

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a man in a red robe and white collar, possibly a saint or scholar, holding a book. Above him is a golden crown with a cross. To the left is a golden castle tower, and to the right is a golden lion rampant. Below the central figure is a white horse with a rider. The entire scene is set against a blue background with green hills at the bottom. The Latin motto "ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CETERA" is inscribed around the perimeter of the seal.

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN PRODUCCIÓN DEL NÚMERO DE GRANOS
POR MAZORCA CON BASE A DÍAS DE PREPARACIÓN DE LOS ESTIGMAS ANTES
DE LA POLINIZACIÓN EN PLANTAS DOBLE HAPLOIDES EN MAÍZ (*Zea mays* L.)
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN LA EMPRESA ESQUEJES S.A.,
DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A.**

JOSÉ RICARDO RAMÍREZ CASTAÑEDA

GUATEMALA, ABRIL DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a saint, likely St. Charles, seated and holding a book. Above the figure is a golden crown. The background of the seal includes a landscape with a mountain, a river, and a city. The text "UNIVERSITAS CAROLINA ACQUIESCENS CONSPICUA" is inscribed around the top half of the seal, and "GUATEMALENSIS INTER CETERAS" is inscribed around the bottom half.

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN PRODUCCIÓN DEL NÚMERO DE GRANOS
POR MAZORCA CON BASE A DÍAS DE PREPARACIÓN DE LOS ESTIGMAS ANTES
DE LA POLINIZACIÓN EN PLANTAS DOBLE HAPLOIDES EN MAÍZ (*Zea mays* L.)
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN LA EMPRESA ESQUEJES S.A.,
DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A.**

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

JOSÉ RICARDO RAMÍREZ CASTAÑEDA

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO EN

SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, ABRIL DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Decano	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
Vocal II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
Vocal III	Ing. Agr. Jorge Mario Cabrera Madrid
Vocal IV	Bach. Sahara Yarith Méndez Anckermann
Vocal V	P. A. E. Yonshual Nehemías Xinico Ajú
Secretario académico	Ing. Agr. Victor Arturo Valenzuela Morales

GUATEMALA, ABRIL DE 2024

Guatemala, abril de 2024

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables Miembros:

De acuerdo con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN PRODUCCIÓN DEL NÚMERO DE
GRANOS POR MAZORCA CON BASE A DÍAS DE PREPARACIÓN DE LOS ESTIGMAS
ANTES DE LA POLINIZACIÓN EN PLANTAS DOBLE HAPLOIDES EN MAÍZ (*Zea mays*
L.) DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN LA EMPRESA ESQUEJES S.A.,
DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A.**

Presentando como requisito previo el título de Ingeniero Agrónomo en Sistema de Producción Agrícola, en el grado académico de licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, agradeciendo la atención prestada a la presente.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'José Ricardo Ramírez Castañeda', with a stylized flourish at the end.

José Ricardo Ramírez Castañeda

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS:** Ser supremo que me dio la vida cargada de bendiciones, en especial por permitirme culminar esta etapa tan importante en mi vida.
- A MIS PADRES:** José Ricardo Ramírez Peláez y Marcia Ivonne Castañeda Mazariegos por la confianza, el apoyo incondicional y el ejemplo que han representado lo largo de mi vida.
- A MIS ABUELOS:** José Ricardo Ramírez Cabrera por ser el máximo representante en el campo de la agricultura, siendo la mayor inspiración para seguir dicha senda. Sandra Patricia Peláez Álvarez por creer en mis capacidades, deseos de crecer profesionalmente.
- Romelia Vitalina “Mama Rome” Mazariegos Rodas (Q.E.P.D.) por guiarme espiritualmente y sembrar tanto amor en mi familia, un abrazo hasta el cielo. Sergio Emilio Castañeda Blanco por su comprensión y entendimiento, siendo un gran mentor en la política.
- A MI HERMANO:** José Alejandro Ramírez Castañeda, una persona con muchas capacidades y talentos. Que Dios te ilumine con mucha sabiduría en cada camino que emprendas.
- A MI FAMILIA:** A mis tíos: Silvia Castañeda, Errol Castañeda, Sergio Castañeda (Q.E.P.D.), René Castañeda (Q.E.P.D.), Corina Ramírez, Estuardo Ramírez, Lorena Ramírez. A mis primos: Julio Javier, Emily Ivonne, Julian, Gerardo Emilio, Sergio Dereck (Q.E.P.D.),

José Rodrigo, Bárbara Helen Daphne, Leo, María René, Andrea, Jimena, José Carlos, William David, Gabriel Adolfo, Estuardo, Patricia, Mil gracias.

