



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**PEDRO RUIZ GALLO**



**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

**Tolerancia de cuatro híbridos comerciales de  
maíz amarillo duro a *Erwinia crhysanthemi*  
en condiciones de invernadero.**

**TESIS**

**Para optar el título profesional de:**

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**PRESENTADO POR**

**Diana Paola Palomino Pérez**

**ASESOR**

**Ing. María Julia Jaramillo Carrión**

**Lambayeque – Perú 2023**

**Tolerancia de cuatro híbridos comerciales de maíz amarillo duro a  
*Erwinia chrysanthemi* en condiciones de invernadero.**

POR:



**Bach. Diana Paola Palomino Pérez**

Presentada a la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Pedro Ruiz

Gallo, para optar el Título Profesional de:

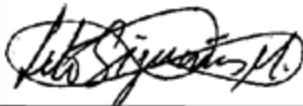
**INGENIERA AGRÓNOMA**

**APROBADO POR:**



**Dr. Mariano Agustín Ramos García**

**Presidente del Jurado**



**Ing. Santos Lito Sigueñas Montalvo**

**Secretario del Jurado**



**Ing. Giannina Campoverde Ventura**

**Vocal del Jurado**



**Ing. María Julia Jaramillo Carrión**

**Asesor**

**Lambayeque, 2023**



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
DECANATO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 010-2023-D-FAG

En la ciudad de Lambayeque a los doce días del mes de julio del año dos mil veintitrés, siendo las once de la mañana, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Agronomía los Miembros de Jurado evaluador de la tesis titulada: *"TOLERANCIA DE CUATRO HÍBRIDOS COMERCIALES DE MAÍZ AMARILLO DURO A Erwinia Chrysanthemi EN CONDICIONES DE INVERNADERO"*, designados por Decreto N° 009-2020-VIRTUAL-UI-FAG del 06 de agosto del 2020, con la finalidad de evaluar y calificar la Sustentación de la Tesis antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Mariano Agustín Ramos García  
Ing. Santos Lito Sigueñas Montalvo  
Ing. Giannina Campoverde Ventura  
Ing. María Julia Jaramillo Carrión

Presidente  
Secretario  
Vocal  
Patrocinador


El acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 103-2023-D-FAG, con fecha 23 de junio del 2023.

La tesis fue presentada y sustentada por la Bachiller **DIANA PAOLA PALOMINO PÉREZ**, tuvo una duración...72... de minutos. Después de la sustentación y absueltas las preguntas y observaciones de los Miembros de Jurado, se procedió a la calificación respectiva otorgándole el calificativo de 18.25 en la escala vigesimal, con mención

MUY BUENO

Por lo que queda APTO para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo de acuerdo con la Ley Universitaria N° 30220 y la Normatividad vigente de la Facultad de Agronomía y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:12 M se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad el presente acto con las firmas de los Miembros de Jurado.

  
Dr. Mariano Agustín Ramos García  
Presidente

  
Ing. Santos Lito Sigueñas Montalvo  
Secretario

  
Ing. Giannina Campoverde Ventura  
Vocal

  
Ing. María Julia Jaramillo Carrión  
Patrocinador

## **Dedicatoria**

La presente tesis está destinada y dirigida en primera instancia, a Dios por darme salud y la oportunidad de haber culminado de forma satisfactoria mi carrera universitaria, a mis abuelitos Yolanda Farroñay Ayala y Francisco Pérez Fernández, pilares del hogar, que junto a mi familia y gracias a su incondicional y total apoyo emocional y la formación que me han brindado, sobre principios y valores, que se han visto reflejos sobre mi persona, dando atribución a que de esta manera, a pesar de las circunstancias difíciles y obstáculos que se han presentado, pueda superarlo y afrontarlo de la manera más asertiva y oportuna posible.

**Diana Paola Palomino Pérez**

## **Agradecimiento**

A Dios nuestro creador porque sin él nada es posible y coloca sus manos sobre las herramientas de este mundo para dar molde a lo que tiene planificado para cada uno de nosotros.

A Marisol Teresa Pérez Farroñay, por ser una madre ejemplar y abnegada, que, con su conocimiento y experiencia en la vida, me fue de mucha ayuda y motivación para la culminación de este gran proyecto.

A mi asesor la Ing. María Julia Jaramillo Carrión, por brindarme la oportunidad nuevamente de ser parte, de mi crecimiento profesional, al elegirme para desarrollar esta investigación y ser asesora de tesis.

A la institución Agraria INIA Vista Florida en Chiclayo, por permitirme desarrollar este proyecto, con su respaldo en cuanto al financiamiento y al estar pendiente de lo necesario para concluir este proceso.

## INDICE GENERAL

<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo I: Diseño teórico.....</b>	<b>5</b>
1.1. Antecedentes de la investigación.....	5
1.2. Bases teóricas.....	14
1.2.1. El cultivo de maíz.....	14
1.2.1.1. Origen.....	14
1.2.1.2. Importancia del maíz.....	15
1.2.1.3. Clasificación taxonómica del maíz.....	15
1.2.1.4. Perspectiva del maíz amarillo duro.....	16
1.2.1.5. Producción y comercio mundial.....	17
1.2.1.6. Maíz amarillo duro en el Perú.....	19
1.2.1.7. Maíz híbrido.....	20
1.2.1.8. Morfología del maíz.....	20
1.2.1.9. Etapas de crecimiento del maíz.....	21
1.2.1.10. Enfermedades del maíz.....	23
1.2.2. Medición de enfermedades.....	23
1.2.2.1. Incidencia.....	24
1.2.2.2. Severidad.....	24
1.2.2.3. Tolerancia.....	25
1.2.3. <i>Erwinia chrysanthemi</i> ( <i>Dickeya dadantii</i> ).....	26
1.2.3.1. Bacteriosis o pudrición blanda ( <i>Erwinia chrysanthemi</i> ).....	26
1.2.3.2. Distribución geográfica.....	27
1.2.3.3. Morfología de <i>Erwinia chrysanthemi</i> .....	29

1.2.3.4. Clasificación taxonómica de <i>Erwinia chrysanthemi</i> .....	31
1.2.3.5. Ciclo de la enfermedad .....	32
1.2.3.6. Medios de movimiento y dispersión de <i>Erwinia chrysanthemi</i> .....	33
1.2.3.7. Síntomas de la enfermedad .....	33
1.2.3.8. Daños e importancia de la enfermedad .....	35
1.2.3.9. Prevención de la enfermedad .....	36
1.3. Bases conceptuales .....	37
1.3.1. Operacionalización de variables .....	37
a. Variable independiente .....	37
b. Variable dependiente .....	37
<b>Capítulo II: Metodología .....</b>	<b>39</b>
2.1. Ubicación geográfica .....	39
2.1.1. Condiciones climatológicas .....	41
2.1.2. Temperatura .....	41
2.1.3. Humedad relativa .....	41
2.1.4. Análisis físico y químico del suelo .....	43
2.2. Metodología de la Investigación .....	44
2.2.1. Tipo de Investigación .....	44
2.2.2. Diseño del experimento .....	44
2.2.3. Características del campo experimental .....	45
2.2.4. Población y Muestra .....	47
2.2.5. Metodología y Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	48
2.2.6. Muestreo y recolección de la Bacteria .....	49
2.2.7. Técnicas para evaluación de incidencia y severidad en plantas inoculadas .....	49
2.2.8. Aplicación de los Tratamientos .....	50

2.2.9. Procesamiento de análisis de datos.....	50
2.3. Materiales .....	55
2.3.1. Material experimental.....	55
2.3.1.1. Híbrido Inia 619 .....	55
2.3.1.2. Híbrido Dekalb 7508.....	55
2.3.1.3. Híbrido Atlas 777 .....	56
2.3.1.4. Híbrido Dekalb 7500.....	56
2.3.2. Materiales y equipos.....	57
<b>Capítulo III: Resultados .....</b>	<b>58</b>
3.1. Prueba de los Supuestos del Análisis de Varianza.....	58
3.1.1. Contraste de Normalidad de los Datos.....	58
3.1.2. Prueba de homogeneidad de varianzas .....	58
3.2. Incidencia de plantas atacadas según posiciones.....	60
3.2.1. Incidencia de plantas atacadas según tercio inferior.....	60
3.2.2. Incidencia de plantas atacadas según tercio medio.....	61
3.2.3. Incidencia de plantas atacadas según tercio superior.....	62
3.3. Comparación de medias de incidencia y severidad de plantas atacadas por <i>Erwinia chrysanthemi</i> .....	63
3.3.1. Edad de evaluación para porcentaje de incidencia y severidad de ataque.....	63
3.3.2. Incidencia y severidad de plantas atacadas según Híbrido .....	65
3.3.3. Incidencia y severidad de ataque según posición de la inoculación.....	67
3.3.4. Interacción edad por híbrido para incidencia y severidad en plantas atacadas.....	68
3.3.5. Interacción Edad por Posición para incidencia y severidad de plantas atacadas.....	72
3.3.6. Interacción híbrido por posición para incidencia y severidad de plantas atacadas.....	76
3.3.7. Interacción edad por Híbrido por posición para incidencia y severidad de plantas atacadas .....	78



<b>Capítulo IV: Discusión .....</b>	<b>92</b>
<b>Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>95</b>
5.1. Conclusiones .....	95
5.2. Recomendaciones .....	97
<b>Referencias.....</b>	<b>98</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>107</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Países productores de maíz amarillo duro.....	17
Tabla 2. Departamentos productores de maíz amarillo duro en el Perú.....	18
Tabla 3. Fenología del maíz.....	22
Tabla 4. Grados de severidad según el porcentaje de área foliar dañado.....	25
Tabla 5. Datos meteorológicos observados durante la conducción del experimento. Chiclayo-Ferreñafe en Pícsi 2020.....	42
Tabla 6. Análisis físico y químico del suelo.....	43
Tabla 7. Forma básica del Análisis de varianza para un momento dado.....	52
Tabla 8. Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar.....	58
Tabla 9. Incidencia de infección según edad del cultivo.....	63
Tabla 10. Severidad del ataque según edad del cultivo.....	65
Tabla 11. Incidencia de plantas atacadas según híbrido.....	66
Tabla 12. Severidad de plantas atacadas según híbrido.....	66
Tabla 13. Incidencia de ataque según posición de la inoculación.....	67
Tabla 14. Severidad de ataque según posición de la inoculación.....	68
Tabla 15. Interacción edad x posición para incidencia de plantas atacadas.....	69
Tabla 16. Interacción edad por posición para severidad de plantas atacadas.....	71
Tabla 17. Tabla de la Interacción edad por híbrido para incidencia en plantas atacadas por <i>Erwinia chrysanthemi</i> .....	73
Tabla 18. Tabla de la Interacción edad por híbrido para severidad en plantas atacadas por <i>Erwinia chrysanthemi</i> .....	75

Tabla 19. Tabla de la Interacción edad por posición para incidencia en plantas atacadas por <i>Erwinia chrysanthemi</i> .....	77
Tabla 20. Tabla de la Interacción edad por posición para severidad en plantas atacadas por <i>Erwinia chrysanthemi</i> .....	78
Tabla 21. Tabla de la Interacción edad por híbrido por posición para incidencia en plantas atacadas por <i>Erwinia chrysanthemi</i> .....	79
Tabla 22. Tabla de la Interacción edad por híbrido por posición para severidad en plantas atacadas por <i>Erwinia chrysanthemi</i> .....	86

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de <i>Erwinia chrysanthemi</i> .....	28
Figura 2. Morfología de la bacteria <i>Erwinia Chrysanthemi</i> .....	30
Figura 3. Crecimiento de <i>Erwinia Chrysanthemi</i> .....	31
Figura 4. Síntomas de la enfermedad en tallo de maíz.....	34
Figura 5. Marchitez y secamiento del maíz.....	35
Figura 6. Variables e indicadores, categoría del indicador y técnica de información.....	38
Figura 7. Mapa geográfico – Estación Vista Florida .....	40
Figura 8. Temperaturas humedad y velocidad del viento promedios durante la conducción experimental Chiclayo- Ferreñafe en Pícsi 2020.....	42
Figura 9. Distribución dentro del invernadero de los tratamientos.....	46
Figura 10. Combinación de los tratamientos evaluados.....	47
Figura 11. Prueba de varianzas iguales: arco vs. Híbrido .....	59
Figura 12. Incidencia de ataque por <i>Erwinia chrysanthemi</i> para la interacción de tres factores.....	60
Figura 13. Porcentaje de ataque de <i>Erwinia chrysanthemi</i> en el tercio medio de los híbridos de maíz amarillo duro en tres factores .....	61
Figura 14. Porcentaje de ataque de <i>Erwinia chrysanthemi</i> en el tercio superior de los híbridos de maíz amarillo duro en tres factores .....	62
Figura 15. Evolución de la incidencia de los cuatro híbridos de maíz .....	64
Figura 16. Incidencia de ataque por <i>Erwinia chrysanthemi</i> para los tres factores .....	85
Figura 17. Instalación del proyecto dentro del invernadero en INIA (27/05/2020).....	110
Figura 18. Muestras colectadas llevadas a laboratorio .....	110
Figura 19. Cortes transversales de las zonas afectadas para aislar la bacteria en placa petri.....	111
Figura 20. Inoculación en la base del tallo – 15/06/2020. ....	111
Figura 21. Extracción de plantas enfermas con síntomas de la enfermedad. ....	112

Figura 22. Síntomas reconocidos en la evaluación de la base del tallo de las plantas en invernadero.....	112
Figura 23. Observación de síntomas de infección de la bacteria en la base del tallo .....	113
Figura 24. Síntomas en tercio de la planta o quinto nudo de la planta.....	114
Figura 25. Síntomas en el tercio superior o mazorca de la planta.....	115
Figura 26. Muestras llevadas a laboratorio para identificar la bacteria.....	116
Figura 27. Imagen de la bacteria sembrada en placa petri.....	116
Figura 28. Observación de la bacteria Gram negativa en placa petri y a través del microscopio.....	117
Figura 29. Imagen después de los 98 días en el área experimental.....	117
Figura 30. Imagen del uso del programa de ImageJ para determinar el porcentaje de severidad... ..	118

## Resumen

La siguiente investigación se ejecutó en la Estación Experimental Agraria Vista Florida INIA Km 8, Chiclayo – Ferreñafe Lambayeque, en invernadero, durante el 2020, con el objetivo principal de identificar el híbrido más tolerante a la bacteria *Erwinia chrysanthemi*, actualmente llamada *Dickeya dadantii*. Este patógeno reduce la productividad del maíz en un 50% en la Costa. Se manejó un (DCA), en arreglo factorial con 4 repeticiones y dieciséis tratamientos. Se efectuó un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey con  $\alpha = 0.05$  empleando el programa estadístico InfoStat y el programa de procesamiento de imagen digital ImageJ. El inóculo se obtuvo de un campo con plantas que presentaban sintomatología de la enfermedad. Se identificó el patógeno, en laboratorio y posteriormente se aplicó en: base del tallo, parte media y superior de los híbridos. Se evaluó también la incidencia y severidad del ataque a partir de los 30 a 98 días. Los resultados indicaron que el híbrido más tolerante, respecto a la incidencia, y superando estadísticamente al híbrido INIA 619; fue ATLAS 777; en cambio, los híbridos DEKALB 7500 y DEKALB 7508, fueron los más susceptibles, siendo este último el más afectado, por presentar estadísticamente la mayor incidencia y severidad de ataque en la posición de la base del tallo. El modelo del incremento de la incidencia fue lineal respecto al tiempo hasta los 98 días después de la siembra; mientras que el grado de severidad en la base del tallo para INIA 619 fue 2 y grado 3 para ATLAS 777 y ambos DEKALB. Desde la primera inoculación hasta la etapa R5 del maíz, los híbridos más tolerantes fueron INIA 619 y ATLAS 777. Los síntomas percibidos fueron plantas con el tejido de la base del tallo blando u acuoso, de color crema y amarillento, con mal olor.

*Palabras clave: Bacteria Dickeya dadantii, tolerancia, híbridos de maíz.*

## Abstract

The following investigation was carried out at the Estación Experimental Agraria Vista Florida INIA Km 8, Chiclayo – Ferreñafe highway, Lambayeque, in a greenhouse, during 2020, with the main objective of identifying the most tolerant hybrid to the *Erwinia chrysanthemi* bacterium, currently called *Dickeya dadantii*. This pathogen reduces maize productivity by 50% on the Coast. A (DCA) was managed, in factorial arrangement with 4 repetitions and sixteen treatments. A Tukey analysis of variance and comparison of means with  $\alpha = 0.05$  was performed using the InfoStat statistical program and the ImageJ digital image processing program. The inoculum was obtained from a field with plants showing symptoms of the disease. The pathogen was identified in the laboratory and subsequently applied to: base of the stem, middle and upper part of the hybrids. The incidence and severity of the attack were also evaluated from 30 to 98 days. The results indicated that the most tolerant hybrid, regarding the incidence, and statistically surpassing the INIA 619 hybrid; it was ATLAS 777; On the other hand, the DEKALB 7500 and DEKALB 7508 hybrids were the most susceptible, the latter being the most affected, since it statistically presented the highest incidence and severity of attack in the position of the stem base. The model of the increase in incidence was linear with respect to time until 98 days after sowing; while the degree of severity at the base of the stem for INIA 619 was 2 and degree 3 for ATLAS 777 and both DEKALB. From the first inoculation to the R5 stage of maize, the most tolerant hybrids were INIA 619 and ATLAS 777. Perceived symptoms were plants with soft or watery stem base tissue that was cream and yellowish in color, with a foul odor.

*Keywords: Dickeya dadantii bacteria, tolerance, maize hybrids.*

## Introducción

Desde un enfoque general, en diversos países se ha manifestado la presencia de *Erwinia chrysanthemi*, bacteria que genera la enfermedad de la pudrición blanda u acuosa en el tallo, o bacteriosis, en el maíz. La siguiente información data sobre la aparición o reportes del patógeno en algunos países del mundo, tal y como menciona:

Nalimvoa & Suárez (2007), hace alusión sobre la determinación de bacterias en Cuba, donde menciona que aproximadamente desde 1975 a 1985, se reconocieron diferentes hospedantes para la bacteria *Erwinia chrysanthemi*, como son: el pimiento, tomate, cebolla, girasol, algunas especies de plantas ornamentales y dentro de ellas, se encontró el maíz. Se señala también, que el clima de Cuba presenta condiciones óptimas para el desarrollo de bacterias como lo son humedad y temperaturas altas, por lo que en este caso se hace mención de *Erwinia chrysanthemi*, identificada y determinada así por (Rivera, 1978).

La (EPPO, 2023), European and Mediterranean Plant Protection Organization, es una organización intergubernamental, al resguardo fitosanitario vegetal, creando y ampliando estrategias para evitar la introducción y proliferación de plagas y enfermedades en nuevas partes del mundo. Los países pertenecientes a la EPPO, han mencionado la presencia de *Erwinia chrysanthemi*, en el cultivo de maíz, donde se reportan los siguientes datos:

Según la secretaría de la EPPO (1997), en Bolivia, entre los años de 1992 al 1993, se registraron síntomas de marchitez bacteriana en el cultivo de maíz, y se reportó como ocasionada por *Erwinia chrysanthemi*, enfermedad bajo cuarentena.

Como menciona Németh & László (1995), algunas regiones de Hungría durante 1987 y 1988, también se reportó presencia de dicha bacteria en maíz, aunque se dice que la fuente del inóculo aún no queda esclarecida.



Por otra parte, en Portugal en época de verano, es cuando las bacterias son favorecidas por las condiciones climáticas. Se menciona que en los años de 1987 y 1991 se detectaron síntomas de la enfermedad conocida como pudrición del tallo del maíz, manifestándose como un marchitamiento en las hojas superiores, olor fétido, un color acuoso, un margen o borde oscuro en la zona de la lesión o más afectada del tallo. Algunos registros mencionan que dicho patógeno se había presentado primero en Portugal, pero en tomate dentro de invernadero, mas no en los campos de maíz (Ferreira Pinto, Cruz, & Oliveira, 1994).

Asu vez en Ecuador a partir del año de 1980 específicamente en el invernadero y laboratorio de la Estación experimental Santa Catalina -INIAP, se realizó un experimento con 33 variedades de maíz amarillo duro, con la intención de identificar el patógeno autor de la enfermedad del “*volcamiento del maíz*” y hallar algunas fuentes de resistencia a dicha enfermedad. Se logró identificar que se trataba de la bacteria *Erwinia chrysanthemi*, la cual gracias a las condiciones apropiadas o parámetros para su desarrollo y según se menciona en la investigación, puede llegar a causar pérdidas de hasta un 60% en cuanto a rendimientos, en la zona interandina del Ecuador. El material enfermo sirvió como fuente de inoculación para las plantas de maíz. El resultado fue que 5 variedades de maíz (“A”-Amarillo duro precoz, “B”-Amarillo duro precoz, Amarillo duro precoz (mezcla de familias), INIAP-125 e INIAP-153), fueron resistentes a dicha bacteria y las otras 28 líneas de maíz susceptibles (Unda et al, 1896).

Según Stack (2023) menciona que en E.E.U.U se registró brotes de esta enfermedad en el 2001, ocasionada por *Erwinia chrysanthemi* en los condados de: Gosper, Phelps y Kearney de Nebraska. Este mismo, comenta que la enfermedad inicia desde el tallo hacia las hojas, luego se manifiesta un olor fétido en el área superior del maíz, la infección se extiende a lo largo de toda la planta hasta incluso llegar a las mazorcas y panojas.

El maíz en el Perú, catalogado como el cultivo más importante, a nivel nacional comprende unas 520 mil hectáreas de maíz, y cerca de 82 mil familias sostienen su hogar con este cultivo. Las áreas sembradas, aproximadamente son alrededor de unas 300 000 (Ha) de maíz amarillo duro y unas 220 000 (Ha) de maíz amiláceo. Un 90% de maíz amarillo duro va direccionado a la producción de grano y el 10% como forraje. Los primordiales departamentos productores de maíz amarillo duro para grano son la región de la costa con 105000 hectáreas con 30000 (Ha) para forraje y en la selva 165000 (Ha) (García, 2020).

Como manifiesta el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. SENASA (2018), reportó la presencia de *Erwinia chrysanthemi*, en 10 parcelas de maíz amiláceo, específicamente en el Sector Chupas, Distrito de Chiara, Provincia de Huamanga en Ayacucho, debido a las progresivas lluvias y alta humedad, señaladas en el informe del año 2018.

Según un informe publicado por el Banco Central de Reserva del Perú, Piura [BCRP], (2003). sobre Síntesis Lambayeque, señala que en la producción agrícola del Perú se mostraron problemas fitosanitarios en el cultivo de maíz, durante su crecimiento vegetativo y esto debido al marchitamiento, provocado por *Erwinia chrysanthemi*.

El desenvolvimiento de la investigación es originado por el interés de determinar cuál de los 4 híbridos comerciales de maíz amarillo duro: INIA 619, DEKALB 7508, ATLAS 777 y DEKALB 7500, resulta ser el más tolerante a esta enfermedad, que es más conocida como “**LA HELADA**” por los agricultores maiceros de la zona de Santa Clara- Pítipa- Ferreñafe. En campos de cultivo la característica principal de *Erwinia chrysanthemi*, hoy denominada *Dickeya sp*, es que ataca mayormente a plantas jóvenes de maíz. Uno de los síntomas que se percibe en las plantas enfermas es la apariencia de cogollos amarillos, los cuáles tienden a desglosarse del tallo. En la base del cogollo el tejido se torna blando, de un color crema y viene presentado un

hedor fétido. La mayoría de los pobladores de esta localidad se dedican a la agricultura, y su mayor producción se centra en el cultivo de maíz. El primer reporte de esta enfermedad, fue en el 2003 y con ayuda de diferentes entidades se trató de efectuar estudios de la bacteria para poder identificarla. El daño que causa este es muy alto y provoca grandes pérdidas económicas en el sector agrario, por la reducción del rendimiento de sus cosechas, ya que, al embestir los campos de agricultores, estos, toman la decisión de utilizarlo como forraje al sector ganadero y así, la pérdida no sea total.

La investigación se desarrolló exponiendo el siguiente problema: ¿Qué híbrido de maíz amarillo duro es más tolerante a *Erwinia chrysanthemi* en condiciones de invernadero?, para lo cual se planteó como hipótesis que al menos un híbrido comercial de maíz amarillo duro es tolerante a *Erwinia chrysanthemi* en algún punto de inoculación. Así mismo se planteó como objetivo general; identificar el híbrido más tolerante a *Erwinia chrysanthemi* y los objetivos específicos: Determinar en qué etapas(s) fenológicas de los 4 híbridos comerciales de maíz amarillo duro es más tolerante a *Erwinia chrysanthemi* en condiciones de invernadero, determinar el grado de incidencia y severidad de *Erwinia chrysanthemi* y reconocer e identificar en invernadero los síntomas y signos de *Erwinia chrysanthemi*.

De esta manera los productores de maíz de la zona de Santa Clara, se encontrarán orientados a mejorar la producción en cuanto a rendimientos y calidad. Socialmente, permitirá que los agricultores cuenten con una nueva tecnología para el manejo de esta enfermedad y así evitar pérdidas económicas, abastecer el mercado local, o de consumo familiar.

La importancia de la investigación es contribuir mediante las conclusiones a todos los agricultores maiceros de dicha zona, brindando la información simple y específica de cuál de estos cuatro híbridos resulta ser el más tolerante a este patógeno.

## Capítulo I: Diseño teórico

### 1.1. Antecedentes de la investigación

Si bien en realidad son irrisorios los estudios que se han realizado sobre *Erwinia chrysanthemi* (*Dickeya dadantii*) en el cultivo de maíz, siendo esta una de las trascendentales enfermedades que ocasiona y provoca daños económicos en la producción, debido a las pérdidas de rendimiento; se han hallado algunas investigaciones haciendo referencia al tipo de metodología empleado para la identificación y aislamiento de la cepa de este patógeno en maíz y en otras especies, así como también investigaciones sobre la evaluación de la resistencia de líneas de maíz ante *Erwinia chrysanthemi*, en el continente americano como; Brasil, México, Chile, Bolivia, Ecuador y Perú, también en el continente asiático como en ;Indonesia, Filipinas y China.

Suriani, Patandjengi, & Junaid (2021), en el artículo científico que habla de la pudrición del tallo en maíz, realizado y publicado en Indonesia, el cual se basó en; elaborar pruebas patológicas virulentas de *Dickeya zea*, pruebas bioquímicas para estudiar la fisiología del patógeno y así observar la actividad enzimática, y por último pruebas moleculares para adquirir data precisa sobre la bacteria, quien ocasiona bajas, en cuanto al rendimiento del maíz, por la complicación del paso de nutrientes de raíces a diferentes partes de la planta, desencadenando así que el tejido interno de esta se infecte y se pudra. Los resultados indicaron que; según la prueba patológica la bacteria es de alta virulencia, esto debido a que es capaz de provocar rápidos síntomas, pudriendo los tejidos vegetales, gracias al factor de secretar enzimas, como; zeaminas fitotóxicas, enzimas extracelulares, enzimas proteasa, feruloil esterasa y celulasa, seguido de la prueba molecular que demostró que la enfermedad reportada en Indonesia causante de la

podrición del tallo, es ocasionada por *Dickeya zae*, antes conocida como *Erwinia chrysanthemi* (patógeno que también causó daños en el cultivo de piña y aloe vera), y finalmente las pruebas bioquímicas arrojaron, que es una bacteria Gram negativa, anaerobia, facultativa, que produce catalasa y lecitinasa, pero que no produce oxidasa ni arginina deshidrolasa, y que es capaz de disminuir el nitrato y crecer en 37°C, provocando que la pared celular se degrade.

