nematodo-Bacteria	-66.630	17.700	3.767	.002	.017
Testigo absoluto-Hongos	7.727	17.700	.437	.662	1.000
Testigo absoluto-Bacteria	-49.693	17.700	2.808	.005	.050
Hongos-Bacteria	-41.967	17.700	2.371	.018	.177

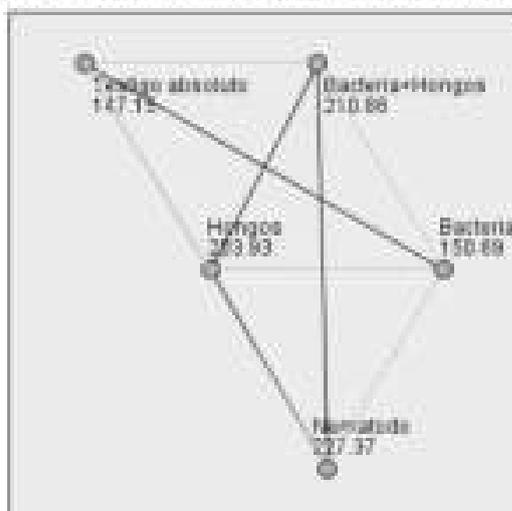
Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.

Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .05.

Elaborado por: Aguayo, 2022

Apéndice N° 19. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Rendimientos

Comparaciones por parejas de TRATAMIENTOS



Cada nodo muestra el rango de media de muestras de TRATAMIENTOS:

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
Testigo absoluto-Bacteria	3.540	17.700	.200	.841	1.000
Testigo absoluto-Hongos	55.773	17.700	3.208	.001	.013
Testigo absoluto-Bacteria+Hongos	63.707	17.700	3.699	.000	.000
Testigo absoluto-Nematodo	80.213	17.700	4.532	.000	.000
Bacteria-Hongos	-53.233	17.700	-3.008	.003	.026
Bacteria-Bacteria+Hongos	-60.187	17.700	-3.399	.001	.007
Bacteria-Nematodo	-76.673	17.700	-4.332	.000	.000
Hongos-Bacteria+Hongos	-6.933	17.700	-.392	.695	1.000
Hongos-Nematodo	-23.440	17.700	-1.324	.185	1.000
Bacteria+Hongos-Nematodo	-16.507	17.700	-.933	.351	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.

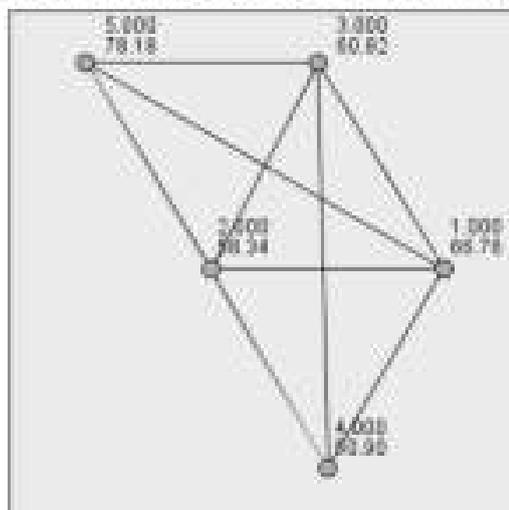
Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .05.

Elaborado por: Aguayo, 2022

## LARVAS TOTALES POR PLANTA

Apéndice N° 20. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Larvas totales, fecha 2.

Comparaciones por parejas de Tratamiento



Cada nodo muestra el rango de media de muestras de Tratamiento.

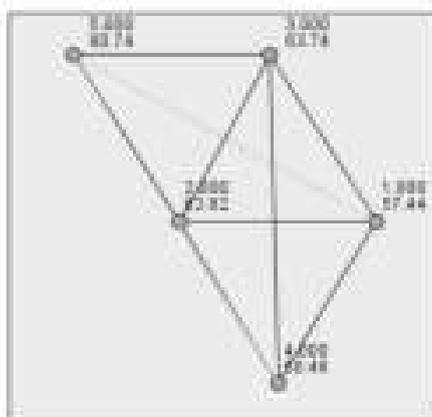
Muestra1	Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
4.000	2.000	7.440	8.687	.656	.392	1.000
4.000	3.000	9.920	8.687	1.142	.253	1.000
4.000	1.000	15.860	8.687	1.826	.068	.679
4.000	5.000	-27.280	8.687	-3.140	.002	.017
2.000	3.000	-2.480	8.687	-.286	.775	1.000
2.000	1.000	8.420	8.687	.969	.332	1.000
2.000	5.000	-19.840	8.687	-2.284	.022	.224
3.000	1.000	5.940	8.687	.684	.494	1.000
3.000	5.000	-17.360	8.687	-1.998	.046	.457
1.000	5.000	-11.420	8.687	-1.315	.189	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.  
Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .05.