A MI NOVIA

Vanessa Alejandra Gómez Caseros (Q.E.P.D.), por todos los momentos mágicos que vivimos, el apoyo incondicional que me brindaste y ese sentimiento tan puro y sincero que cada día logramos demostrarnos. Un beso y un abrazo hasta el cielo mi valiente guerrera.

A MIS AMIGOS:

Por el compañerismo y el apoyo. Marvin Flores, Juan Salguero, Ángel Reyes, Carlos Polanco, Jorge Murga “Brownny”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

A Dios

Por darme la sabiduría en mi vida.

A Guatemala

Por ser el país que me vio crecer.

**A Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Mi casa de estudio, alma mater.

**Facultad de
Agronomía**

Por los conocimientos y formación académica.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Por bendecirme en todo momento para lograr finalizar esta etapa de éxito.

FACULTAD DE AGRONOMIA: Por ser la máxima casa de estudios que me permitió formarme como un profesional en las ciencias agrícolas.

A MI ASESORES: Sincero agradecimiento al Dr. Amílcar Sánchez y al Ing. Agr. Fredy Hernández por depositar su confianza en mi persona para el desarrollo de esta investigación.

A ESQUEJES S.A.: Especialmente a la Inga. Agra. Katherine Sanchinel, al Ing. Agr. Ernesto España, Ing. Agr. Erick Martínez e Ing. Agr. Juan Santizo, por permitir la oportunidad de ejecutar prácticas universitarias en el uso de dobles haploides.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Página
ÍNICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE CUADROS	ix
RESUMEN	xii
 CAPÍTULO I	
DIAGNÓSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LA EMPRESA ESQUEJES S.A., SYNGENTA, DEPARTAMENTO DE JALAPA, MUNICIPIO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A.	
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. MARCO REFERENCIAL	3
1.2.1. Ubicación geográfica.....	3
1.2.2. Extensión y límites.....	3
1.2.3. Relieve	3
1.2.4. Clima.....	3
1.2.5. Zona de vida.....	4
1.2.6. Suelos.....	4
1.2.7. Hidrografía	5
1.2.8. Especies agrícolas	5
1.3. OBJETIVOS	7
1.3.1. Objetivo General	7
1.3.2. Objetivos Específicos	7
1.4. METODOLOGÍA	8
1.4.1. Fase de gabinete para describir los aspectos generale de la empresa esquejes	8

Contenido	Página
1.4.2. Fase de campo y el conocimiento las generalidades de campo y laboratorio.....	8
1.4.3. Fase de gabinete final principales problemas que afectan a los distintos sistemas productivos	8
1.5. RESULTADOS	10
1.5.1. Describir aspectos importante generales de la empresa Esquejes, S.A.	10
1.5.2. Conocer las generalidades sobre las actividades de campo y laboratorio.....	18
1.5.2. Nivel de laboratorio	24
1.5.3. Identificar los problemas que afectan a los distintos sistemas productivos	30
1.6. CONCLUSIONES	34
1.7. RECOMENDACIONES.....	35
1.8. BIBLIOGRAFÍAS.....	36
1.9. ANEXOS.....	37

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN PRODUCCIÓN DEL NÚMERO DE GRANOS POR MAZORCA CON BASE A DÍAS DE PREPARACIÓN DE LOS ESTIGMAS ANTES DE LA POLINIZACIÓN EN PLANTAS DOBLE HAPLOIDES EN MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LA EMPRESA ESQUEJES S.A., DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A.