Aguilar (2021), en su artículo de investigación sobre los síntomas de la pudrición blanda del banano en el pseudotallo y alternativas para su control, donde menciona que dicha enfermedad provocada por *Erwinia chrysanthemi*, ocasiona graves daños y pérdidas económicas en Perú. La investigación se perpetró en el Valle del Chira y en el laboratorio de la Universidad Nacional de Piura, con el propósito de lograr la identificación del ente patógeno que provoca la pudrición blanda en banano y escoger algunas alternativas para su control. La metodología constó en recolectar pequeñas muestras de tejidos de plantas de banano infectadas con sintomatología de la enfermedad, muestras que provenían de 11 áreas en producción del Valle del Chira, para ser llevadas y analizadas en laboratorio. A través de los resultados de la prueba de patogenicidad, se identificó a *Erwinia chrysanthemi*, ya que todos los aislamientos tenían forma de bacilo, con flagelos peritricos, las pruebas bioquímicas reaccionaron positivamente “a la catalasa, hidrólisis de gelatina, fermentación de glucosa y lactosa, y tolerancia al NaCl 5%” y finalmente se llegó a la conclusión de que el utilizar hijuelos de buena calidad, una fertilización apropiada y aplicando materia orgánica, más biocontroladores y teniendo un eficaz control del picudo (*Cosmopolites sordidu*), certificarán un mejor manejo de la enfermedad en el cultivo de banano.

Según Martínez (2021), en el artículo sobre las enfermedades del maíz en Ecuador, comenta que, entre una de las primordiales que ataca al maíz se encuentra *Erwinia chrysanthemi*,

por lo que en este artículo se menciona a la bacteria, describiendo la sintomatología de la enfermedad en plantas jóvenes de maíz, como es la pudrición de los cogollos, con un aspecto acuoso, el cual se desprende fácilmente del tallo, también muestra un olor fétido y los tallos tienden a ser delgados con lesiones de color marrón.

Silva (2020), en la tesis de magister sobre *Dickeya zeae* y maíz dulce, que se desarrolló en la; “Estación Experimental de Hortalizas de Universidad Federal de Uberlandia (UFU), en el Campus Monte Carmelo”, en Brasil, con el objetivo de seleccionar genotipos de maíz dulce, tomando en cuenta índices, caracteres agronómicos, organolépticos, y finalmente se evaluó la reacción de los genotipos más promisorios a *Dickeya zeae*. La investigación se llegó a ejecutar en 2 partes, la primera fue en campo, específicamente en el Campus Monte Carmelo, realizándose una selección de genotipos como; índice basado en la sumatoria de rangos, en la cual se manejó un DBCA, con 18 tratamientos y 3 repeticiones, también se realizó evaluaciones a los genotipos de maíz dulce, empleando el programa estadístico “Genes”; siendo la segunda parte realizada en el invernadero de la UFU, en el Campus Umuarama, usándose un DBCA, con un bosquejo factorial de 11x2 y con 4 repeticiones, los tratamientos se fundamentaron en genotipos seleccionados pertenecientes al Banco de Germoplasma Vegetal UFU; L2P1, L2P11, L2P33, L2P37, L2P45, L3P27, L4P19, L5P3, L5P18 y L5P42, más un híbrido de maíz comercial (AS1633), susceptible a la bacteria *Dickeya zeae* y dos aislamientos de la bacteria; UFU J23 y UFU H113, donde se determinó el periodo de incubación de la bacteria, mediante la longitud de la lesión, a los genotipos inoculados, también la gravedad y la curva de proceso de la enfermedad, todo esto se determinó bajo los programas estadísticos R. y SigmaPlot. Los resultados y discusión arrojaron que; el método de selección no fue el esperado, pero se llegaron a seleccionar los genotipos: L2P1, L2P11, L2P37, L2P45 y L4P19, por poseer un mejor

rendimiento con respecto a caracteres, al igual que ningún genotipo evaluado fue resistente a *Dickeya zea*, no obstante, algunos genotipos fueron catalogados como prudentemente susceptibles, recomendando que se puede realizar otra investigación con diferentes genotipos del banco de germoplasma de la (UFU).

Viera (2018), en la tesis de pregrado que data sobre la pudrición blanda del banano en Piura, con el objetivo de calcular el efecto a nivel de in vitro y en campo el utilizar productos comerciales y manejo agronómicas que ayude a la diseminación de *Pectobacterium chrysanthemi* agente causal de la pudrición blanda en el cultivo de banano, se empleó una investigación experimental, tuvo 7 tratamientos con 7 bloques (repeticiones), distribuidas en la parcela, con un (DBCA) Diseño Bloques Completamente al azar, y los resultados fueron sometidos al análisis de varianza (ANAVA), junto con la prueba de comparación de medias de Duncan (0.05), los cuadros y gráficos se procesaron en Excel. Se menciona que, en Piura, el patógeno que provoca baja productividad y muchas pérdidas económicas (degrada órganos y causa marchitamiento vascular, donde coloniza al xilema de la planta), es por ello que la tesis muestra el resultado a nivel in vitro en campo, sobre productos tipo comerciales y actividades de carácter agronómica, en el cultivo de banano. Se afirma que la bacteria puede sobrevivir hasta diez semanas en el suelo o restos de ganado y ser favorecida por altas temperaturas (25-30 ° C) y humedad. Su propagación también se da por material infectado (reproducción vegetativa). Manchas amarillentas acuosas, translúcidas, sin ubicación exacta para su desarrollo en la planta; finalmente, las zonas dañadas toman un color oscuro y emite un líquido de olor fétido, estos son algunos síntomas de la enfermedad. Los tratamientos, que no presentaron estadísticamente diferencia significativa entre ellos fueron: los productos comerciales Genuino, Scudo, Serenade, Fertil Cooper, y Fer Eco Cooper, a dosis baja y los mismos productos a dosis media,

demostrándose la eficiencia de los productos, con respecto a su actividad inhibitoria del crecimiento de la colonia bacteriana, superando significativamente ( $P \leq 0.05$ ) a Fx 31 y al testigo. A dosis alta donde el tratamiento con el producto Scudo estadísticamente, presentó diferencia significativa frente a los otros tratamientos, demostrándose la eficiencia de este producto en la actividad inhibitoria del crecimiento de la colonia bacteriana, superando significativamente ( $P \leq 0.05$ ) al testigo. A nivel in vitro se obtuvo mayor inhibición y colonización con Scudo y Serenade a dosis de 250 ml y 1.25 l/cil.de agua, respectivamente. Se registró menor severidad en campo con Scudo y Serenade a 200 y 1 l (ml/cil.de agua).

Liu, Xiao, & Wu (2016), en el artículo de revista sobre identificar la bacteria causante de la pudrición de la vaina del banano, comenta que la enfermedad ocasiona mermas significativas en la producción del banano en China, por lo cual el objeto de estudio en el artículo fue identificar 20 cepas de 5 provincias distintas de China. Los resultados evidenciaron que las cepas eran análogas a *Dickeya dadantii*, ya que 18 de ellas fueron afirmadas por los postulados de Koch y las otras dos analizadas de manera morfológica, fisiológica, bioquímica y molecular, determinando así que la bacteria causante de la infección de las partes medias y bajas de la vaina de las hojas, que provocan manchas negras, llevando a estas a la pudrición y muerte del banano, más conocida como la enfermedad de la pudrición de la vaina, es ocasionada por *Dickeya dadantii*.

Marín (2012), menciona que existen condiciones climáticas desfavorables para que sus cultivos se desarrollen y crezcan, en este caso para el maíz en Chile, ya que presenta suelos salinos y exceso de boro. Esto se ha vuelto un problema de manejar en cuanto a la producción, pero existen métodos que aportan a un buen manejo en campo y que sea rentable, como por ejemplo trabajar con variedades de maíz que toleren dichos factores. Uno de los problemas en el maíz de esta zona es aquella que causa la pudrición blanda del mal olor a nivel del tallo,



ocasionada por *Erwinia chrysanthemi*, cuyos factores que ayudan a su dispersión son: alta humedad, temperaturas elevadas, aguas estancadas (en cuanto al riego), semillas, aguas y herramientas contaminadas por dicho patógeno y restos vegetales anteriores a la siembra. Algunos de sus síntomas son la podredumbre en la zona del tallo (cuarto al quinto nudo), esto es provocado por la degradación interna del tejido vegetal, hasta que finalmente la planta llegue a colapsar. Es recomendable no utilizar el campo, hasta no haber transcurrido mínimo unos 3 años, en el caso de que la producción anterior haya sufrido el ataque de esta enfermedad, también se sugiere desinfectar maquinaria, herramientas que serán utilizados en la próxima siembra.

Peralta (2011), como se citó en Archila (2019), en la tesis de magister que habla sobre el reconocimiento de *Erwinia chrysanthemi* en el cultivo de maíz en la ciudad de México, con el objetivo de caracterizar 11 cepas del patógeno de *Erwinia chrysanthemi*, aisladas de maíz en el estado de Morelos, México y asociadas al síntoma de pudrición de tallo del maíz mediante pruebas bioquímicas, fisiológicas y moleculares (PCR y PCR en tiempo real). Se extrajo el ADN del patógeno y se efectuó PCR usando los iniciadores ADE1 y ADE2, planteados para *Erwinia chrysanthemi*. La identificación de la bacteria se elaboró a través de pruebas bioquímicas y ratificado con PCR, ya que es una elección rápida para detectar agentes fitopatógenos. Dicha técnica PCR, ha permitido que, en un tiempo real, se detecte a nivel de especie. Se concluye en la investigación, la presencia de *Erwinia chrysanthemi* como especie, gracias a las pruebas de PCR en tiempo real (por medio de pruebas bioquímicas y de carácter fisiológicas), también cabe la posibilidad de identificar la cepa hasta el nivel de patovar como *Erwinia chrysanthemi* pv *zeae* en las muestras analizadas.

Nuning & Salazar (2007), en la investigación acerca de la resistencia a *Pectobacterium chrysanthemi* pv. En el cultivo de maíz, publicada en la revista de Indonesia de Ciencias Agrícolas, realizada en la “Estación experimental de la Universidad de Filipinas Los Baños e Instituto de Fitomejoramiento”, esta investigación estuvo orientada a determinar la capacidad de cruzamiento entre líneas de maíz y el grado no aditivo y aditivo genéticos en dichas líneas de maíz, con una categoría de reacción ante la bacteria (incidencia), para el experimento se utilizaron como materiales 6 líneas endogámicas de maíz provenientes del Instituto de Fitomejoramiento Los Baños y el CIMMYT. Las 4 primeras líneas resistentes (S3YB 137-1-1-B, TUPI (S3) 5-1-B, TUPI (S3) 15-2-B y 97-835) y las otras 2 susceptibles (CML 295 y 97-733). Todas las líneas fueron sembradas en la Universidad de Filipinas en etapa de lluvia entre el 2002 y 2003. El método utilizado fue un DBCA con 2 repeticiones, con un análisis de varianza Anova. Las semillas F1 fueron sembradas en placas Petri una semana antes de la siembra en bolsas de polietileno, después fueron inoculadas con 8 semanas de edad antes de floración, con la bacteria a una dosis de 20ml, en la zona basal de la planta y en suelo saturado de humedad. En el resultado se observó que en la primera semana posterior a la inoculación, las plantas presentaron una necrosis en la zona infectada, sucediendo lo mismo pero a mayor en mayor área desde la segunda y tercera semana, acompañado de un mal olor y pudrición, finalizando en la quinta semana con la muerte y secamiento de las plantas, siendo S3YB 137-1-1-B y 97-733, susceptibles a la bacteria a partir de la semana 1 de inoculación, pero el desarrollo de la enfermedad aumentó lentamente, sin embargo TUPI (S3) 15-2-B demostró menor incidencia en semana 1 de inoculación, pero incrementó velozmente después de la semana 2, mientras que 97-835 dio a notar un bajo progreso de la enfermedad, hasta que en la semana número 4 demostró una gran incidencia del patógeno; indicando así que la resistencia a la bacteria, se deba a la

capacidad de retrasar el desarrollo de la enfermedad. En conclusión, los efectos aditivos tuvieron mayor importancia que los efectos no aditivos genéticos en la expresión de resistencia, siendo los mejores padres combinadores resistentes a la bacteria; S3YB 137-1-1-B, TUPI (S3) 5-1-B y TUPI (S3) 5-1-B x 97-835, pudiendo ser estos materiales que prometen en un mejoramiento de híbridos.

Según el CIMMYT (1997), en su publicación a cerca de determinación de enfermedades en maíz, señala que, el maíz es atacado por diversas enfermedades y en particular, en la zona subtropical de Bolivia, una de los patógenos que ataca al tallo en maíz, es *Erwinia chrysanthemi*, quien es conocida como "la pudrición húmeda del tallo". Esta bacteria al igual que otras enfermedades ocasionan daños de hasta un 20% en la producción a nivel económico. La información de que esta bacteria se haya diseminado en el Valle alto de Cochabamba, Valle Hermosa y Carcaje, es gracias a las investigaciones en la "Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinaria".

En el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en Santa Catalina del Ecuador en (1980), se elaboró un experimento sobre el volcamiento en maíz, que provoca el marchitamiento del maíz, presentando pudrición en los tallos, olor fétido en la zona afectada, hasta el secamiento y caída de la planta, el propósito del experimento fue identificar el agente causal de la enfermedad del Volcamiento del maíz y encontrar fuentes de resistencia del ataque. Los métodos fueron; aislamiento, identificación y la resistencia varietal. Se recolectó material infectado con la enfermedad, de las provincias de; Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua y Chimborazo, también se generaron pruebas de patogenicidad a 33 líneas de maíz, tomando 5 plantas al azar de cada variedad (4 con la bacteria a una dosis de  $0.05 \times 10^9$  cel/ml y 1 planta testigo inoculada con agua destilada), teniendo un total de 185 plantas inoculadas con la bacteria.

Con el material infectado a plantas de maíz sanas, se evaluó su resistencia a dicha bacteria. Para el aislamiento de la bacteria, se hizo cortes de 2x1 cm de la zona más afectada y con síntomas de la enfermedad, luego el material cortado fue sumergido por dos horas en agua destilada y al final se colocaron en placas Petri con agar nutritivo, por un tiempo de 48 horas y a una temperatura de 28°C. Con respecto a la prueba de patogenicidad, la inoculación de la bacteria hacia plantas sanas se llevó a cabo en plantas de 2 meses de edad, se inoculó en tallos de maíz y en los cogollos, y se almacenaron en un ambiente entre rangos de temperaturas de 20°C y 32°C. Se tomó en cuenta las características morfológicas (tinción Gram, tamaño, dimensiones, presencia de flagelos y movilidad de la bacteria), culturales (Agar en medio levadura, dextrosa Carbonato de calcio) y características fisiológicas con actividad bioquímica (diferenciación de carbohidratos fermentativos y reacción de hipersensibilidad), para la identificación del patógeno. Por último, en lo concerniente a la resistencia varietal se consideró el tamaño de la herida y la etapa o época de la aparición del síntoma de la enfermedad. En los resultados y discusión mencionan que, a través de las pruebas bioquímicas, sí se logró identificar y reconocer a la bacteria como *Erwinia chrysanthemi*, por pertenecer a la familia de los Enterobacteriaceae, y ser bacilos Gram negativos, anaeróbicos facultativos, causante de la enfermedad del volcamiento del maíz, también se logró reconocer fuentes de resistencia del ataque de *Erwinia*, como lo son los periodos o etapas de infección. Todo el material inoculado, a los 18 días, que presentó 100% de infección, fue designado como susceptible y en esta categoría se encuentran 28 líneas de maíz, y en el caso de los maíces catalogados como más resistentes, se mencionan 5 variedades o líneas; “A”- Amarillo duro precoz, “B”- Amarillo duro precoz, Amarillo duro precoz (mezcla de familias), INIAP-125 e INIAP-153 (Unda et al, 1986).

## **1.2. Bases teóricas:**

### ***1.2.1. El cultivo de maíz***

#### **1.2.1.1 Origen**

Planta gramínea, oriunda de México y domesticada en poblaciones indígenas, desde hace más de 9 000 años, siendo esta interpuesta a Europa aproximadamente en el siglo XVII (Biointeractive, 2016).

En los últimos años, ha coexistido un aumento significativo sobre rendimientos de cereales en el planeta, debido al mejoramiento genético, el manejo y tecnologías. Su origen se dió en las montañas y valles de México, gracias a la participación de los antiguos pobladores, donde a lo largo del proceso evolutivo, la llevó a ser una de las plantas cultivadas con amplia variedad genética, aproximadamente de unas 50 razas nativas, liderando todavía en este país (Kato et al., 2009).

Otra teoría, es que habría sido ocasionado en los Andes de Bolivia y Ecuador. Esta suposición se justifica por la presencia de maíz reventón en América del Sur y su extensa variabilidad genética Andina de las zonas altas del Perú, pero una discusión a esta teoría es que se desconoce algún tipo de pariente salvaje de maíz en el Perú (Paliwal, 2001).

El maíz se introdujo en Europa por descubridores americanos. Primero se sembró en España, donde se pudo extender con facilidad por toda la cuenca Mediterránea y adaptarse a condiciones climáticas diversas, se cultiva en todos los continentes y regiones de zonas cálidas, templadas y zonas húmedas subtropicales (Guerrero, 1999).

### **1.2.1.2 Importancia del maíz**

Se distingue por ser uno de los más importantes cereales al rededor del mundo, con máximos volúmenes en cuanto a producción. (FAO,2020).

Es ilimitado el volumen de producción de maíz en el mundo, al igual que la función que desempeña como alimento para los seres, siendo materia prima para: elaboración de harinas precocidas, aceites, alimentos balanceados para animales, productos alimenticios e industriales como golosinas, edulcorantes, bebidas refrescantes y alcohólicas. También sirve como combustible en la producción de etanol para vehículos, en la industria farmacéutica, cosmética, ropa, calzado, plásticos, lubricantes del petróleo, producción de caucho sintético, como fertilizantes orgánicos de algas marinas, entre otras cosas (Ranum, et al., 2014).

### **1.2.1.3 Clasificación Taxonómica del maíz:**

Según Blanco (2018):

- Reino : Plantae
- División : Magnoliophyta
- Clase : Liliopsida
- Subclase : Commelinidae
- Orden : Poales
- Familia : Poaceae
- Subfamilia : Panicoideae

- Tribu : Andropogoneae
- Género : Zea
- Especie : Zea mays.

#### **1.2.1.4. Perspectivas del Maíz Amarillo Duro (MAD)**

Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego MINAGRI (2021), menciona que; se presencia un aumento sobre el consumo a nivel mundial del 2,3%, en relación al aumento de importaciones dado por un 7. Es de notable el carácter creciente de precios a nivel internacional, y ello se da, porque en China existe un acrecentamiento de la demanda. En la actualidad los precios mundiales se tasan, aproximadamente entre 285,3 dólares el maíz argentino y 327 dólares el americano. En la realidad nacional, la producción ha decaído en el año 2020 en 11,4%, al registrarse 1,13 millones de toneladas. En el primer trimestre del 2021, se registró una disminución de 6,2 %. En otro ámbito, el precio brindado al agricultor o productores, siguen en constante mejora, ya que se ha evaluado un promedio aproximado de S/1,20 por Kg en abril, a ello se refiere al 17% más en relación al valor que se ha registrado en el mismo mes del año 2020. No obstante, entre agosto y marzo, sobre la campaña agrícola 2020-2021, se pudo registrar una disminución del 6,3%, en referencia a campañas anteriores. En las importaciones del 2020, se comprendió una disminución del 6%, donde se registró 3,74 millones de (T). En el 2021, se notó una reducción del volumen de las importaciones (-0.7%); pero el valor de las mismas aumentó en 49,6%, ello gracias al crecimiento de los precios de carácter internacional.

### 1.2.1.5. Producción y Comercio Mundial

Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), en el 2021, se revisó la eficacia de la producción. Ha crecido la estimación en 5,4 % a 1189,8 millones de (T). Esta subida de carácter mundial tiene sustento en la mayoría de cosechas, por el importante productor de (MAD) quien es; Estados Unidos, contando con 20,5 millones de (T), es decir 5,7% más sobre la campaña 2021-2022, por lo que crecería su producción de 360,3 millones de (T) a un aproximado de 380,8 millones de (T) en conexión a la campaña anterior. Es EE. UU, quien toma la batuta sobre la producción a nivel internacional, continúa China y Brasil, dichos países comprenden un aproximado del 64% de la producción mundial, observados en la tabla 1.

**Tabla 1.**

*Países productores de maíz amarillo duro.*

PAÍSES	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/2022
1 United States	345 506	384 778	371 096	364 262	345 962	360 252	380 764
2 China	264 992	263 613	259 071	257 174	260 779	260 670	268 000
3 Brazil	67 000	98 500	82 000	101 000	102 000	102 000	118 000
4 European Union	58 748	61 909	62 021	64 351	66 735	63 975	66 700
5 Argentina	29 500	41 000	32 000	51 000	51 000	47 000	51 000
6 Ukraine	23 333	27 969	24 115	35 805	35 887	30 297	37 500
7 India	22 567	25 900	28 753	27 715	28 766	30 200	29 500
8 México	25 971	27 575	27 569	27 671	26 658	27 000	28 000
9 South Africa	8 214	17 551	13 104	11 824	15 844	17 000	17 000
10 Russia	13 168	15 305	13 201	11 415	14 275	13 872	14 900
42 Perú	1 746	1 510	1 523	1 579	1 552	1 400	1 450

*Nota.* Producción mundial de maíz amarillo duro. Fuente: USDA - al 10 de mayo 2021.



El consumo de los últimos 3 años, fue superior en escala productiva mundial, a pesar de ello, la estimación nueva con respecto a la mejoría de producción mundial para la campaña próxima, estaría por encima de lo consumido. Entonces reducirá el uso de los stocks disponibles, en donde se liberaría la presión en el incremento de los precios y de forma muy probable una reducción de su cotización (MINAGRI, 2021).

Según el Ministerio de Agricultura y Riego (2021), la producción en toneladas de maíz amarillo duro, de los principales departamentos en el Perú son mostrados en la tabla 2.

**Tabla 2.**

*Departamentos productores de maíz amarillo duro en el Perú.*

<b>DEPARTAMENTOS</b>	<b>2018 (Toneladas)</b>	<b>2019 (Toneladas)</b>
Amazonas	31260	32797
Ancash	214096	200312
Apurímac	4331	4764
Arequipa	1554	1956
Ayacucho	1792	2869
Cajamarca	65852	72087
Cusco	5402	5386
Huancavelica	1573	1330
Huánuco	42962	38993
Ica	204901	200175
Junín	22895	25076
La Libertad	106491	123382
Lambayeque	98649	82030
Lima	130719	141287
Loreto	118336	108510
Madre de Dios	19226	19937

Moquegua	211	199
Pasco	6465	5993
Piura	46845	60088
Puno	4240	4316
San Martín	110450	111075
Tacna	78	14
Tumbes	1149	3738
Ucayali	26553	25512
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>1266030</b>	<b>1271826</b>

*Nota.* Producción en toneladas de maíz amarillo según departamentos en el Perú entre el 2018 y 2019. Fuente: MINAGRI-DGESEP-DEA.

#### **1.2.1.6 Maíz Amarillo Duro en el Perú**

Tiende a sembrarse prácticamente todos los años en el Perú, de forma particular en la costa peruana. Cultivo momentáneo cuyo periodo vegetativo es de 4.5 a 5.5 meses dependiendo de la variedad. La siembra y cosecha se da mediante todo el año, teniendo siembras, en setiembre, febrero y cosechas en junio y diciembre (MINAGRI, 2020).

En el Norte del país; Piura, La libertad y Lambayeque, se siembra maíz desde diciembre hasta abril, cambiando por la disposición del agua de regadío de forma que se presentan las cosechas, de mayo a setiembre. En Lambayeque, la productividad del maíz amarillo duro en julio del 2020, fue de dos mil novecientos veintiséis (t) y bajó en un 71,7%, con relación a julio del 2019, alcanzando 10 mil 343 toneladas. En Lima y Callao la productividad del maíz amarillo duro, en julio del 2020, logró diecinueve mil novecientos sesenta y ocho (t) y bajó a 13,1%, en relación a similar mes de 2019, que pudo registrar veintidós mil novecientos setenta y tres (t). En

Loreto de igual forma, la producción logró 3 mil 537 toneladas y se incrementó en 6,4% con relación a igual mes de 2019, alcanzando 3 mil 324 toneladas (Instituto nacional de estadística e informática [INEI], 2020).

#### **1.2.1.7 Maíz Híbrido**

La obtención de nuevos híbridos de maíz depende del número y arreglo de las líneas puras paternas, además estos deben acompañarse con buenas prácticas de manejo en campo. Los híbridos únicamente podrán alcanzar su máximo potencial en suelos con cantidades balanceadas de nutrientes. Genéticamente, estos deben poseer resistencia y tolerancia de altas densidades, al frío, calor, sequía, insectos y enfermedades (Espíritu, 2018).

#### **1.2.1.8 Morfología del maíz**

Según Fajardo (2015), comenta que es aquella planta monoica, herbácea, con células que contienen  $2n$  cromosomas, esta comprende un gran proceso vegetativo, alcanza hasta 5m de altura (lo común se comprende de 2 a 2.5m), se caracteriza por tener un tallo macizo y nudoso, lleva hasta 30 hojas largas, con un ancho de 4cm a 10cm y una longitud de 50 cm.

- Raíz: primer elemento que germina cuando la semilla surge. El sistema radicular tiende a ser fasciculado y amplio, elemento principal de la planta (Mejía, 2008).

- Tallo: su sección comprende una forma circular, sin embargo, desde la base a la inserción de la mazorca se percibe una depresión que es de forma constante más profunda, a medida que se va alejando del suelo (Mejía, 2008).

- Hojas: Parsons (1988), difiere que la vaina de la hoja crea alrededor del entrenudo una forma de cilindro teniendo los extremos desnudos, el color más común es verde y el N° de hojas por planta es de 8 a 25.

- Inflorescencia: Maroto & Vicente (1998), menciona que la planta presenta inflorescencia masculina y femenina. La masculina es aquella panícula de color amarillo que comprende de 20 a 25 millones de granos de polen, a su vez cada flor que contiene la panícula tiene 3 estambres, en el cual se desenvuelve el polen. Por otro lado, la segunda al momento de la fecundación por granos de polen se conoce como mazorca.

- Grano: (semilla o cariósido); capa que protege y rodea el fruto en relación al pericarpio, aquella estructura que se encuentra situada por sobre la testa de la semilla (Rinche, 2008).

#### **1.2.1.9 Etapas de crecimiento del maíz:**

Compuesta por una secuencia ordenada de etapas o fases, dividida en etapa vegetativa y de reproducción (Tabla 3):

**Tabla 3.***Fenología del maíz.*

<b>Fases</b>	<b>Días</b>	<b>Características</b>
VE	5	El coleóptilo brota de la superficie del suelo
V1	9	Es perceptible el cuello de la primera hoja.
V2	12	Se manifiesta el cuello de la segunda hoja.
Vn		Se hace notar el cuello de la hoja “n” (entre 16 y 22 hojas)
VT	55	Es completamente visible la última rama de la panoja.
R0	57	Antesis o floración masculina, el polen se empieza a expulsar.
R1	59	Se ven los estigmas.
R2	71	Los granos son llenados con líquido claro y se visualiza el embrión.
R3	80	Fase lechosa. Los granos son llenados con líquido lechoso blanco.
R4	90	Fase masosa. Los granos llenados con una pasta blanca.
R5	102	Fase dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada.
R6	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.