Elaborado por: Aguayo, 2022

Apéndice N° 21. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Larvas totales, fecha 3.

Comparaciones por parejas de Tratamiento



Cada nodo muestra el rango de media de muestras de Tratamiento.

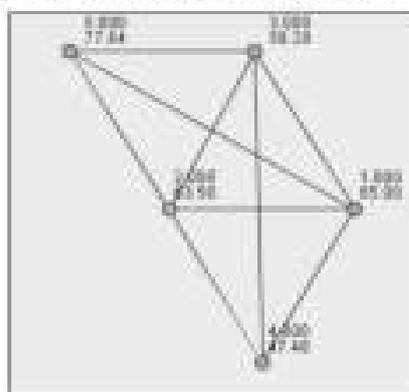
Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Norm. Prueba estadística	Sig.	Sig. adj.
4.000-1.000	6.980	7.943	.673	.500	1.000
4.000-2.000	12.160	7.943	1.525	.126	1.000
4.000-3.000	13.280	7.943	1.672	.095	.345
4.000-5.000	-30.280	7.943	-3.813	.000	.001
1.000-2.000	-5.160	7.943	-.652	.514	1.000
1.000-3.000	-6.300	7.943	-.799	.428	1.000
1.000-5.000	-23.300	7.943	-2.934	.003	.034
2.000-3.000	-1.120	7.943	-.141	.888	1.000
2.000-5.000	-18.120	7.943	-2.281	.023	.236
3.000-5.000	-17.000	7.943	-2.140	.032	.323

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias ajustadas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .10.

Elaborado por: Aguayo, 2022

Apéndice N° 22. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Larvas totales, fecha 5.

Comparaciones por parejas de Tratamiento



Cada celda muestra el rango de media de muestras de Tratamiento

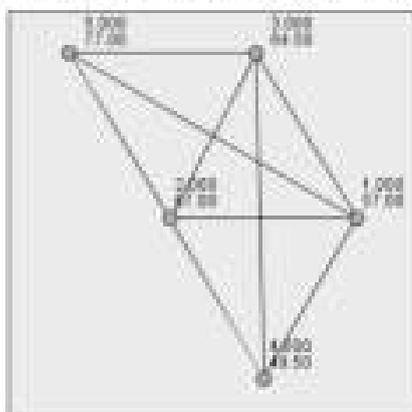
Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Esco. Prueba estadística	Sig.	Sig. adj.
1.000-3.000	10.801	0.944	1.206	.227	1.000
1.000-2.000	16.021	0.944	1.791	.073	.732
1.000-1.000	17.021	0.944	1.859	.053	.524
4.000-5.000	.90	0.944	-3.972	.001	.002
3.000-2.000	-8.220	0.942	.890	.368	1.000
3.000-1.000	8.720	0.942	.758	.448	1.000
3.000-5.000	-19.360	0.942	-2.067	.024	.267
2.000-1.000	1.500	0.942	.166	.885	1.000
2.000-5.000	-14.140	0.942	-1.507	.130	1.000
1.000-5.000	-12.040	0.942	-1.276	.153	1.000

Cada fila muestra la figura de cada que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.  
Se muestran las significancias estadísticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .05.

Elaborado por: Aguayo, 2022

Apéndice N° 23. Gráficos de Pruebas de Mann-Whitney para Larvas totales, fecha 6.

Comparaciones por parejas de Tratamiento



Cada fila muestra el rango de media de muestras de Tratamiento.

Muestra 1	Muestra 2	Prueba estadística	Error típico	Dist. Prueba estadística	Sig.	Sig. adj.
4,000	5,000	-27,500	7,304	-3,758	,000	,000
1,000	5,000	-20,000	7,304	-2,738	,008	,000
4,000	2,000	17,500	7,304	2,396	,017	,085
4,000	3,000	16,500	7,304	2,264	,040	,100
3,000	5,000	-12,500	7,304	-1,711	,087	,070
1,000	2,000	-10,000	7,304	-1,369	,171	1,000
1,000	3,000	-7,500	7,304	-1,027	,304	1,000
3,000	2,000	2,500	7,304	,343	,732	1,000
4,000	1,000	7,500	7,304	1,027	,304	1,000
2,000	5,000	-10,000	7,304	-1,369	,171	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significancias ajustadas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es .05.

Elaborado por: Aguayo, 2022