*Nota.* Ciclo de la vida del maíz según fases. Fuente: Semillas valle (2022).

### **1.2.1.10 Enfermedades en el Maíz**

El húmedo y cálido clima en donde se desarrolla una buena parte del maíz sobre los trópicos, es de carácter beneficioso sobre el progreso y difusión de patógenos que causan diferentes enfermedades. No obstante, el maíz se ha cultivado y se cultiva sobre diferentes ambientes tropicales; teniendo como ejemplo; que cuando el maíz se encuentra en tierras altas se cultiva en áreas muy cerradas en donde diferentes razas de patógenos han seguido existiendo con el maíz por varios siglos. Diversas enfermedades tienen carácter universal y se dan lugar en casi todos los entornos ambientales en que se pueda cultivar el maíz; incluyendo tizones, las royas, manchas de hojas, tallos y sobre la pudrición de la panoja, existen varias enfermedades que tiene una relevancia regional, y que tienden o pueden alcanzar a tener pérdidas de carácter económicas. (Paliwal, 2001).

Como es el caso de la enfermedad de la pudrición de tallo o también llamada bacteriosis, provocada por la bacteria *Erwinia Chrysanthemi*.

### **1.2.2 Medición de enfermedades:**

Ivancovich & Lavilla (2016), comenta que cuantificar las enfermedades, que atacan a los cultivos es sumamente sustancial, para elaborar tácticas, ya sea para su control, manejo o prevención y evidenciar la dimensión de las pérdidas económicas, que estas causan. La Patometría es la ciencia y rama de la Fitopatología que investiga evaluar y precisar de forma cuantitativa o cualitativa una enfermedad, ya sea en el campo o en condición controlada. Una de las maneras de evaluar una enfermedad es midiendo la incidencia y severidad, que esta ocasiona a la planta.

### **1.2.2.1. Incidencia**

Porcentaje o simetría, en este caso de las plantas enfermas en relación al total, esto se determina evaluando la presencia o no de la enfermedad. El utilizar este parámetro para algún cultivo específico es de mucha ayuda, porque con él se puede estudiar la rapidez y proceso de avance de cualquier enfermedad. La incidencia es objetiva, fácil de calcular (Ivancovich & Lavilla, 2016).

Según Gamboa (2018), empleando la siguiente fórmula se calcula el (%) de incidencia:

$$I\% = \frac{\text{Total de plantas enfermas}}{\text{Total de plantas muestradas}} \times 100$$

### **1.2.2.2. Severidad:**

Representa el porcentaje de área afectada o enferma por el patógeno, puede darse en cualquier órgano de la planta como, por ejemplo; hojas, tallos, raíces y entre un rango de 0% a 100%, y es determinada a través de fórmula. La evaluación de la severidad en más amplia, se puede medir o categorizar también mediante grados, ya que expresa con exactitud la relación entre la enfermedad y el daño provocado hacia el cultivo (Ivancovich & Lavilla, 2016).

Pero este parámetro también puede ser calculado a través de nuevos softwares o sistemas aplicativos, que poseen cámaras que escanean y determinan el porcentaje de área dañada del órgano de la planta.

Según Nutter, Esker, & Netto (2007), describe y menciona en su artículo científico patológico, que el porcentaje de severidad se calcula mediante la siguiente fórmula):

$$S\% = \frac{\text{Área afectada}}{\text{Área total}} \times 100$$

Según SENASA (2022), para medir la severidad en grados y porcentajes se utiliza la tabla de Gaiül modificada por Stover y se puede apreciar en la Tabla 4:

**Tabla 4.**

*Grados de severidad según el porcentaje de área foliar dañado.*

Grado	Descripción
0	Sin síntoma
1	menor al 1% de lámina foliar con síntomas
2	1 al 5 % de la lámina foliar con síntomas
3	5 al 15 % de lámina foliar con síntomas
4	16 al 33 % de lámina foliar con síntomas
5	34 al 50% de lámina foliar con síntomas
6	mayor al 51 % de lámina foliar con síntomas

*Nota.* Tabla según el grado de porcentaje de severidad. Fuente: SENASA (2022).

### **1.2.2.3 Tolerancia:**

Pagán & Arenal (2020), describen a la tolerancia como la disminución del ataque que ocasiona un hongo, virus o bacteria, ante cualquier planta, también la define como un “mecanismos de defensas”, que utilizan las plantas ante patógenos. La tolerancia se representa de manera cuantitativa. Existe una relación entre la tolerancia, el avance del mejoramiento genético de las plantas y la evolución entre el huésped y patógeno.



Para Velasco (1995), este término significa la habilidad que posee el huésped o planta, para conservar su desarrollo, a pesar de la infección que provoque una enfermedad.

Se puede conceptualizar también como la destreza de una línea de planta, que prohíbe la evolución o desarrollo de una enfermedad, es decir que ocasiona menores daños, al ser comparado con las variedades susceptibles en condiciones favorables ambientales. Una línea tolerante sí es capaz de presentar cierta sintomatología o daño, según la enfermedad (Falconseeds, 2020).

### **1.2.3. *Erwinia Chrysanthemi* (*Dickeya dadantii*)**

#### **1.2.3.1 Bacteriosis o Pudrición blanda (*Erwinia chysanthemi*)**

*Erwinia chrysanthemi*, llamada así anteriormente, pero en la actualidad se le atribuye el nombre de *Dickeya dadantii*, bacteria que domina una complejidad de diferentes hospedantes, es decir que daña diversidad de plantas y cada una con diferente patogenicidad. El género *Erwinia* ha sido reclasificado actualmente, como especies del género *Dickeya* (Samson, Legendre, & Christen, 2005).

Una de las características primordiales de *Erwinia chysanthemi* (*Dickeya sp.*), es que puede sobrevivir en restos vegetales y también en el suelo durante largo tiempo. Las bacterias de este tipo han sufrido magnos cambios en cuanto a su taxonomía, donde las especies que afectan el pseudo-tallo de un cultivo se han agrupado o denominado *Dickeya chrysanthemi*, *Erwinia chrysanthemi* y *Dickeya sp* (Ramírez, 2014).

Muchas especies del género *Dickeya* (*spp.*), que se desarrollan mejor en climas cálidos o templados, ocasionan enfermedades, como es la marchitez bacteriana, o también conocida como

marchitez lenta, en el caso del maíz, con síntomas de pudrición blanda, que afecta a la planta de manera vascular. (John Elphinstone, 2007).

*E. chrysanthemi* bacteria causante de la pudrición blanda o bacteriosis. Este patógeno degrada los órganos carnosos o suculentos de vegetales como; raíces, tubérculos, esquejes de tallo y hojas gruesas. Esta enfermedad provoca marchitamiento vascular, ya que es sistémica, porque coloniza el xilema dentro de la planta (CABI, EPPO, 2023).

*Dickeya dadantii* ocasiona marchitez bacteriana y podredumbre blanda, en una amplia diversidad de plantas como cultivos de hortalizas, cereales, tubérculos y ornamentales de gran importancia económica (Ma et al. 2007).

Este patógeno produce y emite enzimas como: liasas y poligalacturonasas, que degradan la pared celular, de las plantas. El principal componente de patogenicidad de dichas enzimas provoca que se maceren los tejidos vegetales (Barras et al. 1994).

Se ha observado que, dentro del tejido vegetal enfermo, las células de *Dickeya dadantii* son móviles. Se sabe que la mayoría de bacterias fitopatógenas, se movilizan a través de flagelos y esta motilidad contribuye a la virulencia del patógeno (Chesnokova et al. 1997; Mulholland et al. Alabama. 1993; Panopoulos y Schroth 1974; Tans-Kersten et al. 2001).

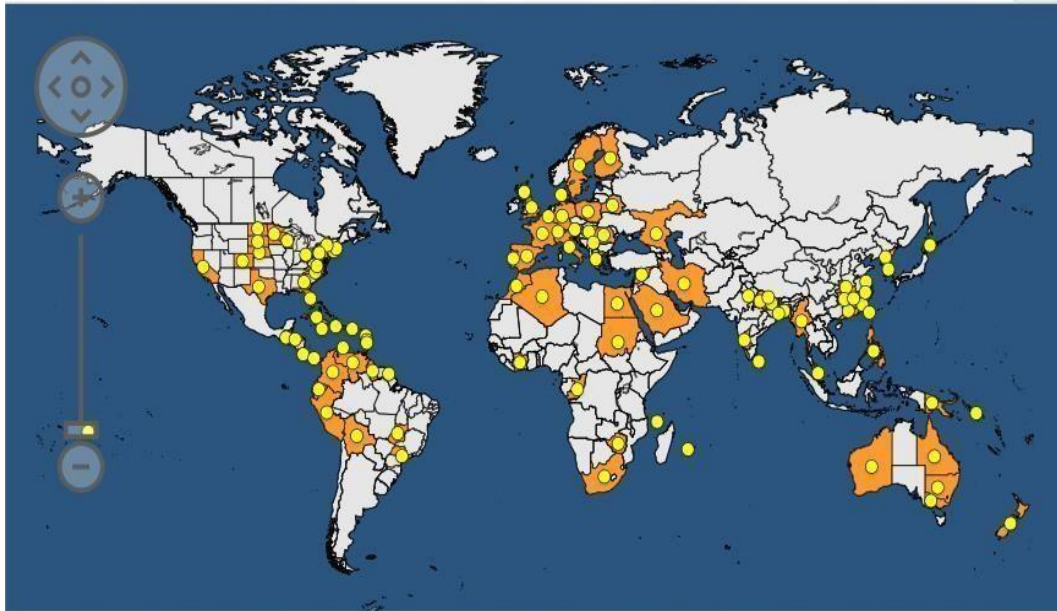
### **1.2.3.2 Distribución geográfica**

*Erwinia chrysanthemi* se distribuye a nivel mundial, como se aprecia en la figura 1, teniendo en cuenta que la sepa prospera en cualquier clima templado, así como en la mayor parte de América del sur: Colombia, Guayana Francesa, Venezuela, Perú, Brasil, entre otros, en dichos

países existe eficiente productividad en campo y a su vez en un invernadero (CABI, EPPO, 2023).

**Figura 1.**

*Distribución de Erwinia chrysanthemi.*



*Nota.* Se puede observar la aparición de la bacteria en el continente europeo, asiático, americano, africano y Oceanía. Fuente: EPPO (2021).

Según la EPPO (2021), a raíz de informes reportando la presencia y el ataque de dicho patógeno a diferentes hospedantes, entre ellos el cultivo de maíz, la bacteria se encuentra distribuida en los siguientes continentes;

Europa: Austria, Bielorrusia, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Francia, Alemania, Grecia, Suiza, Hungría, Italia, Países Bajos, Eslovaquia, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, Rusia, Serbia, España, Suecia y Reino Unido.

Asia: Bangladesh, India, Irán, Israel, Japón, Corea Democrática República Popular, República de Corea, Malasia (peninsular), Nepal, Filipinas, Sri Lanka, Taiwán.

América: Aruba, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Martinica Guayana Francesa, Puerto Rico, Guadalupe, Panamá, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, Perú, Santa Lucía y Estados Unidos de América (Florida, California, Colorado, California, Georgia, Massachusetts, Nebraska, Nueva York, Carolina del Norte, Dakota del Norte, Pensilvania, Texas, Virginia, Wisconsin.

África: Argelia, Comoras, Costa de Marfil, Congo, Egipto, Reunión, Sudán, Sudáfrica, Zimbabue.

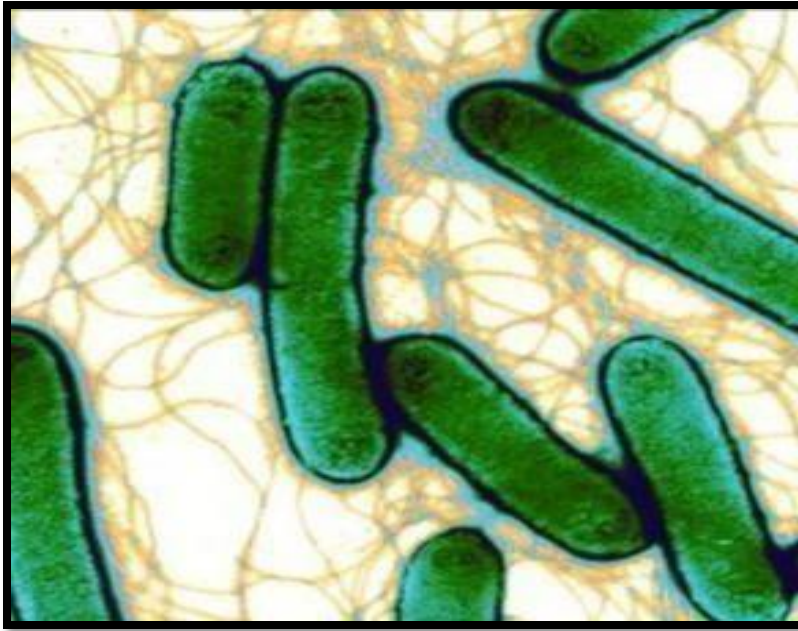
Oceanía: Australia, Cook Islas, Nueva Zelanda, Papúa Nueva Guinea, Islas Salomón.

### **1.2.3.3 Morfología de *Erwinia Chrysanthemi***

*Erwinia. chrysanthemi* es una bacteria, que se caracteriza por ser un bacilo móvil Gram-negativo, con extremos redondeados, provisto de flagelos peritricos, que tienden a variar de 0.5 - 1.0 x 1.0 – 3,0 micras, tal y como se observa en la figura 2. Las células se movilizan mediante flagelos y existen de 3 a 14, sin embargo, lo más común es de 8 a 11 flagelos por bacilo, quienes pueden aparecer solos, en parejas o de vez en cuando en cadena. (Duran, 2011).

## Figura 2.

*Morfología de la bacteria Erwinia Chrysanthemi.*



*Nota.* Bacilos con flagelos peritricos. Fuente: Gerena (2014).

En un medio de cultivo, como es en (PDA), se divisa colonias jóvenes de forma circular, lisas, con márgenes no regulares, que dependen de cuanta humedad contengan, sobre el entorno de crecimiento, como se muestra en la figura 3. Luego de un promedio de 5 o 4 días, estos diferentes tipos de colonias parecen un huevo frito, teniendo con un color rosado, forma redonda, centro elevado y lobuladas periferias, que en un futuro tendrán una apariencia plumosa (Ortiz, 2013).

**Figura 3.**

*Crecimiento de Erwinia Chrysanthemi.*



*Nota.* Bacteria conservada en medio de cultivo PDA, en placa petri. Fuente: Vasundhara & Thammaiah (2017).

**1.2.3.4 Clasificación taxonómica de *Erwinia chrysanthemi* (*Dickeya dadantii*):**

Reino : Bacteria

División : Proteobacteria

Clase : Gammaproteobacteria

Orden : Enterobacterales

Familia : Enterobacteriaceae

Género : Dickeya

Especie : *Dickeya dadantii* (Samson, Legendre, & Christen, 2005).

#### 1.2.3.5 Ciclo de la enfermedad

El patógeno ingresa a la planta a través de heridas en partes como raíces, hojas y tallos. Se inicia el proceso de infección en la planta cuando *Erwinia chrysanthemi*, se establece en los espacios intercelulares, siempre y cuando existan las condiciones que permitan el desarrollo del patógeno (Correa, 2017).

*Erwinia chrysanthemi* infecta zonas carnosas de la planta, provocando síntomas delimitados, es decir en zonas específicas. La bacteria actúa primero ocasionando una infección sistémica, invadiendo el xilema, inmediatamente los tejidos parenquimatosos se degradan, ya que la bacteria emite demasiadas enzimas pécticas, que desintegran la pared celular de la planta. Luego la bacteria cataboliza la glucosa ya que tiene acceso a la célula, y lo realiza a través de la fermentación. El siguiente paso de *Erwinia chrysanthemi* es colonizarse, proceso que necesita de algunos factores como; “celulasas, asimilación de hierro, un sistema de secreción, exopolisacáridos, motilidad y proteínas implicadas en la resistencia contra los mecanismos de defensa de las plantas”. La planta va intentar resistir al ataque, mediante mecanismos de defensa que ella posee, y es ahí donde la bacteria tiene que combatir dichas defensas, como; barreras, metabolitos y materiales tóxicos. Cuando finalmente la bacteria logra atravesar los mecanismos de la planta, esta continúa multiplicándose de forma generalizada, estableciéndose en espacios intercelulares y xilema. De este modo al acrecentar el número de bacterias, se pueden infectar con rapidez otras plantas, mediante: salpicadura de agua de plantas enfermas, insectos, contaminación de semillas, herramientas y maquinaria; volviéndose esto un grave problema y repitiendo el ciclo de vida del patógeno principalmente en meses cálidos, con altas temperaturas y humedad en verano (Inaturalist, 2023).

#### **1.2.3.6 Medios de movimiento y dispersión de *Erwinia chrysanthemi***

Una manera de transmitir la enfermedad es que la bacteria se halle en el suelo, pudiendo sobrevivir aproximadamente 10 semanas (Lohuis, 1990).

En largos trayectos, y principalmente a través de fronteras nacionales, se disemina la enfermedad mediante material de propagación vegetativo infectado.

Los factores que ayudan a la dispersión y penetración de la bacteria es la humedad y temperaturas altas que oscilan generalmente desde 25°C - 30 °C (CABI, EPPO, 2023).

Otro factor que acelera su propagación, es la alta humedad relativa, siendo la máxima de 100%, la mínima de 40% y la intermedia de un 79%. *Erwinia chrysanthemi* puede ingresar a través de heridas, en raíces y hojas, pero no por un roce entre ellas mismas. La forma de diseminación más común es mediante el uso de herramientas utilizadas en campo, con plantas infectadas (Duran, 2011).

#### **1.2.3.7 Síntomas de la enfermedad**

Los síntomas inician con la aparición de algunas manchas amarillentas, con aspecto de carácter acuoso y translúcido, que se hallan en diferentes partes del pseudotallo de la planta; posterior a ello dichas manchas se tornan de un color castaño rojizo y se amplían hasta poder cubrir la vaina de las hojas de manera total. Posteriormente los lugares afectados se tornan de color oscuro, y sobre los tejidos circundantes eyecta un líquido de olor fétido, y esto ocurre al estrujar la zona dañada con los dedos, como se muestra en la figura 4. La pudrición usualmente avanza de forma progresiva a la base del pseudotallo y a la par, ingresa en los tejidos de las vainas, a través del contacto con plantas afectadas (Ordosgoitty et al., 1974).



Cuando la planta es atacada de forma sistémica o vascular, provoca debilidad del pseudotallo, lo cual trae como efecto, el que la planta se doble, en la zona más dañada. Si en caso el cultivo es invadido siendo adulto, el peso de las mazorcas favorece a un normal y rápido volcamiento de las plantas, anterior a que la mazorca pueda completar su desarrollo uniforme, produciendo racimos de calor comercial ineficiente. Es habitual contemplar en campo, las plantas con pseudotallo, en un estado infectado manteniendo sanos; el rizoma, tejidos internos de racimos y frutos, todos sin presentar el estado de pudrición y decoloración vascular (Ordosgoitty et al., 1974).

**Figura 4.**

*Síntomas de la enfermedad en tallo de maíz.*



*Nota.* Pudrición del maíz en la zona del tallo, provocada por *Erwinia chrysanthemi*. Fuente: SAGARPA (2012).

### 1.2.3.8 Daños e Importancia de la enfermedad

Básicamente se estudia porque es el género más devastador e importante, debido al daño que provoca a los cultivos, tal como es el caso de las *Erwinias* que producen pudriciones blandas, destacando especialmente *E. chrysanthemi*, cuya importancia aumenta por el rango extenso de hospedantes y su distribución mundial, así como sus mecanismos de sobrevivencia y dispersión (Hernández & Trujillo, 2004).

Esta enfermedad suele manifestarse en ciertos cultivos como plátano, cebolla, clavel, pimiento, piña, papa, zanahoria y también en maíz. Este patógeno provoca daños severos en los cultivos de importancia económica ya mencionados, tanto durante su almacenamiento como en condiciones de campo libre, como se observa en la figura 5. El desarrollo de este patógeno, es gracias a la acción que realizan las enzimas extracelulares emanadas por *Erwinia*, y que a su vez degrada la pared celular de las plantas hospedantes (Martínez, 2006).

#### Figura 5.

*Marchitez y secamiento del maíz.*



*Nota.* Muerte del maíz ocasionada por la bacteria. Fuente: Myung, Jeong, & Moon (2010)

### **1.2.3.9 Prevención de la enfermedad**

Para esta enfermedad en especial no existe un método de control químico, por lo que solamente su manejo puede ser de manera preventiva. Antes de sembrar se recomienda optar por un material (semilla certificada) libre de patógenos. De preferencia para impedir los excesos de humedad en el terreno, el área destinada a sembrar debe poseer buen drenaje. Otra recomendación es el de ingresar al campo con mucho cuidado, ya que, si de forma inesperada ocasionamos algún daño mecánico o heridas a las plantas, estas se vuelven más susceptibles al ingreso de dicha bacteria. Por último, se aconseja controlar satisfactoriamente la aparición de insectos, porque estos pueden ayudar a la diseminación de este patógeno (Muñoz, 2018).

En conclusión, la recomendación hasta en la actualidad es la de prevenir la infección en las plantas, pero si está ya se encuentra infectada, lo más ventajoso es la eliminación total del cultivo (Ramírez, 2014).

### **1.3 Bases conceptuales**

#### ***1.3.1 Operacionalización de variables***

Tal y como se muestran en la figura 6.

##### **a. Variable independiente.**

Los cuatro híbridos comerciales de maíz amarillo duro.

##### **b. Variable dependiente.**

Daños de *Erwinia chrysanthemi*.

**Figura 6.**

*Variables e indicadores, categoría del indicador y técnica de información.*

Variables	Definición	Dimensión	Indicadores
Erwinia chrysanthemi	<p>Es una bacteria Gram negativa, con extremos redondeados, provisto de flagelos peritricos (Duran, 2011).</p> <p>Enfermedad causante de la pudrición blanda o bacteriosis, este patógeno degrada los órganos carnosos o suculentos de vegetales como; raíces, tubérculos, esquejes de tallo y hojas gruesas, provocando marchitamiento vascular, ya que es sistémica, porque coloniza el xilema dentro de la planta (CABI, EPPO, 2023).</p>	Niveles de daños	<p>Incidencia</p> <p>Severidad</p>
Selección varietal	<p>INIA 619: híbrido desarrollado en la Estación Experimental Agraria Vista Florida - Chiclayo del INIA desde el año 2006 al 2009 y se adapta de manera correcta en la costa, a su vez en la selva del Perú (INIA, 2012).</p> <p>DEKALB 7508: híbrido de doble propósito, ya que puede ser utilizado como grano o como forraje, además es tolerante a la mancha de asfalto y es ideal para temporadas de primavera a verano (Farmex, 2020) .</p> <p>ATLAS 777: híbrido simple, con ancha adaptabilidad en cuanto a territorios maiceros en el Perú y con un excelente potencial de rendimiento. Tiene una altura aproximada de 200 a 220cm, presenta una posición estratégica de las hojas (semi erguidos), el color del grano es rojizo (Interoc, 2021).</p> <p>DEKALB 7500: híbrido triple, con doble objetivo y comprendiendo una buena estabilidad productiva, se tiene un alto potencial de rendimiento, se comporta de buena forma frente a enfermedades del cultivo de maíz (Hortus, 2020)</p>	Mecanismo de defensa	Tolerancia

*Nota.* La tabla muestra las variables e indica los instrumentos y técnicas estadísticas (relacional, ANAVA y multivariado).

## Capítulo II: Metodología

### 2.1 Ubicación geográfica

El trabajo de investigación se dio en la Estación experimental Vista Florida – INIA, que se ubica de forma geográfica a  $6^{\circ}43'34''$ , de latitud sur; longitud  $79^{\circ}.46'49''$  y a una altitud de 30 m.s.n.m., en el km 8 carretera Chiclayo – Ferreñafe, en el distrito de Picsi, Departamento de Lambayeque, entre Julio a diciembre del 2020.

La ubicación geográfica es la siguiente:

Departamento : Lambayeque

Provincia : Chiclayo

Latitud Sur :  $06^{\circ}43'34''$

Longitud Oeste:  $79^{\circ}46'49''$

Altitud : 30 m.s.n.m.

Distrito : Picsi

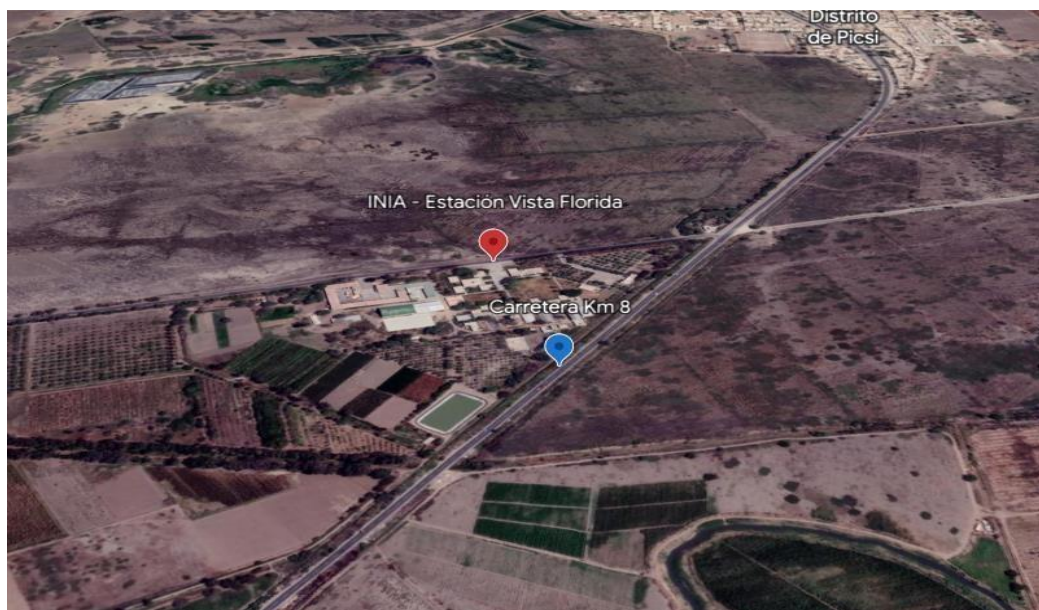
Sede física : Carretera Chiclayo – Ferreñafe. km. 8

Temperatura : 18 - 32°C

Precipitación : 40 mm

**Figura 7.**

*Mapa geográfico – Estación Vista Florida*



*Nota.* Localización del lugar donde se llevó a cabo el experimento. Fuente: Google Eart (2023).

La mayoría de los pobladores de esta localidad se dedican a la agricultura, teniendo vocación maicera, pero su producción se ve reducida por la presencia de la Erwinia, problema que ha venido aumentando con la diseminación de este patógeno a lo largo del tiempo. Esta enfermedad es causada por la bacteria *Erwinia chrysanthemi*, hoy denominada *Dickeya sp.*, que provoca dicha pudrición en la base del tallo, hasta la caída y la muerte de las plantas, es especial en híbridos creados para climas templados, que sufren mucho en condiciones de costa norte donde las temperaturas son mayores de 30°C. El daño debido a este patógeno es muy alto y causa grandes pérdidas económicas en el sector agrario por la reducción del rendimiento de sus cosechas, ya que cuando esta enfermedad embiste los campos de estas localidades, los agricultores toman la decisión de utilizar el maíz sembrado como forraje para animales, y así de

esta manera ellos tengan la opción de recuperar en algo el gasto hecho, vendiendo el forraje a el sector ganadero y la pérdida no sea total.

### ***2.1.1. Condiciones climatológicas***

El clima se encontró en condiciones normales, además lo que condiciona a tener un carácter semidesértico de la angosta franja costera son las escasas precipitaciones, por ende, es que el clima se clasifica como Desértico tropical árido, que se influencia en forma directa por la corriente de Humboldt, interviene como regulador de fenómenos de carácter meteorológicos. En el verano la temperatura tiende a fluctuar según información de la Estación Reque entre 25.59 °C (Dic) y 28. 27° C (Feb), teniendo como temperatura máxima anual de 28.27 °C.

### ***2.1.2 Temperatura***

Elemento básico del clima, que es de gran relevancia para el progreso, rendimiento y calidad del cultivo, pues tienden a afectar al crecimiento a nivel celular y sobre el accionar de las plagas. Los datos meteorológicos fueron tomados de del satélite según Weather Underground (2022) obteniéndose 23,1,20.3 y 16.9, para las temperaturas máxima, media y mínima, respectivamente, mostradas en la tabla 5.

### ***2.1.3 Humedad Relativa.***

La humedad relativa máxima promedio fue de 83.1 %, la media fue 68.7% y la humedad mínima 58.9%, siendo la máxima, el valor que favorece el crecimiento y desarrollo de la bacteria *Erwinia chrysanthemi*, tal y como se muestran en la tabla 5.



**Tabla 5.**

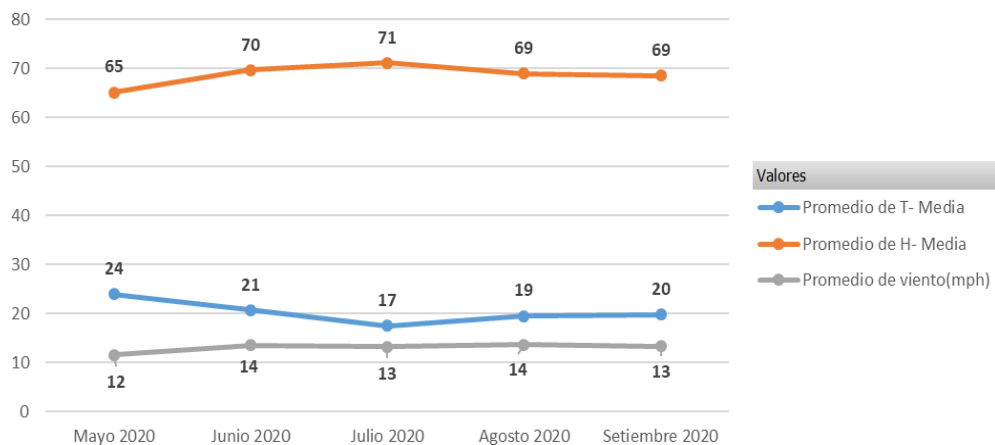
*Datos meteorológicos observados durante la conducción del experimento. Chiclayo-Ferreñafe en Pícsi 2020.*

Meses	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)		
Año	T-Máxima	T-Media	T-Mínima	T-Máxima	T-Media	T-Mínima
May-20	26.7	24.0	18.7	81.1	65.1	54.1
Jun-20	23.1	20.7	17.2	84.4	69.6	60.5
Jul-20	21.7	17.5	15.9	85.4	71.1	60.6
Ago-20	21.7	19.5	16.1	82.6	69.0	59.9
Set-20	22.0	19.7	16.5	82.1	68.5	59.3
<b>Promedio</b>	<b>23.1</b>	<b>20.3</b>	<b>16.9</b>	<b>83.1</b>	<b>68.7</b>	<b>58.9</b>

*Nota.* Datos de temperatura, humedad observados en el experimento, desde mayo hasta setiembre del 2020. Fuente: Weather Underground (2020).

**Figura 8.**

*Temperaturas humedad y velocidad del viento promedios durante la conducción experimental Chiclayo- Ferreñafe en Pícsi 2020.*



*Nota.* Gráfico comparativo de promedios de condiciones climáticas del experimento.

#### 2.1.4 Análisis físico y químico del suelo

Se tomaron muestras simples al azar en dos puntos de cada bloque, las muestras fueron tomadas a 30 cm de profundidad. El análisis se llevó a cabo en el laboratorio de aguas y suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria “Vista Florida” (EEAVF) – INIA, Chiclayo – Lambayeque. Los resultados indican que el contenido de Fósforo (P): es MEDIO, Potasio (K): ALTO, PH (reacción): NORMAL, contenido medio del Materia orgánica (M.O): es bajo, todos estos datos registrados en la tabla 6.

**Tabla 6.**

*Análisis físico y químico del suelo*

Muestras	PH	C. elec mhos/ Cm	M.O %	P ppm	K ppm	Calcar. %	Texturas (%)			Tipo de Suelo
							Ao	Lo	Ar	
Vista Florida	7	3.05	2	7.6	327	2.36	40	32	28	Franca

*Nota.* La tabla muestra los datos de análisis del suelo utilizado en el área experimental. Fuente: Campos et al (2018).

Los resultados indican que los suelos fueron de reacción neutro, teniendo valores adecuados para los diferentes cultivos como arándanos y paltos, a su vez para frutas; mangos, bananos, uvas, etc. La fertilidad se considera de un nivel medio, de modo que se manifiesta nutrientes; potasio, calcio, fósforo y tenores de materia orgánica medio, siendo de total necesidad en relación al cultivo que se establezca. La textura para evaluar las características físicas y químicas del suelo, se tomaron muestras de calicatas del campo para obtener la textura predominante, es de tipo Franca, sin lugar a dudas el mejor suelo para cultivar el maíz.

## **2.2. Metodología de la Investigación**

### ***2.2.1. Tipo de Investigación:***

Por su objetivo, es una investigación aplicada según. Por su profundidad en el objeto, de la investigación es de nivel explicativo Franco, Muñoz, & Corral (2019). En cuanto a la temporalidad, es de corte transversal Sampieri & Mendoza (2018) y por su grado de manipular la variable, es experimental.

### ***2.2.2 Diseño del experimento:***

Se empleó un diseño completo al azar (DCA), con 16 tratamientos y cuatro repeticiones. La distribución de los tratamientos en el campo experimental se grafica en la (Figura 9). Las características del área de investigación fueron:

Tratamientos evaluados:

Se evaluaron dos factores:

a) híbridos de maíz

H1= INIA 619

H2= DEKALB 7508

H3= ATLAS 777

H4= DEKALB 7500

b) Posición de la inoculación en planta

P1= Tercio inferior

P2=Tercio medio

P3=Tercio superior

P4=Testigo sin aplicación

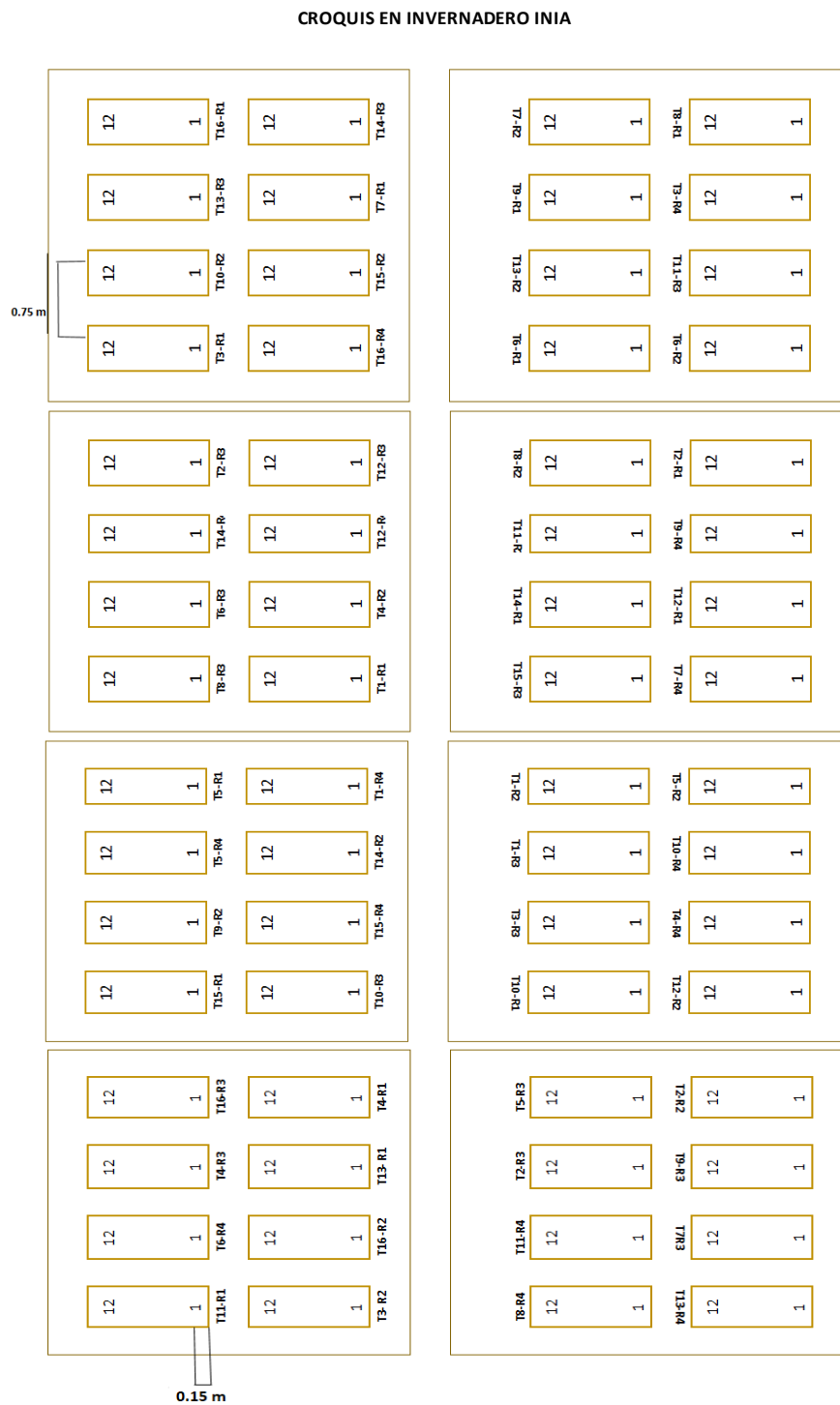
### ***2.2.3 Características del campo experimental:***

- Número total de tratamientos 16
- Número total de tratamientos 12
- Numero de tratamientos testigo 4
- Número de líneas por tratamiento 4
- Distanciamiento entre líneas 0.75 m
- Distanciamiento entre golpes 0.15 m

Con la combinación de los niveles de los factores se obtuvieron 16 tratamientos (4x4) en cuatro repeticiones. (Figura 10)

**Figura 9.**

*Distribución dentro del invernadero de los tratamientos.*



*Nota.* Croquis del diseño experimental en el área de investigación INIA.

**Figura 10.**

*Combinación de los tratamientos evaluados.*

Hibrido	Posicion	Hibrido	Posicion	Tratamiento
h1	p1	INIA 619	Tercio inferior	1
	p2	INIA 619	Tercio medio	2
	p2	INIA 619	Tercio superior	3
	p4	INIA 619	Testigo	4
h2	p1	DEKALB 7508	Tercio inferior	5
	p2	DEKALB 7508	Tercio medio	6
	p2	DEKALB 7508	Tercio superior	7
	p4	DEKALB 7508	Testigo	8
h3	p1	ATLAS 777	Tercio inferior	9
	p2	ATLAS 777	Tercio medio	10
	p2	ATLAS 777	Tercio superior	11
	p4	ATLAS 777	Testigo	12
h4	p1	DEKALB 7500	Tercio inferior	13
	p2	DEKALB 7500	Tercio medio	14
	p2	DEKALB 7500	Tercio superior	15
	p4	DEKALB 7500	Testigo	16

Nota. Distribución del diseño experimental, para la inoculación de los tratamientos.

#### **2.2.4 Población y Muestra:**

##### **Población**

Se utilizó una población de 768 plantas de los diferentes híbridos de maíz, que formaron parte de la investigación.

##### **Muestra**

Se empleó un muestreo probabilístico aleatorio simple, donde se tomaron como muestra un total de 208 plantas con síntomas de la enfermedad que se encuentran en el experimento.

### **2.2.5 Metodología y Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

La labor comprende 9 etapas que se encuentran excesivamente vinculados sobre la literatura coexistente (Hernández R. et al. 2010):

Etapa 1: Se puede identificar el problema que consiste en lo susceptible de las plantas de maíz, que concurren tras infectarse por la bacteria *Dickeya dadantii*

Etapa 2: Se plantea el problema; ¿Cuáles híbridos resisten a la infección y de las zonas de entrada de la bacteria sobre las plantas de maíz?

Etapa 3: Se reconoce el campo de carácter experimental y colecta de inóculo sobre campos infecciosos.

Etapa 4: Se elabora un plan y el sembrío experimental en un entorno controlado.

Etapa 5. La muestra se halla en representación por cien plantas de familias de los híbridos

Etapa 6. La técnica que se ha utilizado ha sido la observación y la recolección de datos en manera presencial, en como inciden y severidad ataque sobre las plantas en invernadero y/o laboratorio, reconocimiento de documentos, las bases de datos como Google académico.

Etapa 7: Se encuentran inoculaciones de la bacteria en relación al plan experimental y el análisis de carácter estadístico.

Etapa 8: Se interpretan los resultados.

Etapa 9: Se imprime los informes y se da a cabo la sustentación final de tesis. Dentro de dichas fases coexiste un feedback.

### **2.2.6 Muestreo y recolección de la Bacteria**

Después de la instalación de los tratamientos dentro del invernadero, se realizó un muestreo o recolección del patógeno en la zona de Santa Clara, es decir plantas que presentaban incidencia de esta enfermedad, para ser llevada a laboratorio, e identificar si era *Erwinia chrysanthemi* (*Dickeya dadantii*), y así poder utilizar la muestra colectada para el momento de inocular a las plantas en el tercio inferior, medio y superior a lo largo del desarrollo del experimento. Luego de la identificación de la bacteria, se procedió con la extracción de los híbridos de maíz, más representativos e inoculadas con *Erwinia chrysanthemi*, que presentaban síntomas de esta enfermedad, para ser llevadas también a ser identificadas con el respectivo procedimiento en laboratorio de fitopatología en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

### **2.2.7 Técnicas para evaluación de incidencia y severidad en plantas inoculadas**

Para la determinación de la incidencia en cada tratamiento, se evaluó tres plantas infectadas, las más representativas o seleccionadas con síntomas de la enfermedad y en el testigo, la evaluación fue una observación fenotípica. Las extracciones de las muestras más representativas fueron llevadas a evaluar a laboratorio para identificar la bacteria. Y para la determinación de las evaluaciones de severidad, se tomó un registro fotográfico de la parte atacada, según la posición de inoculación (base del tallo, quinto nudo y mazorca), de las mismas plantas extraídas con incidencia de la bacteria, usando el programa de procesamiento de imagen digital ImageJ, con una escala de medición de 2cm, para encontrar el área foliar total, el área dañada, y así finalmente calcular utilizando la fórmula de Nutter, estimar el porcentaje de severidad. Las evaluaciones culminaron finalizando el ciclo de vida de la planta de maíz dentro del invernadero.



### 2.2.8 Aplicación de los Tratamientos

Se aplicó o inoculó la bacteria con ayuda de una aguja hipodérmica, a igual dosis de (2ml), en todos los tratamientos en los tres momentos de inoculación según plan experimental.

### 2.2.9 Procesamiento de análisis de datos:

El Modelo de carácter aditivo dentro de un diseño que se manifiesta por completo como aleatorizado, se da por:

$$Y_{ij} = m + t_i + e_{ij} \quad i = 1, \dots, t$$

Asimismo, se toma en cuenta que los tratamientos se generan gracias a las mezclas de niveles de 2 factores, la consecuencia de dichos tratamientos se desglosa sobre el efecto del factor A, B y la interactividad de estos dos entre los dos factores. Por ello es que este modelo lineal sobre una factorial  $p \times q$  de diseño aleatorio (Pulido & Salazar, 2008):

$$Y_{ijk} = m + a_i + b_j + (ab)_{ij} + e_{ijk}$$

$$i = 1, \dots, p$$

$$j = 1, \dots, q$$

$$k = 1, \dots, r_{ij}$$

$Y_{ijk}$  se considera como el valor que se observa sobre el  $i$ -ésimo nivel del factor A,  $j$ -ésimo de B,  $k$ -ésima repetición,  $(m)$  es la consecuencia de la media general,  $(a_i)$  es la consecuencia del  $i$ -ésimo nivel del factor A,  $(b_j)$  es la consecuencia del  $j$ -ésimo nivel del factor B,  $(ab)_{ij}$  es la consecuencia interactiva sobre el  $i$ -ésimo nivel del factor A,  $j$ -ésimo nivel del factor B,  $(e_{ijk})$  es la consecuencia del error de carácter experimental sobre el  $i$ -ésimo nivel del factor A,  $j$ -ésimo B, y  $k$ -ésima repetición,  $p$  es la cifra de niveles del factor A,  $q$  es la cifra de

niveles del factor B,  $(rij)$  se halla como la cifra de repetición sobre el  $i$ -ésimo nivel del factor A,  $j$ -ésimo nivel del factor B.

En el caso de un experimento factorial en un diseño completamente aleatorizado, el modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk} \quad i = 1, \dots, p, \dots, q \quad k = 1, \dots, b$$

En la cual:

$\gamma_k$  es aquella consecuencia del  $k$ -ésimo bloque

### **Análisis de varianza**

Variabilidad (Total) = Var (Tratamientos)+ Var (Error)

De esa manera la variación tiende a corresponder a diferentes tratamientos que se desarrollan en:

Variabilidad (Tratamientos)= Var (Factor A) +Var (Factor B) +Var (Interacción AB).

La totalidad de la variación se cuantifica por la sumatoria del total de cuadrados:

En el cual se halla como término de corrección (TC)

La variación que corresponde a los tratamientos, la que responde sobre la consecuencia combinada de factores de A y B se tiende a calcular como:

Las sumatoria de cuadrados sobre los factores de A y B de interactividad, bloques y error se halla de la siguiente forma:

$$SC(AB) = SC(\text{Comb. AB}) - SA(A) - SC(B)$$

$$SC(\text{Error}) = SC(\text{Total}) - SC(\text{Comb. AB}) - SC(\text{Bloques})$$

Estas fuentes de variación son comparadas mediante el siguiente procedimiento de prueba de hipótesis a partir del análisis de variancia. Cuadro de Anava, como se observa en la tabla 7.

**Tabla 7.**

*Forma básica del Análisis de varianza para un momento dado.*

Fuentes de Variación	Grados de libertad (gl)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrados Medios (CM)	Fc
Tratamientos	t-1	SCtrat	comtrat	
A	p-1	SC(A)	$\frac{SC(A)}{gl(A)}$	$\frac{CM(A)}{CM(Error)}$
B	q-1	SC(B)	$\frac{SC(B)}{gl(B)}$	$\frac{CM(B)}{CM(Error)}$
AB	(p-1)(q-1)	SC(AB)	$\frac{SC(AB)}{gl(AB)}$	$\frac{CM(AB)}{CM(Error)}$
Error Experimental	(t)(r-1)	SC(Error)	$\frac{SC(Error)}{gl(Error)}$	
Total	pqb-1	SC(Total)		

*Nota.* La tabla muestra las formas de evidenciar la prueba de hipótesis mediante ANAVA.

Fuente: Guitierrez (2008).

### **Prueba de significación de Tukey**

Es un procedimiento que se utiliza para comparar todas las parejas de medias. Esta prueba no requiere de una prueba previa de análisis de varianza, pero requiere una prueba previa de homogeneidad de varianzas. Su fórmula es:  $\Delta LS(T) = \Delta ES(T) (p_t, n_2) S_y$

$\Delta ES(T)$ : amplitudes estudiantizadas de Tukey, que depende del número de tratamientos ( $p_t$ ) y de los grados de libertad del error.

$P_t$  : Número de tratamientos.

$N_2$  : Grados de libertad del error.

$S_y$ : Error estándar de la media.

### **Supuestos del análisis de Varianza**

#### **a. Normalidad**

Antes de la comprensión de análisis de carácter estadísticos, se reafirmó pruebas de normalidad sobre datos, siendo asunciones que se analizan en varianza para que se pueda aplicar la estadística de forma paramétrica, y que de esa forma las conclusiones del análisis tengan certeza y sea posible el desarrollo de inferencia estadística sobre la muestra. La normalidad de la prueba, se concretó con el método de Darling y Anderson a su vez con Ryan-Joiner, aparentado sobre el modelo de Shapiro Wilk, los efectos han sido parecidos (Sandoval, Santos, & García, 2006):

$$AD_n^2 = \left( \frac{- \left\{ \sum_{i=1}^n (2i-1) [\ln Z_i + \ln (1 - Z_{n+1-i})] \right\}}{n} \right) - n$$

b. Homogeneidad de Varianzas.

Es uno de los supuestos más destacados que necesitan de aplicación estadística popular. Es relevante para avalar la calidad de los procesos de carácter estadísticos, que se utilizan en pruebas de hipótesis y en la elaboración de intervalos de confianza, asimismo se hallan diferentes pruebas para certificar el supuesto de homogeneidad; Una de estas es el método de Barlett, el cual destacaremos a continuación (Correa, Iral, & Rojas, 2006):

La  $\chi^2$  de Bartlett se especifica matemáticamente con la ecuación subsiguiente:

$$X^2_{\text{Bartlett}} = \frac{\left[ \ln \frac{\sum \sigma^2 (n-1)}{\sum (n-1)} \right] \sum (n-1) - \sum \ln \sigma^2 (n-1)}{1 + \frac{K+1}{3 (K-1) (N-K)}}$$

Donde:

$X^2_{\text{Bartlett}}$  = valor estadístico de esta prueba.

$\ln$  = logaritmo natural.

$\sigma^2$  = varianza.

$n$  = tamaño de la muestra del grupo.

$K$  = número de grupos participantes.

$N$  = tamaño total (sumatoria de las muestras)

## **2.3 Materiales**

### ***2.3.1 Material experimental:***

Semillas de cuatro híbridos comerciales de maíz amarillo duro: INIA 619; DEKALB 7508, ATLAS 777 y DEKALB 7500.

#### ***2.3.1.1. Híbrido Inia 619:***

Conformado por 2 líneas de carácter tropical con un nivel alto de endogamia que proviene del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) - México. Se ha desarrollado en la Estación Experimental Agraria Vista Florida - Chiclayo del INIA desde el año 2006 al 2009. El mantenimiento de dichas líneas se concreta en un núcleo de semilla genética comprendido por 50 mazorcas.

La adaptación del mega híbrido se consolida de manera correcta en la costa, a su vez en la selva del Perú. El Mega híbrido presenta una altura de planta de 230 cm , altura de mazorca 102 cm, forma de mazorca es cilindro cónica, longitud de mazorca 22 cm, con un diámetro de mazorca de 7 cm, peso de mazorca de 310 g, un número de mazorca por planta aproximado de 1 a 2, número de granos por hilera 40, peso del grano por mazorca de 230 g, con color amarillo oscuro (INIA, 2012).

#### ***2.3.1.2. Híbrido Dekalb 7508:***

Dekalb 7508 presenta una altura de 240cm, textura y tipo de grano semi dentado, de 18 a 22 hileras por mazorca, la floración empieza a los 70 a 89 días después de la siembra, los días de cosecha son desde los 120 a 150 (dds). Su germinación es buena, al igual que su adaptabilidad y es recomendable sembrar de 6 a 6.5 semillas por metro y a una distancia entre surcos de 80cm,

utilizando entre 75000 a 81000 semillas/ha. Este híbrido tiene doble propósito, ya que puede ser utilizado como grano o como forraje, además es tolerante a la mancha de asfalto y es ideal para temporadas de primavera a verano (Farmex, 2020).

#### **2.3.1.3. Híbrido Atlas 777:**

Es una clase de híbrido simple, con ancha adaptabilidad en cuanto a territorios maiceros en el Perú y con un excelente potencial de rendimiento. Tiene una altura aproximada de 200 a 220cm, presenta una posición estratégica de las hojas (semi erguidos), el color del grano es rojizo (Interoc, 2021).

Este híbrido presenta también raíces profundas, es decir con buen anclaje y es tolerante a enfermedades como; *Coniothirium phyllachorae* y *Monographella maydis*. Se recomienda sembrar a una densidad de 65000 a 70000 plantas por hectárea, a una distancia de 80cm entre surco y 30cm entre planta y planta y ubicando dos semillas al momento de la siembra (Interoc, 2015).

#### **2.3.1.4. Híbrido Dekalb 7500:**

Según manifiesta Hortus (2020) es un híbrido triple de MAD, con doble objetivo y comprendiendo una buena estabilidad productiva, se tiene un alto potencial de rendimiento, se comporta de buena forma frente a enfermedades del cultivo de maíz, la mazorca tiende a presentar de 16/18 hileras con grano de un peso normal, constituye su periodo de vegetación de 125 hasta 155 días. DEKALB 7500, se establece su siembra en todo el año en la zona costera, para obtener resultados aceptables de julio hasta diciembre, es recomendable sembrar 78 mil semillas/ha y de esa forma alcanzar a 72 mil plantas/ha sobre la cosecha (grano), para el forraje

se tendría que sembrar 90 mil semillas, además se debe consultar con un especialista para su fertilización.

### **2.3.2 *Materiales y equipos:***

- Libretas de campo
- Semillas de los cuatro híbridos
- Cinta de embalaje blanca
- Marcador indeleble
- Jeringas
- Frascos de vidrio esterilizados
- Caja de tecnopor hermética (con hielo seco)
- Guantes y mascarilla
- Porta y cubre objetos
- Placas Petri
- Pinzas especiales esterilizadas
- Mechero
- Cámara digital de 24 pixels
- Estereoscopio.



## Capítulo III: Resultados

### 3.1 Prueba de los Supuestos del Análisis de Varianza:

Para la realización de cálculos paramétricos fue necesario cumplir ciertos requisitos, como son los supuestos, para que los resultados tengan mayor validez.

#### 3.1.1. *Contraste de Normalidad de los Datos*

Para este caso se trabajó con la información del porcentaje de incidencia de plantas atacadas con la enfermedad, encontrándose que los datos si tienen una distribución normal.

#### 3.1.2. *Prueba de Homogeneidad de Varianzas*

La prueba de hipótesis planteada para esta prueba fue:

Ho: las varianzas son homogéneas, comparado con la alternativa.

Ha: las varianzas no son homogéneas, como los valores del nivel de significación es cercano a  $\alpha=0.05$ , entonces rechazamos (Ha), encontrando que las varianzas son aproximadamente homogéneas, para los datos de rendimiento, en la tabla 8 y figura 11.

**Tabla 8.**

*Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar.*

Hibrido	N	Inferior	Desv.Est.	Superior
ATLAS 777	208	0.269089	0.302330	0.344225
DEKALB 7500	208	0.315677	0.354672	0.403822
DEKALB 7508	208	0.325980	0.366248	0.417001
INIA 619	208	0.303637	0.341144	0.388419

*Nota.* Prueba de varianzas iguales: arco vs. Hibrido.

Prueba de Bartlett (Homogeneidad de varianzas).

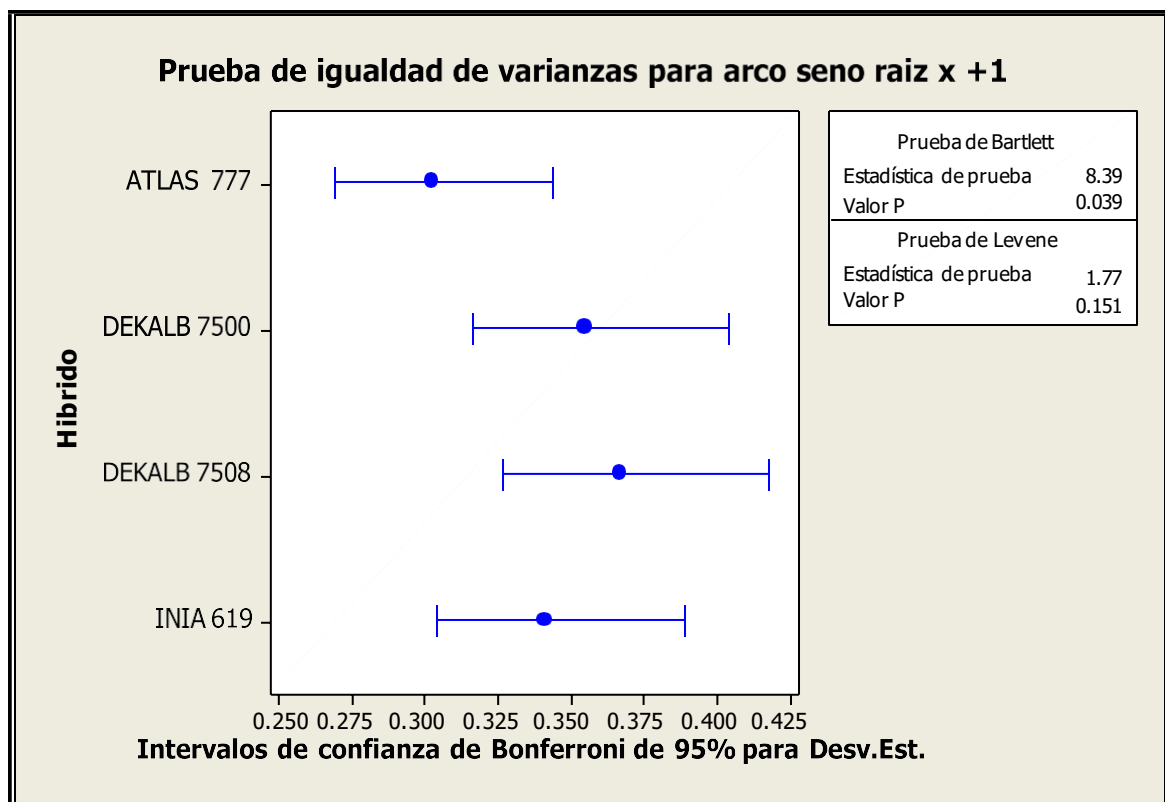
Estadística de prueba = 8.39; valor  $p = 0.039$

Prueba de Levene (cualquier distribución continua)

Estadística de prueba = 1.77; valor  $p = 0.151$

**Figura 11.**

*Prueba de varianzas iguales: arco vs. Híbrido.*



*Nota.* Prueba de homogeneidad de varianzas.

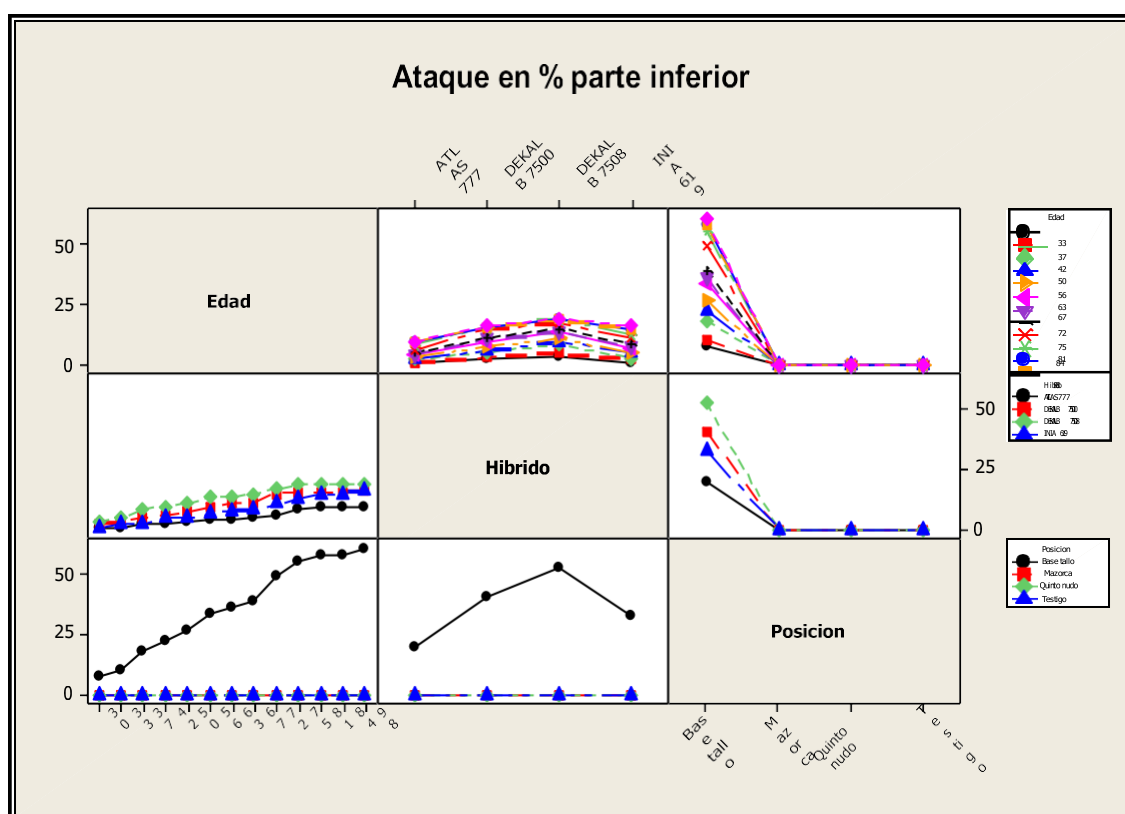
### 3.2. Incidencia de plantas atacadas según posiciones

#### 3.2.1 Incidencia de plantas atacadas según tercio inferior

En los resultados del análisis de varianza, se encontró significación estadística para los tres factores evaluados y sus interacciones de primer grado, a excepción de la interacción edad por híbrido y de la interacción edad por híbrido por posición de la inoculación, como lo muestra los valores del P-valor, observados en el anexo A, figura 12 y que existió una respuesta diferencial entre los factores de las interacciones significativas, el coeficiente de variabilidad fue bajo lo que denota la confiabilidad en la conducción del plan experimental.

**Figura 12.**

*Incidencia de ataque por *Erwinia chrysanthemi* para la interacción de tres factores.*



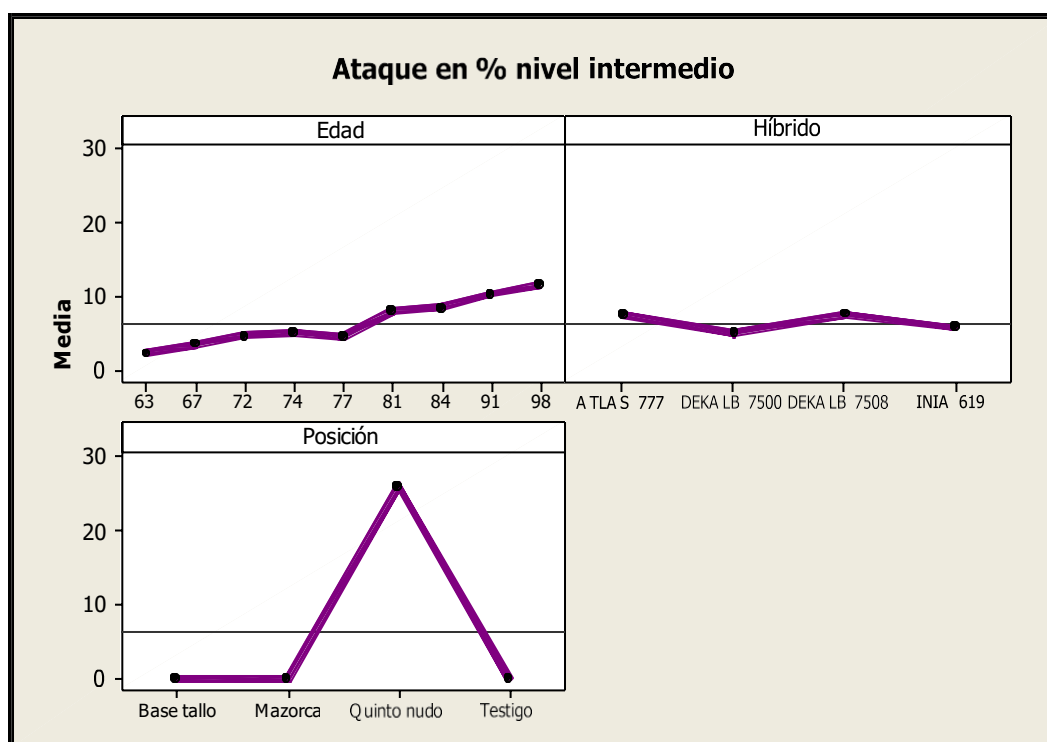
*Nota.* Porcentaje de ataque de la bacteria en la parte inferior (base del tallo), según edad, híbrido y posición.

### 3.2.2 Incidencia de plantas atacadas según tercio medio

En los resultados del análisis de varianza, se encontró significación estadística para los tres factores evaluados y sus interacciones de primer grado, a excepción de la interacción edad por híbrido y de la interacción edad por híbrido por posición de la inoculación, como lo muestra los valores del P-valor, valores mostrados en anexo B, figura 13 y que existió una respuesta diferencial entre los factores de las interacciones significativas, el coeficiente de variabilidad fue bajo lo que denota la confiabilidad en la conducción del plan experimental.

**Figura 13.**

*Porcentaje de ataque de Erwinia chrysanthemi en el tercio medio de los híbridos de maíz amarillo duro en tres factores.*



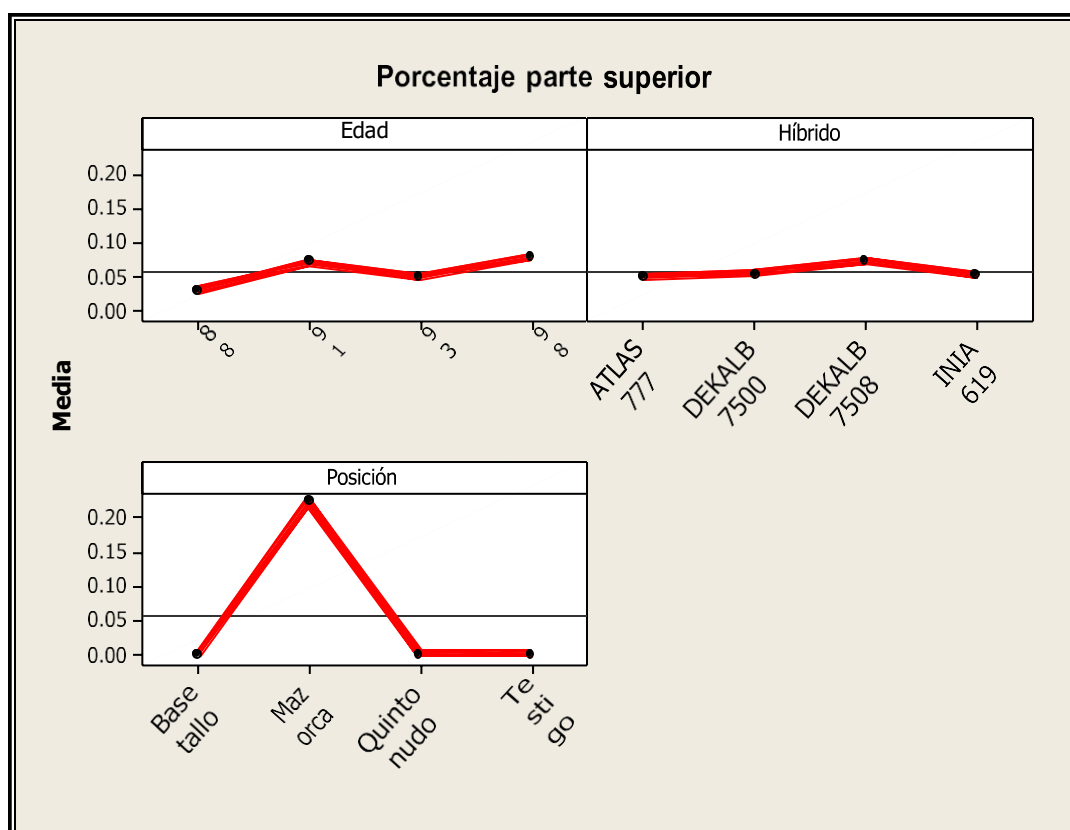
*Nota.* Porcentaje de ataque a nivel del Quinto nudo o nivel intermedio.

### 3.2.3 Incidencia de plantas atacadas según tercio superior

En los resultados del análisis de varianza, se encontró significación estadística para los tres factores evaluados y sus interacciones, como lo muestra los valores del P-valor, valores mostrados en el anexo C y figura 14. Existió una respuesta diferencial entre los factores de las interacciones, el coeficiente de variabilidad fue bajo lo que denota la confiabilidad en la conducción del plan experimental.

**Figura 14.**

*Porcentaje de ataque de Erwinia chrysanthemi en el tercio superior de los híbridos de maíz amarillo duro en tres factores.*



*Nota.* Porcentaje de ataque a nivel de mazorca o tercio superior.

### 3.3. Comparación de medias de Incidencia y severidad de plantas atacadas por *Erwinia chrysanthemi*

#### 3.3.1 Edad de evaluación para porcentaje de incidencia y severidad de ataque

Al efectuar la prueba discriminatoria de Tukey (0.05) para el factor edad de evaluación, se encontró siete subconjuntos diferentes, destacando las evaluaciones de 30 días hasta 50 días después de la siembra (dds), que presentaron las menores incidencias de ataque que variaron de 1.82% a 6.64%, respectivamente en promedio de los cuatro híbridos, teniendo valores comparables. Mientras que las mayores incidencias de ataque se encontraron en las últimas evaluaciones realizadas a los días 72, 75, 84, 81 y 98, con valores de 12.37%, 14.06%, 14.71%, 14.71% y 15.23% de incidencia, en promedio, correspondientemente debido a que la bacteria tuvo mayor tiempo para instalarse en el cultivo, mostrado en la tabla 9 y figura 15.

**Tabla 9**

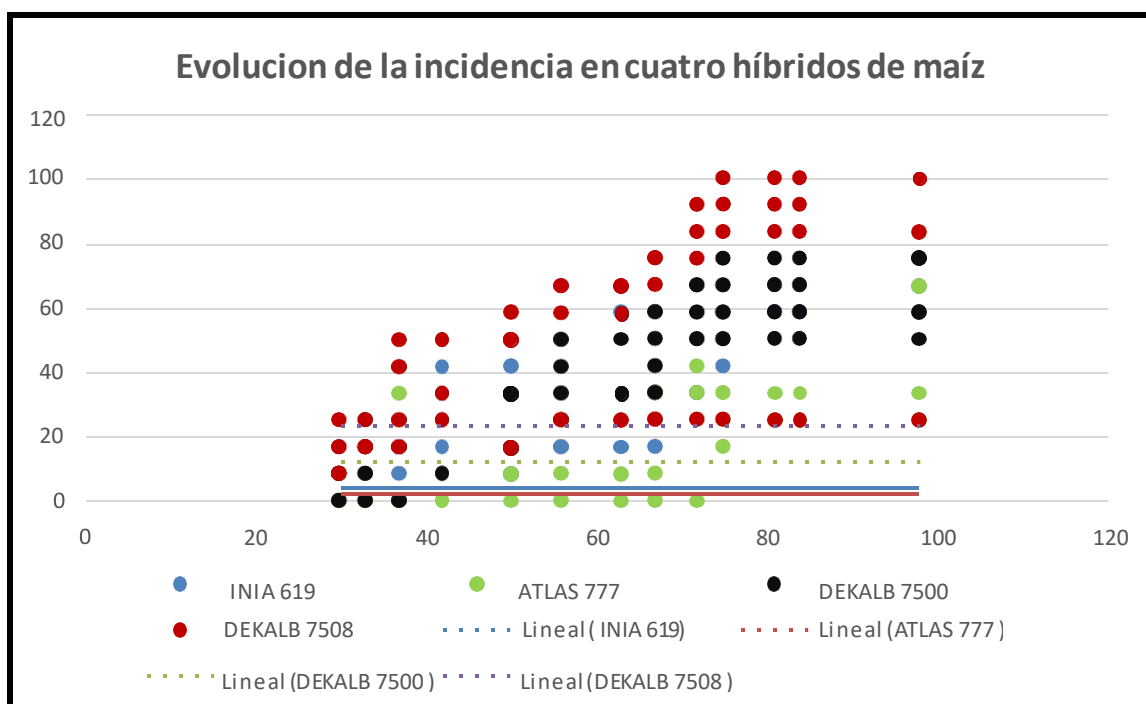
*Incidencia de infección según edad del cultivo.*

O.M.	Edad	Medias	Sig
1	30 dds	1.82	A
2	33 dds	2.60	A
3	37 dds	4.56	AB
4	42 dds	5.73	ABC
5	50 dds	6.64	ABC
6	56 dds	8.46	BCD
7	63 dds	9.11	BCDE
8	67 dds	9.90	CDEF
9	72 dds	12.37	DEFG
10	75 dds	14.06	EFG
11	84 dds	14.71	FG
12	81 dds	14.71	FG
13	98 dds	15.23	G

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

**Figura 15.**

*Evolución de la incidencia de los cuatro híbridos de maíz.*



*Nota.* Se observa la tendencia según la incidencia del ataque de *Erwinia chrysanthemi*, de cada híbrido de maíz amarillo duro.

Para los resultados de la severidad, primero se usó el programa ImageJ, el cuál determinó el área total foliar y el área no dañada, a raíz de una fotografía con incidencia de la enfermedad evidente y a una escala de 2cm para la medición, donde finalmente después de obtener las áreas en el programa, estas fueron utilizadas en la fórmula de Nutter, en una tabla elaborada en Excel y se calcularon los porcentajes de severidad. Al efectuar la prueba discriminatoria de Tukey (0.05) para el factor según época de evaluación, se encontró siete grupos diferentes. Las plantas atacadas tuvieron un comportamiento comparable hasta la evaluación a los 50 dds, con valores que variaron del 1% al 4%, resultados atribuibles a que son las primeras fases de crecimiento de

la bacteria; mientras que las mayores severidades empiezan a partir de los 72 dds, hasta los 98 días después de la siembra (dds), con valores que varían desde el 7.0% a 8.0%, mostrado en la tabla 10.

**Tabla 10.**

*Severidad del ataque según edad del cultivo.*

O.M.	Edad	Severidad (%)	sig
1	30	1	A
2	33	1	A
3	37	2	AB
4	42	3	ABC
5	50	4	ABC
6	56	5	BCD
7	63	5	BCDE
8	67	5	CDEF
9	72	7	DEFG
10	75	8	EFG
11	84	8	FG
12	81	8	FG
13	98	8	G
<b>Promedio</b>		<b>5</b>	

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

### 3.3.2 Incidencia y severidad de plantas atacadas según Híbrido

La prueba discriminadora de Tukey (0.05) para el factor híbrido, se encontró diferencias estadísticas significativas entre genotipos, encontrándose 3 grupos diferentes, destacando el híbrido ATLAS 777, por presentar el menor porcentaje de ataque de la bacteria con una incidencia de 5.05%. Le sigue en tolerancia el Híbrido INIA 619 que presenta un 8.33% de incidencia de ataque. En cambio, el híbrido DEKALB 7508, se mostró como el más susceptible con una infección promedio de 13.26% de incidencia, valores observados en la tabla 11.



**Tabla 11.***Incidencia de plantas atacadas según híbrido.*

O.M.	Híbrido	Media	Sig
1	ATLAS 777	5.05	A
2	INIA 619	8.33	B
3	DEKALB 7500	10.26	B
4	DEKALB 7508	13.26	C
<b>Promedio</b>		<b>923</b>	

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

Después de obtener los datos mediante el programa ImageJ usando la fórmula del cálculo del porcentaje de severidad, se realizó la prueba discriminatoria de Tukey (0.05), y con respecto a los híbridos se encontró que ATLAS 777 sólo presentó un 3.0% de severidad, en las plantas atacadas, mientras que INIA 619, presentó un 5.0% de severidad de las plantas atacadas, sin existir diferencias con DEKALB 7500, con 6.0% de las plantas atacadas, aunque estos híbridos tienen menor severidad que las plantas menos tolerantes, como lo es DEKALB 7508, que presentó un 7.0%, datos observados en la tabla 12.

**Tabla 12.***Severidad de plantas atacadas según híbrido.*

O.M.	Híbrido	Severidad (%)
1	ATLAS 777	3
2	INIA 619	5
3	DEKALB 7500	6
4	DEKALB 7508	7
<b>Promedio</b>		<b>5.25</b>

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

### 3.3.3. Incidencia y severidad de ataque según posición de la inoculación

Al efectuar la prueba discriminatoria de Tukey (0.05) para el factor posición de la inoculación, se encontró diferencias estadísticas significativas, encontrándose 2 grupos diferentes, destacando la posición testigo, quinto nudo y mazorca, por no presentar algún síntoma, en cambio la mayor incidencia se encontró en la base de tallo con 36.90%, esta alta incidencia, mostrado en la tabla 13.

**Tabla 13.**

*Incidencia de ataque según posición de la inoculación.*

O.M.	Posición	Medias	Sig
1	Testigo	0.00	A
2	Quinto nudo	0.00	A
3	Mazorca	0.00	A
4	Base tallo	36.90	B

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

Después de procesar los datos en ImageJ y aplicando la fórmula de Nutter, se efectuó la prueba discriminatoria de Tukey (0.05), donde se observó severidad sólo en las inoculaciones aplicadas en la base del tallo, con una severidad del 20.0%, para el resto de posiciones no se encontró ataque, resultados atribuibles a la mayor facilidad de entrada de la bacteria al tallo, valores mostrados en la tabla 14.

**Tabla 14.***Severidad de ataque según posición de la inoculación.*

O.M.	Posición	Severidad (%)	Sig
1	Testigo	0	A
2	Quinto nudo	0	A
3	Mazorca	0	A
4	Base tallo	20	B
<b>Promedio</b>		<b>5</b>	

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

### ***3.3.4 Interacción edad por híbrido para incidencia y severidad en plantas atacadas***

Al efectuar la prueba discriminatoria de Tukey (0.05) para la interacción edad por híbrido se encontraron 9 subconjuntos diferentes, destacando un grupo formado por 35 tratamientos, con valores que variaron de 0.52 a 11.46%, correspondiendo a las combinaciones de 30 dds-ATLAS 777 y 67 dds- DEKALB 7500, respectivamente. Estos valores bajos se atribuyen a que en la mayoría de los tratamientos se encuentra el Híbrido ATLAS 777, que es un genotipo tolerante por presentar compuestos que dificultan el crecimiento de la bacteria, al igual que lo mencionan Pagán & Arenal (2020), que la tolerancia de una variedad de maíz no es más que la disminución del ataque de la enfermedad, o también llamado mecanismo de defensa ante el patógeno, en donde se elaboran precisamente sustancias o compuestos para evitar el desarrollo de la bacteria. Mientras que, el tratamiento que presentó mayor infección fue 98 dds- DEKALB 7508 con 19.27%, debido a que tuvo el mayor tiempo de infección, todos estos valores mostrados en la tabla 15.

**Tabla 15.**

*Tabla de la Interacción edad por híbrido para incidencia en plantas atacadas por Erwinia chrysanthemi*

O.M	Edad	Híbrido	Medias	Sig
1	30 dds	ATLAS 777	0.52	A
2	33 dds	ATLAS 777	0.52	A
3	30 dds	INIA 619	1.04	AB
4	37 dds	ATLAS 777	2.08	ABC
5	30 dds	DEKALB 7500	2.08	ABC
6	33 dds	INIA 619	2.08	ABC
7	42 dds	ATLAS 777	2.60	ABC
8	37 dds	INIA 619	2.60	ABC
9	33 dds	DEKALB 7500	3.13	ABCD
10	50 dds	ATLAS 777	3.65	ABCDE
11	30 dds	DEKALB 7508	3.65	ABCDE
12	56 dds	ATLAS 777	4.17	ABCDEF
13	63 dds	ATLAS 777	4.17	ABCDEF
14	42 dds	INIA 619	4.69	ABCDEF
15	67 dds	ATLAS 777	4.69	ABCDEF
16	50 dds	INIA 619	4.69	ABCDEF
17	33 dds	DEKALB 7508	4.69	ABCDEF
18	37 dds	DEKALB 7500	5.21	ABCDEFG
19	42 dds	DEKALB 7500	5.73	ABCDEFG
20	72 dds	ATLAS 777	6.25	ABCDEFG
21	56 dds	INIA 619	6.77	ABCDEFGH
22	50 dds	DEKALB 7500	7.29	ABCDEFGHI
23	63 dds	INIA 619	7.81	ABCDEFGHI
24	67 dds	INIA 619	8.33	ABCDEFGHI
25	37 dds	DEKALB 7508	8.33	ABCDEFGHI
26	75 dds	ATLAS 777	8.85	ABCDEFGHI
27	98 dds	ATLAS 777	9.37	ABCDEFGHI
28	84 dds	ATLAS 777	9.37	ABCDEFGHI
29	81 dds	ATLAS 777	9.37	ABCDEFGHI
30	56 dds	DEKALB 7500	9.38	ABCDEFGHI
31	42 dds	DEKALB 7508	9.90	ABCDEFGHI
32	72 dds	INIA 619	10.94	ABCDEFGHI
33	50 dds	DEKALB 7508	10.94	ABCDEFGHI

34	63 dds	DEKALB 7500	10.94	ABCDEFGHI
35	67 dds	DEKALB 7500	11.46	ABCDEFGHI
36	75 dds	INIA 619	13.02	BCDEFGHI
37	56 dds	DEKALB 7508	13.54	CDEFGHI
38	63 dds	DEKALB 7508	13.54	CDEFGHI
39	84 dds	INIA 619	15.10	DEFGHI
40	81 dds	INIA 619	15.10	DEFGHI
41	72 dds	DEKALB 7500	15.10	DEFGHI
42	67 dds	DEKALB 7508	15.10	DEFGHI
43	84 dds	DEKALB 7500	15.63	EFGHI
44	75 dds	DEKALB 7500	15.63	EFGHI
45	81 dds	DEKALB 7500	15.63	EFGHI
46	98 dds	INIA 619	16.15	FGHI
47	98 dds	DEKALB 7500	16.15	FGHI
48	72 dds	DEKALB 7508	17.19	GHI
49	75 dds	DEKALB 7508	18.75	HI
50	84 dds	DEKALB 7508	18.75	HI
51	81 dds	DEKALB 7508	18.75	HI
52	98 dds	DEKALB 7508	19.27	I
<b>Promedio</b>			<b>9.22</b>	

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

Luego de la obtención de datos mediante el programa ImageJ, aplicando la fórmula del porcentaje de severidad, se efectuó la prueba discriminatoria de Tukey (0.05), donde resultó que la severidad de ataque fue diferente para las combinaciones, encontrándose que las más tolerantes fueron hasta las evaluaciones de los 67 dds, con valores 1% a 6.0%; mientras que, la mayor severidad que se observó para los híbridos fue partir de los 75 dds, debido que estas combinaciones eran las ultimas épocas de evaluación, resultado del mayor tiempo de ataque de la bacteria, todo esto interpretado en la tabla 16.

**Tabla 16.**

*Tabla de la Interacción edad por híbrido para severidad en plantas atacadas por  
Erwinia chrysanthemi.*

O.M.	Edad	Híbrido	Severidad	sign
1	30	ATLAS 777	0.28	A
2	33	ATLAS 777	0.28	AB
3	30	INIA 619	1	ABC
4	37	ATLAS 777	1	ABC
5	33	INIA 619	1	ABC
6	30	DEKALB 7500	1	ABC
7	37	INIA 619	1	ABC
8	42	ATLAS 777	1	ABCD
9	33	DEKALB 7500	2	ABCDE
10	50	ATLAS 777	2	ABCDE
11	30	DEKALB 7508	2	ABCDEF
12	56	ATLAS 777	2	ABCDEF
13	63	ATLAS 777	2	ABCDEF
14	67	ATLAS 777	3	ABCDEF
15	42	INIA 619	3	ABCDEF
16	50	INIA 619	3	ABCDEF
17	33	DEKALB 7508	3	ABCDEFG
18	37	DEKALB 7500	3	ABCDEFG
19	42	DEKALB 7500	3	ABCDEFG
20	72	ATLAS 777	3	ABCDEFGH
21	56	INIA 619	4	ABCDEFGHI
22	50	DEKALB 7500	4	ABCDEFGHI
23	63	INIA 619	4	ABCDEFGHI
24	67	INIA 619	5	ABCDEFGHI
25	37	DEKALB 7508	5	ABCDEFGHI
26	75	ATLAS 777	5	ABCDEFGHI
27	56	DEKALB 7500	5	ABCDEFGHI
28	98	ATLAS 777	5	ABCDEFGHI
29	84	ATLAS 777	5	ABCDEFGHI
30	81	ATLAS 777	5	ABCDEFGHI
31	42	DEKALB 7508	5	ABCDEFGHI
32	63	DEKALB 7500	6	ABCDEFGHI
33	72	INIA 619	6	ABCDEFGHI
34	50	DEKALB 7508	6	ABCDEFGHI

35	67	DEKALB 7500	6	BCDEFGHI
36	75	INIA 619	7	CDEFGHI
37	56	DEKALB 7508	7	CDEFGHI
38	63	DEKALB 7508	7	DEFGHI
39	72	DEKALB 7500	8	DEFGHI
40	67	DEKALB 7508	8	DEFGHI
41	81	INIA 619	8	DEFGHI
42	84	INIA 619	8	EFGHI
43	75	DEKALB 7500	9	EFGHI
44	84	DEKALB 7508	9	EFGHI
45	81	DEKALB 7500	9	EFGHI
46	98	DEKALB 7500	9	FGHI
47	98	INIA 619	9	FGHI
48	72	DEKALB 7508	9	GHI
49	75	DEKALB 7508	10	HI
50	81	DEKALB 7508	10	HI
51	84	DEKALB 7508	10	HI
52	98	DEKALB 7508	11	I
<b>Promedio</b>			<b>5.03</b>	

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05).

### 3.3.5 Interacción Edad por Posición para incidencia y severidad de plantas atacadas

Al efectuar la prueba discriminadora de Tukey (0.05) para la interacción edad por posición, se encontraron 8 subconjuntos diferentes, destacando el grupo formado por 39 tratamientos, las cuales no presentaron síntoma de ataque, grupo encabezado por la combinación 75 dds-testigo, hasta la combinación 57 dds-quinto nudo, mientras que el tratamiento que presentó mayor infección fue la combinación 98 dds-base tallo, con un 60.94 % de ataque, aunque sin existir significación estadística con las cinco combinaciones que le anteceden, todos estos valores mostrados en la tabla 17.

**Tabla 17.**

*Tabla de la Interacción edad por posición para incidencia en plantas atacadas por Erwinia chrysanthemi.*

O.M.	Edad-dds	Posición	Medias	Sign
1	75	Testigo	0.00	A
2	98	Testigo	0.00	A
3	75	Mazorca	0.00	A
4	84	Testigo	0.00	A
5	72	Testigo	0.00	A
6	81	Testigo	0.00	A
7	84	Mazorca	0.00	A
8	81	Quinto nudo	0.00	A
9	98	Quinto nudo	0.00	A
10	84	Quinto nudo	0.00	A
11	72	Quinto nudo	0.00	A
12	72	Mazorca	0.00	A
13	75	Quinto nudo	0.00	A
14	81	Mazorca	0.00	A
15	33	Testigo	0.00	A
16	98	Mazorca	0.00	A
17	30	Quinto nudo	0.00	A
18	30	Mazorca	0.00	A
19	30	Testigo	0.00	A
20	33	Quinto nudo	0.00	A
21	33	Mazorca	0.00	A
22	37	Testigo	0.00	A
23	42	Testigo	0.00	A
24	37	Mazorca	0.00	A
25	37	Quinto nudo	0.00	A
26	42	Quinto nudo	0.00	A
27	42	Mazorca	0.00	A
28	50	Testigo	0.00	A
29	67	Testigo	0.00	A
30	56	Quinto nudo	0.00	A
31	56	Mazorca	0.00	A
32	50	Quinto nudo	0.00	A
33	50	Mazorca	0.00	A
34	56	Testigo	0.00	A



35	67	Mazorca	0.00	A
36	63	Testigo	0.00	A
37	63	Quinto nudo	0.00	A
38	63	Mazorca	0.00	A
39	67	Quinto nudo	0.00	A
40	30	Base tallo	7.29	AB
41	33	Base tallo	10.42	AB
42	37	Base tallo	18.23	BC
43	42	Base tallo	22.92	CD
44	50	Base tallo	26.56	CDE
45	56	Base tallo	33.85	DEF
46	63	Base tallo	36.46	EF
47	67	Base tallo	39.58	FG
48	72	Base tallo	49.48	GH
49	75	Base tallo	56.25	H
50	81	Base tallo	58.85	H
51	84	Base tallo	58.85	H
52	98	Base tallo	60.94	H

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

Después de adquirir los datos del porcentaje de severidad a través del programa ImageJ, junto con la fórmula de Nutter, se efectuó la prueba discriminativa de Tukey (0.05), donde se encontró que los ataques más intensos se encontraron, en las inoculaciones en la base del tallo a partir de los 30 dds con valores de 4.0% hasta 33.0%, valores mostrados en la tabla 18.

**Tabla 18.**

*Tabla de la Interacción edad por posición para severidad en plantas atacadas por Erwinia chrysanthemi.*

O.M.	Edad	Posición	Severidad	Sign
1	42	Quinto nudo	0	A
2	56	Quinto nudo	0	A
3	56	Mazorca	0	A
4	50	Testigo	0	A
5	42	Testigo	0	A
6	63	Quinto nudo	0	A
7	42	Mazorca	0	A
8	50	Mazorca	0	A
9	56	Testigo	0	A
10	63	Mazorca	0	A
11	50	Quinto nudo	0	A
12	37	Mazorca	0	A
13	67	Quinto nudo	0	A
14	67	Testigo	0	A
15	37	Quinto nudo	0	A
16	67	Mazorca	0	A
17	63	Testigo	0	A
18	37	Testigo	0	A
19	72	Mazorca	0	A
20	72	Testigo	0	A
21	72	Quinto nudo	0	A
22	75	Mazorca	0	A
23	98	Mazorca	0	A
24	75	Testigo	0	A
25	98	Quinto nudo	0	A
26	30	Testigo	0	A
27	33	Quinto nudo	0	A
28	75	Quinto nudo	0	A
29	33	Testigo	0	A
30	84	Mazorca	0	A
31	30	Quinto nudo	0	A
32	81	Testigo	0	A
33	84	Testigo	0	A
34	30	Mazorca	0	A

35	98	Testigo	0	A
36	33	Mazorca	0	A
37	81	Mazorca	0	A
38	84	Quinto nudo	0	A
39	81	Quinto nudo	0	A
40	30	Base tallo	4	AB
41	33	Base tallo	6	AB
42	37	Base tallo	10	BC
43	42	Base tallo	13	CD
44	50	Base tallo	15	CDE
45	56	Base tallo	19	DEF
46	63	Base tallo	20	EF
47	67	Base tallo	22	FG
48	72	Base tallo	27	GH
49	75	Base tallo	31	H
50	81	Base tallo	32	H
51	84	Base tallo	32	H
52	98	Base tallo	33	H
<b>Promedio</b>			<b>5.08</b>	

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

### ***3.3.6. Interacción híbrido por posición para incidencia y severidad de plantas atacadas***

Al efectuar la prueba discriminativa de Tukey (0.05) para la interacción híbrido por posición, se encontraron 5 subconjuntos diferentes, destacando un grupo formado por 12 tratamientos, por no presentar diferencias estadísticas, estos valores bajos se atribuyen a que en la mayoría de los tratamientos se encuentra el híbrido INIA 619 - mazorca, que es un genotipo tolerante, valores mostrados en la tabla 19.

**Tabla 19.***Interacción edad x posición para incidencia de plantas atacadas.*

O.M	Híbrido	Posición	Medias Sig	
1	INIA 619	Mazorca	0.00	A
2	INIA 619	Testigo	0.00	A
3	INIA 619	Quinto nudo	0.00	A
4	ATLAS 777	Testigo	0.00	A
5	ATLAS 777	Mazorca	0.00	A
6	ATLAS 777	Quinto nudo	0.00	A
7	DEKALB 7508	Quinto nudo	0.00	A
8	DEKALB 7508	Testigo	0.00	A
9	DEKALB 7500	Testigo	0.00	A
10	DEKALB 7500	Quinto nudo	0.00	A
11	DEKALB 7500	Mazorca	0.00	A
12	DEKALB 7508	Mazorca	0.00	A
13	ATLAS 777	Base tallo	20.19	B
14	INIA 619	Base tallo	33.33	C
15	DEKALB 7500	Base tallo	41.03	D
16	DEKALB 7508	Base tallo	53.04	E

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05).

Con los datos obtenidos gracias al programa ImageJ y la aplicación de la fórmula para hallar el porcentaje de severidad, se efectuó la prueba discriminativa de Tukey (0.05), donde se encontró los mayores ataques observados, cuando las inoculaciones se efectuaron en la base del tallo, siendo colocados en orden de menor a mayor severidad; ATLAS 777, INIA 619, Dekalb 7500 y DEKALB 7508, con 11.0%, 16.0%, 22.0% y 29.0%, correspondientemente, cuyos valores están representados en la tabla 20.

**Tabla 20.***Interacción edad por posición para severidad de plantas atacadas.*

<i>O.M.</i>	<i>Hibrido</i>	<i>Posición</i>	<i>Severidad (%)</i>	<i>Sign</i>
1	INIA 619	Quinto nudo	0	A
2	ATLAS 777	Mazorca	0	A
3	INIA 619	Testigo	0	A
4	INIA 619	Mazorca	0	A
5	DEKALB7508	Quinto nudo	0	A
6	ATLAS 777	Quinto nudo	0	A
7	ATLAS 777	Testigo	0	A
8	DEKALB7508	Mazorca	0	A
9	DEKALB7508	Testigo	0	A
10	DEKALB7500	Mazorca	0	A
11	DEKALB7500	Quinto nudo	0	A
11	DEKALB7500	Testigo	0	A
11	ATLAS 777	Base tallo	11	B
11	INIA 619	Base tallo	18	C
11	DEKALB7500	Base tallo	22	D
11	DEKALB7508	Base tallo	29	E
<b>Promedio</b>			<b>5</b>	

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

### **3.3.7. Interacción edad por Hibrido por posición para incidencia y severidad de plantas atacadas**

Al efectuar la prueba discriminatoria de Tukey (0.05) para la combinación edad por híbrido por posición, se encontraron 16 subconjuntos iguales, compuestos por 208 tratamientos en las que destacó un grupo formado por 156 tratamientos, las cuales no presentan diferencias estadísticas; mientras que, el tratamiento que presentó mayor infección fue a los 98 dds- DEKALB 7508- BASE TALLO, con valor de 77.08, mostrado en la tabla 21 y figura 16.

**Tabla 21.**

*Tabla de la Interacción edad por híbrido por posición para incidencia en plantas atacadas por Erwinia chrysanthemi*

O.M	Edad	Híbrido	Posición	Medias	Sig
1	98 dds	INIA 619	Testigo	0.00	A
2	98 dds	INIA 619	Quinto nudo	0.00	A
3	98 dds	INIA 619	Mazorca	0.00	A
4	75 dds	INIA 619	Testigo	0.00	A
5	84 dds	INIA 619	Mazorca	0.00	A
6	81 dds	INIA 619	Quinto nudo	0.00	A
7	33 dds	ATLAS 777	Testigo	0.00	A
8	81 dds	INIA 619	Mazorca	0.00	A
9	84 dds	INIA 619	Testigo	0.00	A
10	75 dds	INIA 619	Mazorca	0.00	A
11	81 dds	INIA 619	Testigo	0.00	A
12	75 dds	ATLAS 777	Testigo	0.00	A
13	30 dds	ATLAS 777	Testigo	0.00	A
14	84 dds	INIA 619	Quinto nudo	0.00	A
15	72 dds	INIA 619	Testigo	0.00	A
16	98 dds	ATLAS 777	Quinto nudo	0.00	A
17	98 dds	ATLAS 777	Mazorca	0.00	A
18	75 dds	INIA 619	Quinto nudo	0.00	A
19	72 dds	INIA 619	Mazorca	0.00	A
20	81 dds	ATLAS 777	Quinto nudo	0.00	A
21	72 dds	INIA 619	Quinto nudo	0.00	A
22	84 dds	ATLAS 777	Mazorca	0.00	A
23	30 dds	ATLAS 777	Quinto nudo	0.00	A
24	33 dds	ATLAS 777	Mazorca	0.00	A
25	81 dds	ATLAS 777	Testigo	0.00	A
26	84 dds	ATLAS 777	Quinto nudo	0.00	A
27	84 dds	ATLAS 777	Testigo	0.00	A
28	30 dds	ATLAS 777	Mazorca	0.00	A
29	81 dds	ATLAS 777	Mazorca	0.00	A
30	33 dds	ATLAS 777	Quinto nudo	0.00	A
31	75 dds	ATLAS 777	Quinto nudo	0.00	A
32	37 dds	ATLAS 777	Testigo	0.00	A
33	30 dds	INIA 619	Mazorca	0.00	A
34	72 dds	ATLAS 777	Testigo	0.00	A

35	75 dds	ATLAS 777	Mazorca	0.00	A
36	30 dds	INIA 619	Quinto nudo	0.00	A
37	75 dds	DEKALB 7508	Testigo	0.00	A
38	33 dds	INIA 619	Testigo	0.00	A
39	98 dds	ATLAS 777	Testigo	0.00	A
40	33 dds	INIA 619	Mazorca	0.00	A
41	72 dds	ATLAS 777	Mazorca	0.00	A
42	42 dds	ATLAS 777	Testigo	0.00	A
43	72 dds	DEKALB 7500	Testigo	0.00	A
44	33 dds	INIA 619	Quinto nudo	0.00	A
45	72 dds	ATLAS 777	Quinto nudo	0.00	A
46	37 dds	ATLAS 777	Mazorca	0.00	A
47	42 dds	ATLAS 777	Quinto nudo	0.00	A
48	56 dds	INIA 619	Quinto nudo	0.00	A
49	56 dds	INIA 619	Mazorca	0.00	A
50	75 dds	DEKALB 7500	Testigo	0.00	A
51	42 dds	INIA 619	Testigo	0.00	A
52	37 dds	ATLAS 777	Quinto nudo	0.00	A
53	42 dds	INIA 619	Quinto nudo	0.00	A
54	56 dds	INIA 619	Testigo	0.00	A
55	75 dds	DEKALB 7508	Quinto nudo	0.00	A
56	33 dds	DEKALB 7500	Testigo	0.00	A
57	75 dds	DEKALB 7508	Mazorca	0.00	A
58	42 dds	INIA 619	Mazorca	0.00	A
59	50 dds	ATLAS 777	Testigo	0.00	A
60	67 dds	INIA 619	Testigo	0.00	A
61	72 dds	DEKALB 7500	Mazorca	0.00	A
62	42 dds	ATLAS 777	Mazorca	0.00	A
63	63 dds	INIA 619	Testigo	0.00	A
64	98 dds	DEKALB 7500	Testigo	0.00	A
65	84 dds	DEKALB 7500	Testigo	0.00	A
66	72 dds	DEKALB 7500	Quinto nudo	0.00	A
67	98 dds	DEKALB 7500	Quinto nudo	0.00	A
68	63 dds	INIA 619	Mazorca	0.00	A
69	67 dds	INIA 619	Mazorca	0.00	A
70	30 dds	DEKALB 7500	Quinto nudo	0.00	A
71	30 dds	INIA 619	Testigo	0.00	A
72	63 dds	INIA 619	Quinto nudo	0.00	A
73	37 dds	DEKALB 7508	Testigo	0.00	A
74	72 dds	DEKALB 7508	Testigo	0.00	A
75	72 dds	DEKALB 7508	Quinto nudo	0.00	A

76	84 dds	DEKALB 7500	Mazorca	0.00	A
77	37 dds	INIA 619	Mazorca	0.00	A
78	75 dds	DEKALB 7500	Mazorca	0.00	A
79	81 dds	DEKALB 7500	Testigo	0.00	A
80	67 dds	INIA 619	Quinto nudo	0.00	A
81	81 dds	DEKALB 7500	Mazorca	0.00	A
82	81 dds	DEKALB 7500	Quinto nudo	0.00	A
83	81 dds	DEKALB 7508	Quinto nudo	0.00	A
84	81 dds	DEKALB 7508	Testigo	0.00	A
85	37 dds	INIA 619	Quinto nudo	0.00	A
86	84 dds	DEKALB 7508	Testigo	0.00	A
87	50 dds	ATLAS 777	Quinto nudo	0.00	A
88	72 dds	DEKALB 7508	Mazorca	0.00	A
89	37 dds	DEKALB 7508	Quinto nudo	0.00	A
90	33 dds	DEKALB 7500	Quinto nudo	0.00	A
91	33 dds	DEKALB 7500	Mazorca	0.00	A
92	98 dds	DEKALB 7500	Mazorca	0.00	A
93	37 dds	DEKALB 7508	Mazorca	0.00	A
94	50 dds	INIA 619	Quinto nudo	0.00	A
95	50 dds	INIA 619	Testigo	0.00	A
96	30 dds	DEKALB 7500	Testigo	0.00	A
97	30 dds	DEKALB 7500	Mazorca	0.00	A
98	75 dds	DEKALB 7500	Quinto nudo	0.00	A
99	84 dds	DEKALB 7500	Quinto nudo	0.00	A
100	37 dds	INIA 619	Testigo	0.00	A
101	50 dds	INIA 619	Mazorca	0.00	A
102	67 dds	ATLAS 777	Testigo	0.00	A
103	50 dds	DEKALB 7508	Testigo	0.00	A
104	50 dds	ATLAS 777	Mazorca	0.00	A
105	84 dds	DEKALB 7508	Mazorca	0.00	A
106	81 dds	DEKALB 7508	Mazorca	0.00	A
107	84 dds	DEKALB 7508	Quinto nudo	0.00	A
108	33 dds	DEKALB 7508	Testigo	0.00	A
109	56 dds	ATLAS 777	Testigo	0.00	A
110	98 dds	DEKALB 7508	Testigo	0.00	A
111	42 dds	DEKALB 7508	Testigo	0.00	A
112	30 dds	DEKALB 7508	Quinto nudo	0.00	A
113	67 dds	ATLAS 777	Mazorca	0.00	A
114	98 dds	DEKALB 7508	Quinto nudo	0.00	A
115	63 dds	ATLAS 777	Testigo	0.00	A
116	50 dds	DEKALB 7508	Quinto nudo	0.00	A



117	56 dds	ATLAS 777	Quinto nudo	0.00	A
118	42 dds	DEKALB 7500	Testigo	0.00	A
119	33 dds	DEKALB 7508	Mazorca	0.00	A
120	37 dds	DEKALB 7500	Mazorca	0.00	A
121	37 dds	DEKALB 7500	Testigo	0.00	A
122	42 dds	DEKALB 7508	Quinto nudo	0.00	A
123	50 dds	DEKALB 7508	Mazorca	0.00	A
124	56 dds	ATLAS 777	Mazorca	0.00	A
125	56 dds	DEKALB 7508	Mazorca	0.00	A
126	56 dds	DEKALB 7508	Quinto nudo	0.00	A
127	30 dds	DEKALB 7508	Mazorca	0.00	A
128	30 dds	DEKALB 7508	Testigo	0.00	A
129	33 dds	DEKALB 7508	Quinto nudo	0.00	A
130	37 dds	DEKALB 7500	Quinto nudo	0.00	A
131	42 dds	DEKALB 7500	Mazorca	0.00	A
132	67 dds	ATLAS 777	Quinto nudo	0.00	A
133	63 dds	ATLAS 777	Quinto nudo	0.00	A
134	63 dds	ATLAS 777	Mazorca	0.00	A
135	56 dds	DEKALB 7508	Testigo	0.00	A
136	42 dds	DEKALB 7500	Quinto nudo	0.00	A
137	42 dds	DEKALB 7508	Mazorca	0.00	A
138	50 dds	DEKALB 7500	Testigo	0.00	A
139	98 dds	DEKALB 7508	Mazorca	0.00	A
140	63 dds	DEKALB 7508	Quinto nudo	0.00	A
141	63 dds	DEKALB 7508	Mazorca	0.00	A
142	67 dds	DEKALB 7508	Quinto nudo	0.00	A
143	67 dds	DEKALB 7500	Testigo	0.00	A
144	67 dds	DEKALB 7508	Testigo	0.00	A
145	50 dds	DEKALB 7500	Mazorca	0.00	A
146	63 dds	DEKALB 7508	Testigo	0.00	A
147	50 dds	DEKALB 7500	Quinto nudo	0.00	A
148	63 dds	DEKALB 7500	Quinto nudo	0.00	A
149	63 dds	DEKALB 7500	Testigo	0.00	A
150	67 dds	DEKALB 7500	Mazorca	0.00	A
151	67 dds	DEKALB 7508	Mazorca	0.00	A
152	63 dds	DEKALB 7500	Mazorca	0.00	A
153	67 dds	DEKALB 7500	Quinto nudo	0.00	A
154	56 dds	DEKALB 7500	Mazorca	0.00	A
155	56 dds	DEKALB 7500	Quinto nudo	0.00	A
156	56 dds	DEKALB 7500	Testigo	0.00	A
157	30 dds	ATLAS 777	Base tallo	2.08	AB

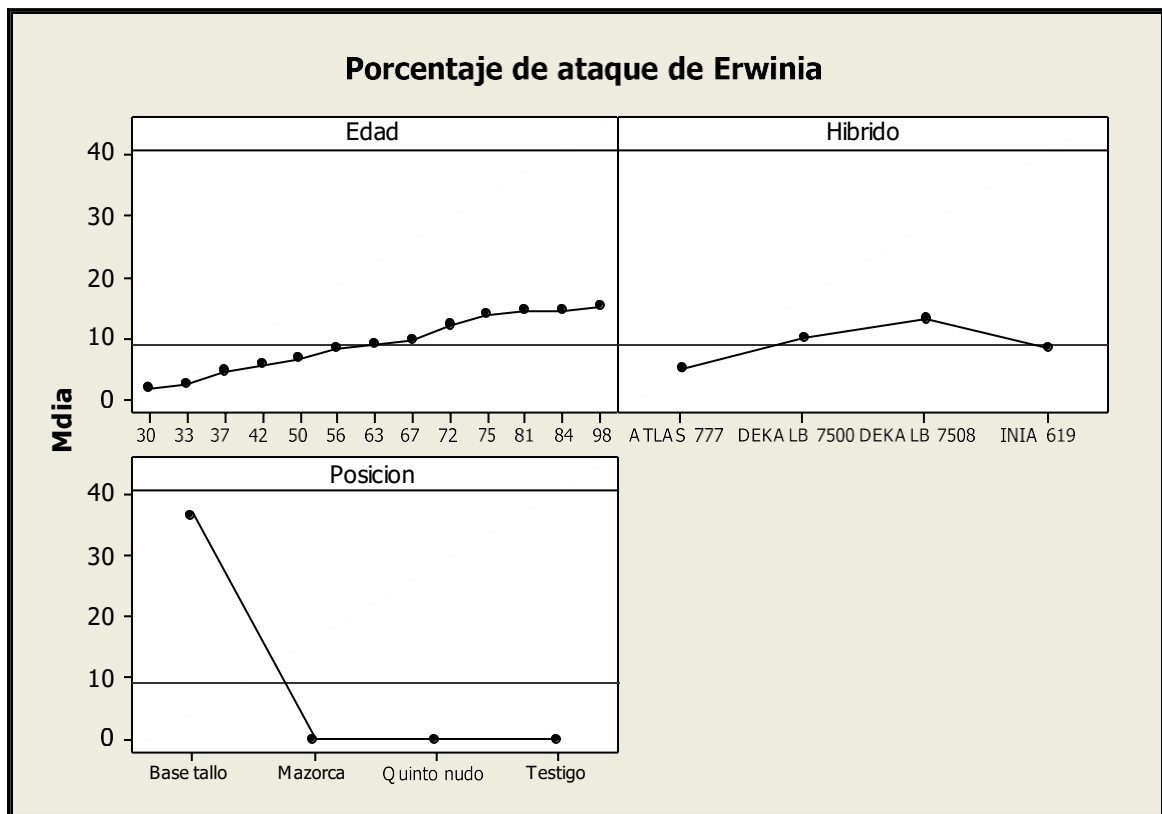
158	33 dds	ATLAS 777	Base tallo	2.08	AB
159	30 dds	INIA 619	Base tallo	4.17	ABC
160	37 dds	ATLAS 777	Base tallo	8.33	ABCD
161	30 dds	DEKALB 7500	Base tallo	8.33	ABCD
162	33 dds	INIA 619	Base tallo	8.33	ABCD
163	42 dds	ATLAS 777	Base tallo	10.42	ABCDE
164	37 dds	INIA 619	Base tallo	10.42	ABCDE
165	33 dds	DEKALB 7500	Base tallo	12.5	ABCDEF
166	50 dds	ATLAS 777	Base tallo	14.58	ABCDEFG
167	30 dds	DEKALB 7508	Base tallo	14.58	ABCDEFG
168	63 dds	ATLAS 777	Base tallo	16.67	ABCDEFG
169	56 dds	ATLAS 777	Base tallo	16.67	ABCDEFG
170	67 dds	ATLAS 777	Base tallo	18.75	ABCDEFGH
171	42 dds	INIA 619	Base tallo	18.75	ABCDEFGH
172	50 dds	INIA 619	Base tallo	18.75	ABCDEFGH
173	33 dds	DEKALB 7508	Base tallo	18.75	ABCDEFGH
174	37 dds	DEKALB 7500	Base tallo	20.83	ABCDEFGHI
175	42 dds	DEKALB 7500	Base tallo	22.92	ABCDEFGHI
176	72 dds	ATLAS 777	Base tallo	25	ABCDEFGHI
177	56 dds	INIA 619	Base tallo	27.08	BCDEFGHIJ
178	50 dds	DEKALB 7500	Base tallo	29.17	CDEFGHIJK
179	63 dds	INIA 619	Base tallo	31.25	DEFGHIJK
180	67 dds	INIA 619	Base tallo	33.33	DEFGHIJK
181	37 dds	DEKALB 7508	Base tallo	33.33	DEFGHIJK
182	75 dds	ATLAS 777	Base tallo	35.42	EFGHIJKL
183	84 dds	ATLAS 777	Base tallo	37.5	FGHIJKLM
184	81 dds	ATLAS 777	Base tallo	37.5	FGHIJKLM
185	98 dds	ATLAS 777	Base tallo	37.5	FGHIJKLM
186	56 dds	DEKALB 7500	Base tallo	37.5	FGHIJKLM
187	42 dds	DEKALB 7508	Base tallo	39.58	GHIJKLMN
188	72 dds	INIA 619	Base tallo	43.75	HIJKLMNO
189	63 dds	DEKALB 7500	Base tallo	43.75	HIJKLMNO
190	50 dds	DEKALB 7508	Base tallo	43.75	HIJKLMNO
191	67 dds	DEKALB 7500	Base tallo	45.83	IJKLMNO
192	75 dds	INIA 619	Base tallo	52.08	JKLMNOP
193	56 dds	DEKALB 7508	Base tallo	54.17	KLMNOP
194	63 dds	DEKALB 7508	Base tallo	54.17	KLMNOP
195	84 dds	INIA 619	Base tallo	60.42	LMNOP
196	81 dds	INIA 619	Base tallo	60.42	LMNOP
197	67 dds	DEKALB 7508	Base tallo	60.42	LMNOP
198	72 dds	DEKALB 7500	Base tallo	60.42	LMNOP

199	81 dds	DEKALB 7500	Base tallo	62.5	MNOP
200	84 dds	DEKALB 7500	Base tallo	62.5	MNOP
201	75 dds	DEKALB 7500	Base tallo	62.5	MNOP
202	98 dds	DEKALB 7500	Base tallo	64.58	NOP
203	98 dds	INIA 619	Base tallo	64.58	NOP
204	72 dds	DEKALB 7508	Base tallo	68.75	OP
205	75 dds	DEKALB 7508	Base tallo	75	P
206	81 dds	DEKALB 7508	Base tallo	75	P
207	84 dds	DEKALB 7508	Base tallo	75	P
208	98 dds	DEKALB 7508	Base tallo	77.08	P
<b>Promedio</b>				<b>9.22</b>	

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

**Figura 16.**

*Incidencia de ataque por Erwinia chrysanthemi para los tres factores.*



*Nota.* Porcentaje de Incidencia de la bacteria *Erwinia chrysanthemi* según edad, híbrido y posición.

Finalmente y después de la utilización del programa ImageJ y la fórmula de Nutter para calcular el porcentaje de severidad, se efectuó la prueba discriminativa de Tukey (0.05), donde se encontró los mayores porcentajes de ataques, observados cuando las inoculaciones se efectuaron en la base del tallo, a partir de los 56 dds con 10.0%, la cual aumentó la severidad hasta el 42.0%, durante la evaluación a los 98 dds con DEKALB 7508 inoculado en la base del tallo, en cambio, cuando en la interacción no incluyen a las inoculaciones en la base del tallo, no se observa severidad de ataque significativa, valores observados en la tabla 22.

**Tabla 22.**

*Tabla de la Interacción edad por híbrido por posición para severidad en plantas atacadas por Erwinia chrysanthemi*

M.O	Edad	Híbrido	Posición	Severidad	Sign
1	56	INIA 619	Quinto nudo	0	A
2	50	INIA 619	Testigo	0	A
3	56	INIA 619	Mazorca	0	A
4	50	INIA 619	Quinto nudo	0	A
5	42	INIA 619	Quinto nudo	0	A
6	42	INIA 619	Testigo	0	A
7	42	DEKALB 7500	Quinto nudo	0	A
8	56	ATLAS 777	Mazorca	0	A
9	37	INIA 619	Mazorca	0	A
10	50	INIA 619	Mazorca	0	A
11	42	DEKALB 7508	Quinto nudo	0	A
12	56	INIA 619	Testigo	0	A
13	37	INIA 619	Quinto nudo	0	A
14	63	INIA 619	Testigo	0	A
15	72	INIA 619	Testigo	0	A
16	67	INIA 619	Testigo	0	A
17	56	ATLAS 777	Quinto nudo	0	A
18	72	ATLAS 777	Mazorca	0	A
19	56	DEKALB 7500	Quinto nudo	0	A
20	63	INIA 619	Mazorca	0	A
21	63	ATLAS 777	Mazorca	0	A
22	42	DEKALB 7508	Testigo	0	A
23	63	DEKALB 7508	Quinto nudo	0	A
24	30	INIA 619	Testigo	0	A
25	63	INIA 619	Quinto nudo	0	A
26	42	DEKALB 7500	Mazorca	0	A
27	67	INIA 619	Quinto nudo	0	A
28	50	ATLAS 777	Mazorca	0	A
29	67	ATLAS 777	Testigo	0	A
30	42	INIA 619	Mazorca	0	A
31	42	ATLAS 777	Quinto nudo	0	A
32	50	ATLAS 777	Testigo	0	A
33	42	DEKALB 7508	Mazorca	0	A
34	37	INIA 619	Testigo	0	A

35	50	DEKALB 7500	Testigo	0	A
36	37	ATLAS 777	Testigo	0	A
37	56	DEKALB 7500	Mazorca	0	A
38	56	ATLAS 777	Testigo	0	A
39	67	ATLAS 777	Mazorca	0	A
40	56	DEKALB 7508	Quinto nudo	0	A
41	63	DEKALB 7508	Mazorca	0	A
42	63	ATLAS 777	Testigo	0	A
43	63	ATLAS 777	Quinto nudo	0	A
44	72	ATLAS 777	Testigo	0	A
45	50	DEKALB 7508	Testigo	0	A
46	37	ATLAS 777	Mazorca	0	A
47	42	DEKALB 7500	Testigo	0	A
48	56	DEKALB 7508	Mazorca	0	A
49	50	ATLAS 777	Quinto nudo	0	A
50	50	DEKALB 7508	Quinto nudo	0	A
51	67	DEKALB 7500	Quinto nudo	0	A
52	63	DEKALB 7500	Mazorca	0	A
53	98	DEKALB 7508	Mazorca	0	A
54	56	DEKALB 7500	Testigo	0	A
55	42	ATLAS 777	Mazorca	0	A
56	50	DEKALB 7500	Quinto nudo	0	A
57	72	INIA 619	Mazorca	0	A
58	37	DEKALB 7508	Mazorca	0	A
59	67	INIA 619	Mazorca	0	A
60	50	DEKALB 7500	Mazorca	0	A
61	67	ATLAS 777	Quinto nudo	0	A
62	37	DEKALB 7508	Quinto nudo	0	A
63	63	DEKALB 7500	Quinto nudo	0	A
64	67	DEKALB 7500	Mazorca	0	A
65	56	DEKALB 7508	Testigo	0	A
66	50	DEKALB 7508	Mazorca	0	A
67	72	DEKALB 7508	Quinto nudo	0	A
68	72	DEKALB 7508	Mazorca	0	A
69	72	ATLAS 777	Quinto nudo	0	A
70	37	ATLAS 777	Quinto nudo	0	A
71	98	DEKALB 7508	Quinto nudo	0	A
72	75	ATLAS 777	Testigo	0	A
73	75	ATLAS 777	Mazorca	0	A
74	72	INIA 619	Quinto nudo	0	A
75	67	DEKALB 7500	Testigo	0	A

76	42	ATLAS 777	Testigo	0	A
77	37	DEKALB 7508	Testigo	0	A
78	72	DEKALB 7508	Testigo	0	A
79	67	DEKALB 7508	Quinto nudo	0	A
80	75	DEKALB 7508	Quinto nudo	0	A
81	75	DEKALB 7508	Testigo	0	A
82	75	ATLAS 777	Quinto nudo	0	A
83	63	DEKALB 7508	Testigo	0	A
84	37	DEKALB 7500	Quinto nudo	0	A
85	37	DEKALB 7500	Mazorca	0	A
86	98	ATLAS 777	Mazorca	0	A
87	84	ATLAS 777	Mazorca	0	A
88	33	DEKALB 7508	Quinto nudo	0	A
89	30	DEKALB 7508	Testigo	0	A
90	98	INIA 619	Mazorca	0	A
91	81	ATLAS 777	Testigo	0	A
92	75	INIA 619	Testigo	0	A
93	33	DEKALB 7508	Testigo	0	A
94	72	DEKALB 7500	Mazorca	0	A
95	33	INIA 619	Quinto nudo	0	A
96	33	INIA 619	Testigo	0	A
97	67	DEKALB 7508	Testigo	0	A
98	75	DEKALB 7508	Mazorca	0	A
99	30	INIA 619	Quinto nudo	0	A
100	98	INIA 619	Quinto nudo	0	A
101	67	DEKALB 7508	Mazorca	0	A
102	75	DEKALB 7500	Mazorca	0	A
103	98	ATLAS 777	Quinto nudo	0	A
104	98	DEKALB 7500	Quinto nudo	0	A
105	30	DEKALB 7508	Quinto nudo	0	A
106	37	DEKALB 7500	Testigo	0	A
107	63	DEKALB 7500	Testigo	0	A
108	75	INIA 619	Quinto nudo	0	A
109	81	ATLAS 777	Mazorca	0	A
110	98	DEKALB 7500	Mazorca	0	A
111	81	DEKALB 7500	Testigo	0	A
112	98	ATLAS 777	Testigo	0	A
113	75	INIA 619	Mazorca	0	A
114	72	DEKALB 7500	Testigo	0	A
115	75	DEKALB 7500	Testigo	0	A
116	30	INIA 619	Mazorca	0	A

117	98	DEKALB 7500	Testigo	0	A
118	33	DEKALB 7500	Quinto nudo	0	A
119	81	DEKALB 7508	Testigo	0	A
120	84	ATLAS 777	Quinto nudo	0	A
121	84	ATLAS 777	Testigo	0	A
122	84	DEKALB 7500	Mazorca	0	A
123	81	INIA 619	Testigo	0	A
124	30	DEKALB 7500	Testigo	0	A
125	33	ATLAS 777	Quinto nudo	0	A
126	72	DEKALB 7500	Quinto nudo	0	A
127	33	INIA 619	Mazorca	0	A
128	33	DEKALB 7508	Mazorca	0	A
129	84	DEKALB 7500	Testigo	0	A
130	84	INIA 619	Mazorca	0	A
131	81	ATLAS 777	Quinto nudo	0	A
132	30	DEKALB 7508	Mazorca	0	A
133	30	DEKALB 7500	Quinto nudo	0	A
134	33	ATLAS 777	Testigo	0	A
135	30	ATLAS 777	Quinto nudo	0	A
136	84	INIA 619	Testigo	0	A
137	30	DEKALB 7500	Mazorca	0	A
138	84	DEKALB 7508	Mazorca	0	A
139	30	ATLAS 777	Testigo	0	A
140	84	DEKALB 7508	Testigo	0	A
141	75	DEKALB 7500	Quinto nudo	0	A
142	33	DEKALB 7500	Testigo	0	A
143	98	DEKALB 7508	Testigo	0	A
144	30	ATLAS 777	Mazorca	0	A
145	33	ATLAS 777	Mazorca	0	A
146	84	DEKALB 7508	Quinto nudo	0	A
147	81	DEKALB 7500	Mazorca	0	A
148	33	DEKALB 7500	Mazorca	0	A
149	84	DEKALB 7500	Quinto nudo	0	A
150	84	INIA 619	Quinto nudo	0	A
151	81	DEKALB 7500	Quinto nudo	0	A
152	81	INIA 619	Quinto nudo	0	A
153	81	DEKALB 7508	Mazorca	0	A
154	81	INIA 619	Mazorca	0	A
155	81	DEKALB 7508	Quinto nudo	0	A
156	98	INIA 619	Testigo	0	A
157	30	ATLAS 777	Base tallo	1	AB



158	33	ATLAS 777	Base tallo	1	AB
159	30	INIA 619	Base tallo	2	ABC
160	37	ATLAS 777	Base tallo	5	ABCD
161	33	INIA 619	Base tallo	5	ABCD
162	30	DEKALB 7500	Base tallo	5	ABCD
163	42	ATLAS 777	Base tallo	6	ABCDE
164	37	INIA 619	Base tallo	6	ABCDE
165	33	DEKALB 7500	Base tallo	7	ABCDEF
166	50	ATLAS 777	Base tallo	8	ABCDEFG
167	30	DEKALB 7508	Base tallo	8	ABCDEFG
168	56	ATLAS 777	Base tallo	9	ABCDEFG
169	63	ATLAS 777	Base tallo	9	ABCDEFG
170	67	ATLAS 777	Base tallo	10	ABCDEFGH
171	42	INIA 619	Base tallo	10	ABCDEFGH
172	33	DEKALB 7508	Base tallo	10	ABCDEFGH
173	50	INIA 619	Base tallo	10	ABCDEFGH
174	37	DEKALB 7500	Base tallo	11	ABCDEFGHI
175	42	DEKALB 7500	Base tallo	13	ABCDEFGHI
176	72	ATLAS 777	Base tallo	14	ABCDEFGHI
177	56	INIA 619	Base tallo	15	BCDEFGHIJ
178	50	DEKALB 7500	Base tallo	16	CDEFGHIJK
179	63	INIA 619	Base tallo	17	DEFGHIJK
180	37	DEKALB 7508	Base tallo	18	DEFGHIJK
181	67	INIA 619	Base tallo	18	DEFGHIJK
182	75	ATLAS 777	Base tallo	19	EFGHIJKL
183	56	DEKALB 7500	Base tallo	21	FGHIJKLM
184	98	ATLAS 777	Base tallo	21	FGHIJKLM
185	84	ATLAS 777	Base tallo	21	FGHIJKLM
186	81	ATLAS 777	Base tallo	21	FGHIJKLM
187	42	DEKALB 7508	Base tallo	22	GHIJKLMNOP
188	63	DEKALB 7500	Base tallo	24	HIJKLMNOP
189	50	DEKALB 7508	Base tallo	24	HIJKLMNOP
190	72	INIA 619	Base tallo	24	HIJKLMNOP
191	67	DEKALB 7500	Base tallo	25	IJKLMNOP
192	75	INIA 619	Base tallo	28	JKLMNOP
193	56	DEKALB 7508	Base tallo	30	KLMNOP
194	63	DEKALB 7508	Base tallo	30	KLMNOP
195	72	DEKALB 7500	Base tallo	33	LMNOP
196	67	DEKALB 7508	Base tallo	33	LMNOP
197	84	INIA 619	Base tallo	33	LMNOP
198	81	INIA 619	Base tallo	33	LMNOP

199	75	DEKALB 7500	Base tallo	34	MNOP
200	81	DEKALB 7500	Base tallo	34	MNOP
201	84	DEKALB 7500	Base tallo	34	MNOP
202	98	DEKALB 7500	Base tallo	35	NOP
203	98	INIA 619	Base tallo	35	NOP
204	72	DEKALB 7508	Base tallo	38	OP
205	84	DEKALB 7508	Base tallo	41	P
206	81	DEKALB 7508	Base tallo	41	P
207	75	DEKALB 7508	Base tallo	41	P
208	98	DEKALB 7508	Base tallo	42	P
<b>Promedio</b>				5.1	

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p >$

0.05).

## Capítulo IV: Discusión

Se reconocieron e identificaron los síntomas de la enfermedad de la pudrición del tallo en maíz, provocada por la bacteria *Erwinia chrysanthemi*, observados dentro del invernadero, siendo estos resultados relativamente igual a lo que afirma Ordosgoitty et al. (1974), quien también describió que la aparición de los primeros síntomas son manchas amarillentas en la zona infectada, que presentan una apariencia acuosa, lo cual se dio en el caso de la zona de la base del tallo de la planta de maíz. Subsiguientemente estas manchas se extienden y se vuelven a tornar de un color un tanto más oscuro (castaño rojizo). Y en última instancia los tejidos dañados emiten un fétido olor, que puede ser evidenciado al palpar dicha área afectada con los dedos.

Lo que estimuló y provocó a que la enfermedad lograra desplegar con mayor facilidad dentro del invernadero, no sólo fue el hecho de que las inoculaciones se realizaron directamente en el tejido vegetal, sino que también influenció las temperaturas registradas en el experimento desde mayo hasta setiembre del 2020, desde con reconocimientos desde 16°C hasta 26.7°C, añadiendo que la humedad mínima entre esos meses fue de 54.1%, la media de 69% y la máxima de 84.4%, lo que coincide con Duran (2011) y SENASA (2018), quienes indican que las altas temperaturas y la alta humedad relativa ayudan y permiten el ingreso de la bacteria, por medio de lesiones en cualquier órgano o parte de la planta de maíz para su propagación y desarrollo. También Viera (2018), quien menciona que una de las condiciones que se necesita es una humedad de entre 25-30 °C para que la enfermedad pueda desarrollarse.

Los resultados con respecto a la evaluación del ataque de incidencia en porcentaje, fueron bajos y a esto se le atribuye, a que son todavía los primeros momentos de infección dentro de la planta y que aun la bacteria está instalándose y que recién se encontraron mayores incidencias de

ataque en las últimas evaluaciones realizadas desde los 72 a 98 días después de la siembra. Esto coincidió con el estudio realizado por Nuning & Salazar (2007), donde menciona que, en los resultados de su investigación sobre la resistencia a la pudrición bacteriana del tallo en maíz, hubo menor incidencia de ataque de la bacteria, en la semana 1 de inoculación, a una variedad de maíz y que a raíz de que van pasando las semanas, la incidencia de la enfermedad va incrementando, es decir se acelera el proceso de la infección sistémica.

Sí existió 1 híbrido tolerante a la enfermedad de la pudrición del tallo, lo que coincide con Velasco (1995), quien afirma que tolerancia es la destreza de la planta para continuar con su ciclo de vida, a pesar de la infiltración provocada por un patógeno. Pagán & Arenal (2020), quienes describen que las plantas tienen mecanismos de defensa que disminuyen el ataque de entes patógenos, lo cual también va de la mano con el avance del mejoramiento genético de las plantas. Siendo en este caso el híbrido que destacó por ser el más tolerante a *Erwinia chrysanthemi*, ATLAS 777, por presentar el menor porcentaje de ataque de la bacteria con una incidencia promedio del 5.05%; esta respuesta se atribuye a que las plantas de maíz de este híbrido forman sustancias bacteriostáticas que detienen el crecimiento y reproducción de la bacteria para matarlo finalmente (Correa et al. 2017). Otra respuesta o manera de las plantas de responder, ante el ataque de una bacteria es también la elaboración de fitoalexinas y péptidos antimicrobianos, siendo este un mecanismo de defensa, la cual produce enzimas tóxicas que retrasan el desarrollo o impiden el ingreso del patógeno a nivel sistémico dentro de la planta (Solanilla, Palacios, & Maggiorani, 2005). Suriani, Patandjengi, & Junaid (2021), quienes también describen a la bacteria como un patógeno altamente virulento, a través de pruebas bioquímicas, fisiológicas y moleculares, lo cual testifica que el patógeno pudre los tejidos vegetales y esto se debe a la secreción de ciertas enzimas, lo cual provoca que las paredes

celulares de la planta se degraden. El segundo híbrido más tolerante según los resultados fue INIA 619 que presentar un 8.33% de incidencia de ataque, demostrando así que, ambas variedades han sido formados en la costa norte del Perú, siendo más vigorosos (Viera, 2018). A diferencia de los híbridos DEKALB, siendo el caso del DEKALB 7508, quien se mostró como el más susceptible con una infección promedio de 13.26%, y esto se debe a que este tipo de híbridos han sido formados para climas templados, ya que este patógeno se encuentra en climas con temperaturas altas y con bastante humedad, esto hace que su propagación se genere rápidamente dentro de la planta hospedante hasta que la destruya (CIMMYT, 2004) (Farmex, 2020).

No se logró registrar síntomas significativos en las posiciones inoculadas en el quinto nudo y mazorca, tampoco para el testigo, en cambio la mayor incidencia se encontró en la base de tallo con 36.90%. Esta alta incidencia, se atribuye al sinergismo con las bacterias que se encuentran en el suelo, ya que las *Erwinias* son bacterias de suelo, que penetran la planta, y ellas deben utilizar las vías naturales, como son los estomas o las lesiones en el vegetal, para su desarrollo, lo que coincide también con el artículo elaborado por el Dr. Jim Stack, el cual señala que la infección se extiende con mayor facilidad desde la raíz hasta la mazorca, gracias a ciertas heridas o lesiones en la planta (Stack, 2023). Lo que también concuerda con Lohuis (1990), quien alega que una de las formas de transmisión de esta enfermedad es por medio del suelo y que dicho patógeno puede lograr su supervivencia durante una aproximación de 10 semanas. El porqué de las mayores incidencias de ataque en esta zona en específico, concuerdan también con Correa A (2017), Viera (2018) y Ramírez (2014), ya que estos autores afirman que las fuentes potenciales de contaminación son el agua de irrigación y el suelo, necesitando obligatoriamente de la presencia de heridas en la planta, en este caso la causada por la inoculación con la jeringa.

## Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

Bajo las condiciones en que se realizó este estudio, los materiales utilizados y los resultados obtenidos con un 95% de confiabilidad y un error alfa de 0.05, se concluyó lo siguiente:

El híbrido ATLAS 777 resultó ser el más tolerante al ataque de *Erwinia chrysanthemi*, por presentar el 5.05% de incidencia en promedio, superando estadísticamente al híbrido INIA 619, que presentó 8.33% de incidencia; en cambio, los híbridos DEKALB fueron los más susceptibles o menos tolerantes, siendo DEKALB 7508, el que presentó mayor incidencia de ataque con 13.26%.

La etapa fenológica que resultó ser más tolerante a *Erwinia chrysanthemi*, fue la etapa fenológica de R5, del maíz, esta etapa comprende desde que inicia el crecimiento vegetativo de la planta hasta los 102 días después de la siembra, para los híbridos ATLAS 777 e INIA-619, desde la aparición de síntomas de la enfermedad a partir de la primera inoculación en la base del tallo a los 30 días, hasta los 98 días después de la siembra para ambos casos, sin existir diferencias significativas en incidencia.

El grado de incidencia se midió en base al porcentaje. El porcentaje promedio de incidencia para los 4 híbridos fue de 36.90%. En la evaluación a los 30 días, se observó una incidencia del 1.82%, que fue creciendo hasta 15.23% a los 98 días. Atlas 777 presentó la menor incidencia con 5.05%, superando a INIA 619 que presentó 8.33%; mientras que, DEKALB 7508 con 13.26% presentó la mayor incidencia.

El grado de severidad fue categorizado en porcentajes y en escalas. El promedio de severidad en la base del tallo, para los 4 híbridos fue de 5.25%. En la evaluación a los 30 días, se observó un porcentaje del 4%, que fue creciendo a un 33%, hasta los 98 días. ATLAS 777 presentó menor severidad con 3% clasificado en la escala a grado 2, superando a INIA 619, con 5% y en grado 3; mientras que, DEKALB 7500 presentó un 6% con grado 3 y el DEKALB 7508 presentó el mayor porcentaje de severidad, con 7% y en grado 3.

Los síntomas y signos de *Erwinia chrysanthemi*, fueron: presencia de plantas con el tejido de la base del tallo de color entre crema y amarillento que exteriorizaba mal olor. En plantas adultas los síntomas fueron más notorios, debido al tiempo de infección, como lo fue un aspecto acuoso con síntomas de pudrición, en las cuales persistía en mal hedor. No se logró identificar síntomas en los híbridos que sirvieron de testigo, ni tampoco en el tercio medio y superior.

## **5.2 Recomendaciones**

Para prevención de la enfermedad hacer labor de Roguing, que separa plantas susceptibles o indeseables, acompañado de algún tratamiento con cal.

Realizar tratamiento a las semillas previo a la siembra, para vigorizar a la plántula y evitar alguna contaminación, aparición y proliferación de la bacteria.

Llevar el experimento a nivel de campo definitivo, para obtener resultados en cuanto a comparación de rendimientos con el híbrido ATLAS 777 y las variedades comerciales de maíz amarillo duro, que utilizan normalmente los pobladores de dicha zona.

Mediante el resultado de la investigación, recomendar a los pobladores y agricultores de la zona de Santa Clara, Pítipo Ferreñafe, mediante charlas gratuitas, sobre el híbrido que resultó ser el más tolerante ante esta enfermedad, más conocida como la pudrición blanda del tallo, y así ellos puedan tener opciones al momento de la siembra y su producción sea exitosa.



## Referencias

- Aguilar, R. (2021). ScieloPeru. *Pudrición blanda en el pseudotallo de banano orgánico (Musa sp): sintomatología, caracterización cultural y bioquímica, patogenicidad y alternativas de manejo*: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2077-99172021000400571](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172021000400571)
- Archila, G. Y. (2019). Universidad Nacional de Colombia. *Etiología de la pudrición del tallo del maíz (Zea mays L.) en el trópico frío Colombiano, el caso del Valle Ubaté.*:  
[file:///C:/Users/user/Downloads/TESIS%20MALDONADO%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/TESIS%20MALDONADO%20(1).pdf)
- Banco Central de Reserva del Perú, Piura [BCRP]. (Junio de 2003). *Síntesis Lambayeque. Estudios Económicos*: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Piura/2003/Sintesis-Lambayeque-06-2003.pdf>
- CABI, EPPO. (2023). Data Sheets on Quarantine Pests. *Erwinia chrysanthemi*:  
[file:///C:/Users/user/Documents/marzo%202023%20tesis/ds\\_ERWICH\\_en.pdf](file:///C:/Users/user/Documents/marzo%202023%20tesis/ds_ERWICH_en.pdf)
- CIMMYT. (10 de Abril de 1997). I Curso Internacional Sobre Diagnóstico y Enfermedades en Maíz. *Seminario Taller de Cosecha de Maíces de la Zona Andina*:  
<http://bibliotecadigitalagronet.gov.co/bitstream/11348/4968/1/095.pdf>
- CIMMYT. (2004). Enfermedades de Maíz del CIMMYT. *Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo*:  
<https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/715/25905.pdf>
- Correa, J. C., Iral, R., & Rojas, L. (Junio de 2006). Revista Colombiana de Estadística. *Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza*: <https://docplayer.es/12000323-Estudio-de-potencia-de-pruebas-de-homogeneidad-de-varianza.html>

EPPO . (2021). Base de datos Mundial de la EPPO. *Erwinia chrysanthemi*:

<https://gd.eppo.int/taxon/ERWICH/distribution>

EPPO. (1997). European and Mediterranean Plant Protection Organization. *Base de datos*

*mundial de la Eppo*: <https://gd.eppo.int/reporting/article-3932>

EPPO. (04 de Diciembre de 2021). *Erwinia chrysanthemi* (ERWICH). Distribution:

<https://gd.eppo.int/taxon/ERWICH/distribution>

EPPO. (2023). Eppo. *European and Mediterranean Plant Protection Organization*:

<https://www.eppo.int/>. EPPO:

Falconseeds. (31 de Enero de 2020). Falcon Seeds. *Tolerancia a Plagas y Enfermedades.*:

<https://www.falconseeds.com/post/tolerancia-a-plagas-y-enfermedades>

Farmex. (2020). Farmex vínculos fértiles. *Maíz Dekalb 7508*:

<https://www.farmex.com.pe/producto/maiz-dekalb-7508/>

Ferreira Pinto, M., Cruz, M., & Oliveira, H. (1994). European and Mediterranean Plant

Protection Organization. *La ocurrencia en Portugal de la enfermedad bacteriana de los cultivos de maíz causada por Erwinia chrysanthemi* .:

<https://gd.eppo.int/reporting/article-4271>

Franco, Y. C., Muñoz, Y. C., & Corral, A. F. (2019). Academia. *La investigación: tipos, normas,*

*acopio de datos e informe final.*:

[https://www.academia.edu/44419344/CORRAL\\_CORRAL\\_Y\\_FRANCO\\_LA\\_INVESTIGACION](https://www.academia.edu/44419344/CORRAL_CORRAL_Y_FRANCO_LA_INVESTIGACION)

- Gamboa, M. A. (2018). Agronomía Costarricense. *Incidencia y severidad de Olivea tectonae y Rhabdopterus sp. en plantaciones jóvenes de Tectona grandis L.f. bajo distintas modalidades de control de Arvenses*: [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v43n01\\_009.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v43n01_009.pdf)
- Gerena, E. (25 de Marzo de 2014). Slide Player. *Patología en la planta de Aloe Vera*: <https://slideplayer.es/slide/1112866/>
- Google Eart. (2023). Google Eart. *Estación Experimental Agraria Vista Florida. INIA*: <https://earth.google.com/web/search/Estaci%C3%B3n+Experimental+Agraria+Vista+Florida+-+INIA,+Ferre%C3%B1a,+Chiclayo/@-6.72695245,-79.77889944,41.75495389a,1467.16957446d,35y,20.63>
- Hernández, & Trujillo. (Agosto de 2004). Redalyc. *Relaciones serológicas entre aislamientos bacterianos de los géneros Erwinia, Pectobacterium y Pantoea.*: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33909508>
- Inaturalist. (2023). InaturalistEc. *Erwinia chrysanthemi*: <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/382337-Erwinia-chrysanthemi>
- INIA. (Setiembre de 2012). Repositorio Institucional. *INIA 619 Megahíbrido : Híbrido simple de maíz amarillo duro*: <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/521>
- INTAGRI. (2017). Las Fitoalexinas como mecanismos de defensa de las plantas. *Serie Fitosanidad. Núm. 97. Artículos Técnicos de INTAGRI*: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/las-fitoalexinas-como-mecanismo-defensa-en-las-plantas#:~:text=Las%20fitoalexinas%20son%20espec%C3%ADficas%20de,de%20plantas%20superiores%20y%20animal>

Interoc. (2021). Interoc Pasión por la Innovación. *ATLAS 777*:

<https://www.interoc.biz/producto/atlas-777/>

Ivancovich, A., & Lavilla, M. Á. (Agosto de 2016). Engormix. *Propuestas de escalas para la evaluación, a campo y en laboratorio, del “tizón foliar” y la “mancha púrpura de la semilla”, causadas por Cercopora kikuchii, en soja.:*

<https://www.engormix.com/agricultura/articulos/propuestas-escalas-evaluacion-campo-t40660.htm>

John Elphinstone. (2007). British Potato Council. *Erwinia chrysanthemi - The Facts*:

<https://www.veksthusinfo.no/dokument/1372763830.pdf>

Liu, Q., Xiao, W., & Wu, Z. (Noviembre de 2016). Journal of plant pathology. *Identificación de Dickeya dadantii como agente causal de la pudrición de la vaina bacteriana del banano en china.:* <https://www.jstor.org/stable/44280493>

Marín, E. B. (2012). Innova Corfo. *Cultivo de maíz Lluteño*: [http://sb.uta.cl/libros/32305-](http://sb.uta.cl/libros/32305-MANUAL%20CULTIVO%20web.pdf)

[MANUAL%20CULTIVO%20web.pdf](http://sb.uta.cl/libros/32305-MANUAL%20CULTIVO%20web.pdf)

Martínez, M. E. (2021). Principales enfermedades del maíz (Zea mays, L.) en Ecuador. *Revista*

*Científica Agroecosistemas*, 9(2), 53-59: [file:///C:/Users/user/Downloads/469-](file:///C:/Users/user/Downloads/469-Texto%20del%20art%C3%ADculo-900-1-10-20210922%20(6).pdf)

[Texto%20del%20art%C3%ADculo-900-1-10-20210922%20\(6\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/469-Texto%20del%20art%C3%ADculo-900-1-10-20210922%20(6).pdf)

MINAGRI. (Mayo de 2021). Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego . *Maíz Amarillo Duro*:

*MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO.*

Ministerio de Agricultura y Riego . (2021). Marco Orientador de Cultivos 2020-2021. *Maíz*

*Amarillo Duro*: <https://gestionparticipativa.pe.iica.int/Procesos/Marco-Orientador->

Cultivos/Presentacion/Analisis-economico-por-cultivo-priorizado/Maiz-amarillo-duro.aspx

Minitab. (2023). Minitab Statistical Software. *Interpretar los resultados clave para la ANOVA de un solo factor*: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/statistical-modeling/anova/how-to/one-way-anova/interpret-the-results/key-results/>

Myung, I., Jeong, I., & Moon, S. (17 de Setiembre de 2010). *BSPP. First report of bacterial stalk rot of sweet corn caused by Dickeya zeae in Korea*:  
<https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.5197/j.2044-0588.2010.022.015>

Nalimvoa, M. S., & Suárez, A. G. (Setiembre de 2007). Redalyc. *El servicio de diagnóstico de las bacterias fitopatógenas en Cuba: Desarrollo y Alcances*:  
<https://www.redalyc.org/pdf/2091/209116023001.pdf>

Németh, J., & László, E. (1995). European and Mediterranean Plant Protection Organization. *Ocurrencia de pudrición blanda en Hungría, causada por Erwinia chrysanthemi en papa y maíz*: <https://gd.eppo.int/reporting/article-4352>

Nuning, & Salazar, A. M. (2007). Indonesian Journal of Agricultural Science. *Diallel analysis of resistance to bacterial stalk rot (Pectobacterium chrysanthemi pv. zeae Burk., Mcfad. and Dim.) in corn (Zea mays L.)*:  
[file:///C:/Users/user/Downloads/ARTICULO%20CIENTIFICO%20PHILIPINAS%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/ARTICULO%20CIENTIFICO%20PHILIPINAS%20(2).pdf)

Nutter, F., Esker, P., & Netto, R. (Diciembre de 2007). European Journal of Plant Pathology. *Conceptos de Evaluación de Enfermedades y Avances Hechos para Mejorar la Exactitud y Precisión de los Datos de Enfermedades de las Plantas.*:

file:///C:/Users/user/Downloads/Diseaseassessmentconceptsandtheadvancementsmadeini  
mpro

Ordosgoitty F., Santos P. y Haddad G. (1974). La pudrición acuosa del pseudotallo del plátano y su presencia en tres regiones plataneras de Venezuela. *Agronomía Tropical* 24(4): 97-106.

Pagán, I., & Arenal, F. G. (20 de mayo de 2020). Centro de biotecnología y genómica de plantas.

*La tolerancia: una defensa central de las plantas a los patógenos:*

<https://www.cbgp.upm.es/index.php/es/allcategories-es-es/17-noticias-2020/274-la-tolerancia-una-defensa-central-de-las-plantas-a-los-patogenos#:~:text=La%20tolerancia%2C%20definida%20como%20la,resistencia%2C%20aunque%20mucho%20menos%20estudiado.>

Peralta, E. D. (2011). Colegio de Postgraduados. *Deteccion de Erwinia chrysanthemi pv zea (sabet 1954), 1975 en miaz en morelos mexico:*

[http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/555/Duran\\_Peralta\\_E\\_MC\\_Fitopatologia\\_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/555/Duran_Peralta_E_MC_Fitopatologia_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Pulido, H. G., & Salazar, R. d. (2008). McGraw- Hill Interamericana. *Análisis y Diseño de*

*Experimentos:*

[https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis\\_y\\_diseno\\_experimentos.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf)

Sampieri, H., & Mendoza. (Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C de 2018). Revista

Universitaria Digital de Ciencias Sociales. *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta:*<https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>

- Samson, R., Legendre, J. B., & Christen, R. (2005). International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. *Transfer of Pectobacterium chrysanthemi*:  
<https://www.microbiologyresearch.org/docserver/fulltext/ijsem/55/4/1415.pdf?expires=1680106420&id=id&accname=guest&checksum=07834FC59B4751BD6E77661E87686405>
- Sandoval, A. C., Santos, M. M., & García, P. R. (2006). Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de estudios superiores Zaragoza. *Análisis Estadístico. Un enfoque práctico con Statgraphics*: <https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/ecocuan/statgraphics.pdf>
- SEGARPA . (2012). Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. *Guía de síntomas y Daños de la Podredumbre del tallo del maíz, Dickeya zeae*:  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/172818/Guia\\_de\\_sntomas\\_y\\_da\\_os\\_de\\_Podredumbre\\_del\\_tallo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/172818/Guia_de_sntomas_y_da_os_de_Podredumbre_del_tallo.pdf)
- Semillasvalle. (12 de Mayo de 2022). Semillas Valle SA. *Fenología y Fisiología en Cultivos de Maíz*: <https://semillasvalle.com/site/blog/fenologia-y-fisiologia-en-cultivos-de-maiz/>
- SENASA. (17 de abril de 2018). SENASA. *Ayacucho: Senasa refuerza vigilancia fitosanitaria de maíz ante constantes lluvias en Chiara*:  
<https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/ayacucho-senasa-refuerza-vigilancia-fitosanitaria-de-maiz-ante-constant-lluvias-en-chiara/>
- SENASA. (2022). Servicio Nacional de Sanidad Agraria. *Metodología de evaluación de plagas agrícolas*.: [https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu\\_public/migl/metastaller\\_SENASA\\_PI\\_meta36\\_3.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_public/migl/metastaller_SENASA_PI_meta36_3.pdf)

- Solanilla, E. L., Palacios, A. L., & Maggiorani, A. (mayo de 2005). Phytoma. *Interacciones moleculares entre Erwinia chrysanthemi, agente causal de la podredumbre blanda, y sus plantas hospedadoras*: <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/169-mayo-2005/interacciones-moleculares-entre-erwinia-chrysanthemi-agente-causal-de-la-podredumbre-blanda-y-sus-plantas-hospedadoras>
- Stack, J. (2023). Institute of Agriculture and Natural Resources CROPWATCH. *Podredumbre bacteriana del tallo*: <https://cropwatch.unl.edu/plantdisease/corn/bacterial-stalk-rot>
- Suriani, Patandjengi, B., & Junaid, M. (2021). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. *The presence of bacterial stalk rot disease on corn*: [file:///C:/Users/user/Downloads/tesis%20indonesia%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/tesis%20indonesia%20(1).pdf)
- Unda, O. E. (29 de Setiembre de 1986). INIAP. *Estudios del “volcamiento del maíz”, en Santa Catalina INIAP*: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4207>
- Vasundhara, B., & Thammaiah, N. (Junio de 2017). Department of Horticultural Plant Pathology, K.R.C. College of Horticulture. *Morphological and Biochemical Properties Useful for Identification of Erwinia chrysanthemi*: <https://www.ijcmas.com/6-10-2017/B.A.%20Vasundhara%20and%20N.%20Thammaiah.pdf>
- Velasco, V. A. (1995). Redalyc. *Mineral nutrition of higher plants*: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317303.pdf>
- Viera, J. F. (2018). Universidad Nacional de Piura Facultad de Agronomía. *Evaluación in vitro de compuestos bactericidas y eficacia en campo en el control de la enfermedad de pudrición blanda (Pectobacterium chrysanthemi) en el cultivo de banano Piura*: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1678/AGR-VIE-VIE->



2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Weather Underground. (Setiembre de 2022). Clima histórico. Pisci, Lambayeque Perú -

Ferreñafe: <https://www.wunderground.com/history>.

## Anexos:

### Anexo A.

*Análisis de Varianza para incidencia de plantas atacadas-tercio inferior  
arcoseno  $rx+1$ .*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	90.62	207	0.44	40.08	<0.0001
Edad	1.00	12	0.08	7.63	<0.0001
Hibrido	0.62	3	0.21	18.97	<0.0001
Posición	82.87	3	27.62	2529.09	<0.0001
Edad*Hibrido	0.32	36	0.01	0.80	0.7898
Edad*Posición	3.00	36	0.08	7.63	<0.0001
Hibrido*Posición	1.86	9	0.21	18.97	<0.0001
Edad*Hibrido*Posición	0.95	108	0.01	0.80	0.9222
Error	6.82	624	0.01		
<b>Total</b>	<b>97.44</b>	<b>831</b>			

*Nota.* Análisis de varianza de incidencia en el tercio inferior de la planta, donde el cociente de variabilidad ( $C_v = 12.78\%$ ).

**Anexo B.**

*Análisis de Varianza para incidencia en el tercio medio arcoseno  $x+1$ .*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo.	56.46	143	0.39	28.78	<0.0001
Edad	0.30	8	0.04	2.70	0.0066
Híbrido	0.28	3	0.09	6.77	0.0002
Posición	53.90	3	17.97	1309.36	<0.0001
Edad*Híbrido	0.07	24	2.7E-03	0.20	>0.9999
Edad*Posición	0.89	24	0.04	2.70	<0.0001
Híbrido*Posición	0.84	9	0.09	6.77	<0.0001
Edad*Híbrido*Posición	0.20	72	2.7E-03	0.20	>0.9999
Error	5.93	432	0.01		
<b>Total</b>	<b>62.39</b>	<b>575</b>			

*Nota.* Análisis de varianza de incidencia en el tercio medio de la planta, donde el cociente de variabilidad ( $C_v = 14.23\%$ ).

## Anexo C.

*Análisis de Varianza para (%) de plantas atacadas-Tercio superior  $< \arccos(x+1)$ .*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo.	0.51	66	0.01	22.33	<0.0001
Bloque	0.01	3	2.0E-03	5.83	0.0008
Edad	0.01	3	4.9E-03	14.08	<0.0001
Híbrido	2.8E-03	3	9.2E-04	2.65	0.0500
Posición	0.40	3	0.13	383.72	<0.0001
Edad*Híbrido	0.01	9	1.0E-03	2.90	0.0031
Edad*Posición	0.04	9	4.9E-03	14.08	<0.0001
Híbrido*Posición	0.01	9	9.2E-04	2.65	0.0065
Edad*Híbrido*Posición	0.03	27	1.0E-03	2.90	<0.0001
Error	0.07	189	3.5E-04		
<b>Total</b>	<b>0.58</b>	<b>255</b>			

*Nota.* Análisis de varianza para el porcentaje de ataque en el tercio superior de la planta, donde el cociente de variabilidad ( $C_v = 1.90\%$ ).

## Anexo D. Registro fotográfico del proyecto de investigación

**Figura 17.**

*Instalación del proyecto dentro del invernadero en INIA (27/05/2020).*



**Figura 18.**

*Muestras colectadas llevadas a laboratorio.*



**Figura 19.**

*Cortes transversales de las zonas afectadas para aislar la bacteria en placa petri.*



**Figura 20.**

*Inoculación en la base del tallo – 15/06/2020.*



**Figura 21.**

*Extracción de plantas enfermas con síntomas de la enfermedad.*



**Figura 22.**

*Síntomas reconocidos en la evaluación de la base del tallo de las plantas en invernadero.*





**Figura 23.**

*Observación de síntomas de infección de la bacteria en la base del tallo.*





**Figura 24.**

*Síntomas en tercio de la planta o quinto nudo de la planta.*



**Figura 25.**

*Síntomas en el tercio superior o mazorca de la planta.*



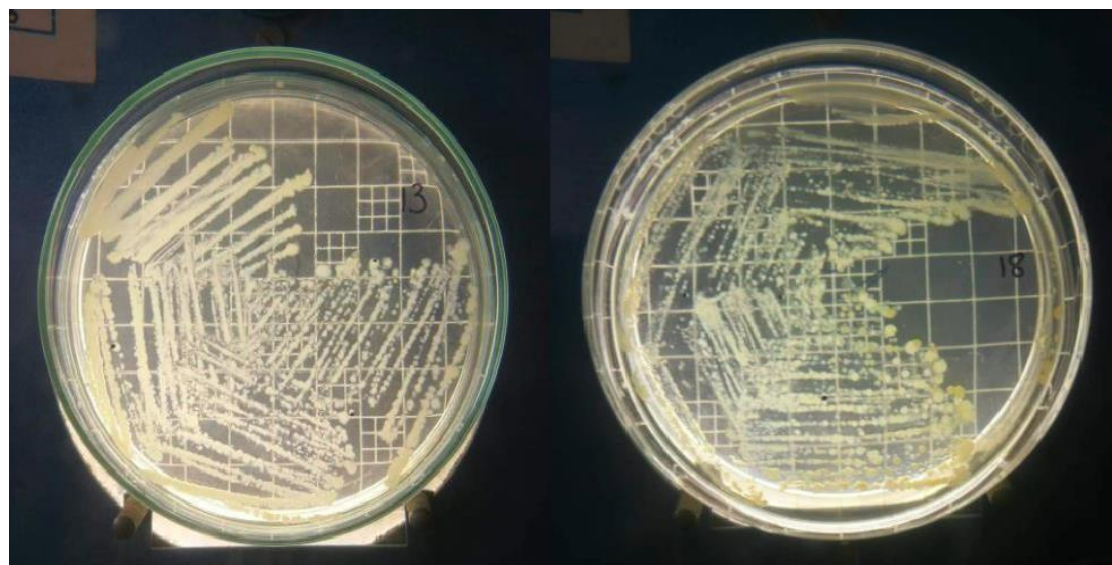
**Figura 26.**

*Muestras llevadas a laboratorio para identificar la bacteria.*



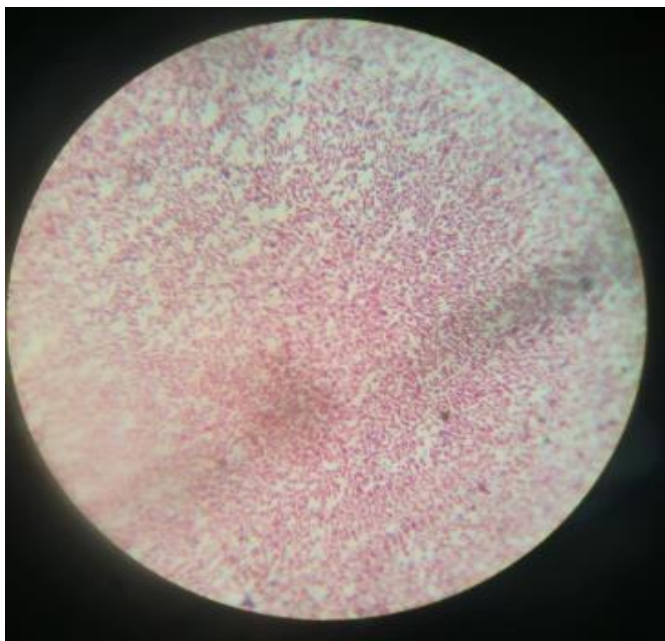
**Figura 27.**

*Imagen de la bacteria sembrada en placa petri.*



**Figura 28.**

*Observación de la bacteria Gram negativa en placa petri y a través del microscopio.*



**Figura 29.**

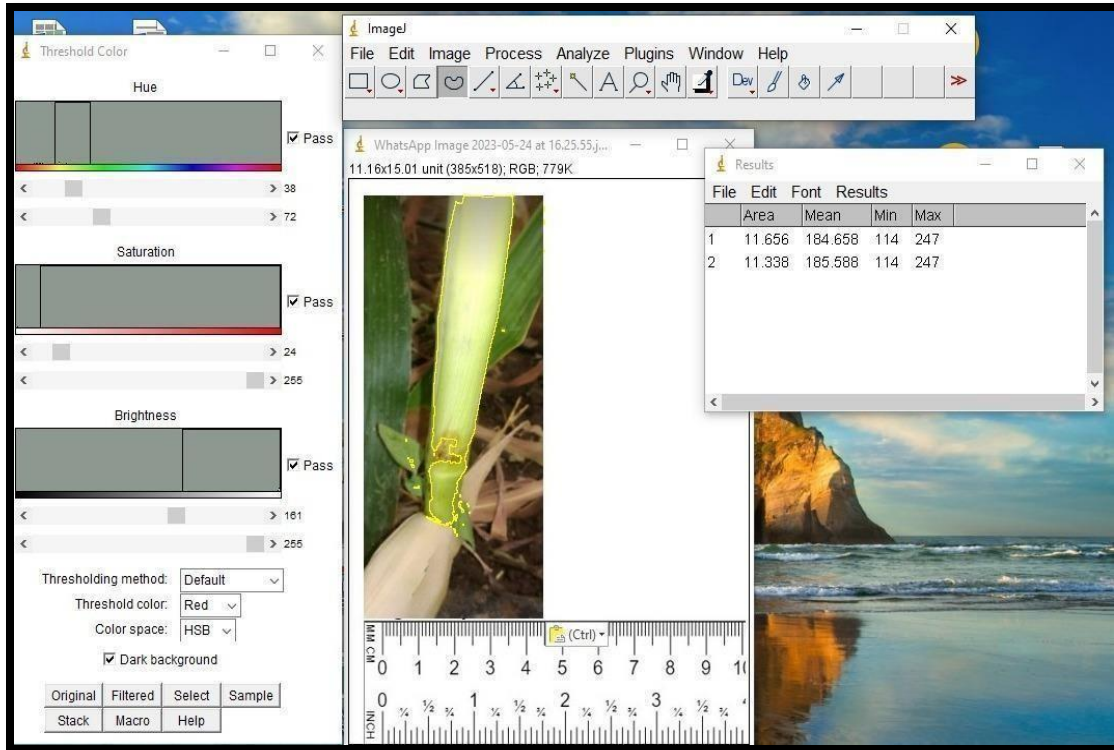
*Imagen después de los 98 días en el área experimental.*





**Figura 30.**

*Imagen del uso del programa de ImageJ para determinar el porcentaje de severidad.*



# Tolerancia de cuatro híbridos comerciales de maíz

## INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

3%

2

[repositorio.unp.edu.pe](https://repositorio.unp.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

3

[kupdf.net](https://kupdf.net)

Fuente de Internet

1%

4

[dspace.udla.edu.ec](https://dspace.udla.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

5

[repositorio.unprg.edu.pe](https://repositorio.unprg.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%

6

[docplayer.es](https://docplayer.es)

Fuente de Internet

<1%

7

[cdn.www.gob.pe](https://cdn.www.gob.pe)

Fuente de Internet

<1%

8

[colposdigital.colpos.mx:8080](https://colposdigital.colpos.mx:8080)

Fuente de Internet

<1%

9

[repositorio.unprg.edu.pe:8080](https://repositorio.unprg.edu.pe:8080)

Fuente de Internet

<1%



María Julia Jaramillo Carrión  
DNI: 1802224  
ASESOR

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo María Julia Jaramillo Carrión, Docente/ Asesor de Tesis/ Revisor del trabajo de Investigación de la estudiante Diana Paola Palomino Pérez.

Titulada:

**“Tolerancia de cuatro híbridos comerciales de maíz amarillo duro a *Erwinia chrysanthemi* en condiciones de invernadero”**, luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud del **12%** verificable en el reporte de similitud del programa turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque 29 de febrero del 2024



---

María Julia Jaramillo Carrión  
DNI: 1802224  
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
DECANATO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 010-2023-D-FAG

En la ciudad de Lambayeque a los doce días del mes de julio del año dos mil veintitrés, siendo las once de la mañana, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Agronomía los Miembros de Jurado evaluador de la tesis titulada: *"TOLERANCIA DE CUATRO HÍBRIDOS COMERCIALES DE MAÍZ AMARILLO DURO A Erwinia Chrysanthemi EN CONDICIONES DE INVERNADERO"*, designados por Decreto N° 009-2020-VIRTUAL-UI-FAG del 06 de agosto del 2020, con la finalidad de evaluar y calificar la Sustentación de la Tesis antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Mariano Agustín Ramos García  
Ing. Santos Lito Sigueñas Montalvo  
Ing. Giannina Campoverde Ventura  
Ing. María Julia Jaramillo Carrión

Presidente  
Secretario  
Vocal  
Patrocinador

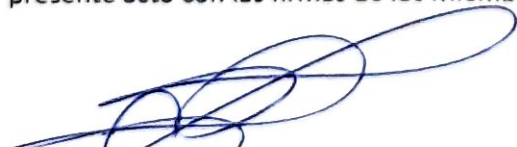
El acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 103-2023-D-FAG, con fecha 23 de junio del 2023.

La tesis fue presentada y sustentada por la Bachiller **DIANA PAOLA PALOMINO PÉREZ**, tuvo una duración...72... de minutos. Después de la sustentación y absueltas las preguntas y observaciones de los Miembros de Jurado, se procedió a la calificación respectiva otorgándole el calificativo de 18.25 en la escala vigesimal, con mención

MUY BUENO

Por lo que queda APTO para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo de acuerdo con la Ley Universitaria N° 30220 y la Normatividad vigente de la Facultad de Agronomía y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:12M se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad el presente acto con las firmas de los Miembros de Jurado.

  
Dr. Mariano Agustín Ramos García  
Presidente

  
Ing. Santos Lito Sigueñas Montalvo  
Secretario

  
Ing. Giannina Campoverde Ventura  
Vocal

  
Ing. María Julia Jaramillo Carrión  
Patrocinador







## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Diana Paola Palomino Pérez  
Título del ejercicio: Quick Submit  
Título de la entrega: Tolerancia de cuatro híbridos comerciales de maíz  
Nombre del archivo: TESIS\_DIANA\_PAOLA\_PALOMINO\_P\_REZ\_1.pdf  
Tamaño del archivo: 3.78M  
Total páginas: 133  
Total de palabras: 26,848  
Total de caracteres: 136,578  
Fecha de entrega: 29-feb.-2024 12:45p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 2308057466




UNIVERSIDAD NACIONAL  
PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

**Tolerancia de cuatro híbridos comerciales de  
maíz amarillo duro a *Erwinia chrysanthemi*  
en condiciones de invernadero.**

TESIS  
Para optar el título profesional de:  
INGENIERA AGRÓNOMA

PRESENTADO POR  
Diana Paola Palomino Pérez  
ASESOR  
Ing. Maria Julia Jaramillo Carrión  
Lambayeque – Perú 2023

  
Ing. Maria Julia Jaramillo Carrión  
Asesor