2.2. INTRODUCCIÓN.....	40
2.2. MARCO TEÓRICO.....	42
2.2.1. Marco conceptual	42
2.3. Antecedentes.....	70
2.3. OBJETIVOS.....	74
2.3.1. Objetivo general	74

Contenido	Página
2.4.2. Objetivos específicos	74
2.5. HIPOTESIS	74
2.6. METODOLOGÍA	75
2.6.1. Materiales utilizados en el experimento	75
2.6.2. Descripción de tratamientos	75
2.6.3. Tratamientos.....	76
2.6.4. Diseño experimental	78
2.6.5. Modelo estadístico.....	78
2.6.6. Croquis de la evaluación	79
2.6.7. Variables de respuesta	80
2.6.8. Determinación de producción de granos por mazorca –Cosecha-	80
2.6.9. Conteo de granos y mazorcas.....	81
2.6.10. Determinación de viabilidad de polen y receptividad de estigmas establecimiento de la prueba.....	81
2.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	98
2.7.1. Determinación del número de granos por mazorcas comparando dos métodos de preparación del estigma en plantas con tres grados de madurez	98
2.7.2. Determinar la viabilidad del polen y la receptividad de estigmas en las líneas evaluadas	107
2.7.3. Comparar el efecto que produce los métodos de aislado y preparado y su respuesta en las madureces	110
2.8. CONCLUSIONES	114
2.9. RECOMENDACIONES	115
2.10. BIBLIOGRAFÍA	116

CAPÍTULO III

SERVICIOS PRESTADOS EN LA EMPRESA ESQUEJES S.A., DEL DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A.

Contenido	Página
3.1. PRESENTACIÓN.....	119
3.2. SERVICIO 1. Evaluación de la receptividad de estigmas en seis germoplasmas con cuatro madureces y dos tipos de preparado en el área de inducción de haploides	120
3.2.1. Marco teórico.....	120
3.2.2. OBJETIVO.....	121
3.2.3. METODOLOGÍA.....	121
3.2.4. RESULTADOS.....	127
3.2.5. CONCLUSIONES	134
3.2.6. BIBLIOGRAFÍAS	135
3.3. SERVICIO 2. Evaluación de tres densidades de siembra en cuatro germoplasmas en el área de inducción de haploides	136
3.3.1. Marco conceptual.....	136
3.3.2. OBJETIVOS	137
3.3.3. METODOLOGÍA.....	137
3.3.4. RESULTADOS.....	139
3.3.5. CONCLUSIONES.....	151
3.3.6. BIBLIOGRAFÍAS	152
3.4. SERVICIO 3. Evaluación de la viabilidad de polen en distintos de antigüedad del en cuatro germoplasmas en el área de inducción de haploides	153
3.4.1. Marco conceptual.....	153

Contenido	Página
3.4.2. OBJETIVOS.....	153
3.4.3. METODOLOGÍA.....	154
3.4.4. RESULTADOS.....	157
3.4.5. CONCLUSIONES	159
3.4.6. BIBLIOGRAFÍA.....	160

ÍNICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Cadena de producción para las líneas puras de maíz de Esquejes S.A.....	16
Figura 2A. Invernadero de aclimatización	37
Figura 3A. Típico invernadero de Producción	37
Figura 4A. Polinización en Inducción	38
Figura 5A. Invernadero de soya.....	38
Figura 6A. Área de procesamiento.	39
Figura 7. Fenología de una planta de maíz.....	44
Figura 8. Partes de una panoja de maíz.	53
Figura 9. Partes de una espiguilla de la panoja de maíz, a. Primera lema de la flor, b. Segunda lema de la flor, c. Palea y d. Gluma superior e inferior.	54
Figura 10. Partes de la inflorescencia femenina o espiga (ear) femenina.	56
Figura 11. Liberación del polen.....	60
Figura 12. Llenado de granos en las mazorcas como resultado de la polinización.	61
Figura 13. Desarrollo del punto negro en el grano.....	63
Figura 14. Composición de un grano de maíz con sus respectivas partes.	64
Figura 15. Comparación del mejoramiento convencional con el mejoramiento a través de la utilización de doble haploides.....	69
Figura 16. Interacción entre los niveles de los factores a evaluar.....	77
Figura 17. Croquis de la evaluación.....	79
Figura 18. Mazorca apta para cosecha.....	80
Figura 19. Establecimiento de la evaluación bajo condiciones protegidas.	81
Figura 20. Procedimiento para el aislado de jilote.	82
Figura 21. Perfil de espiga a aislar un día antes de la liberación del polen.....	83
Figura 22. Perfil de espiga a aislar el mismo día de la liberación del polen.	84
Figura 23. Procedimiento para el aislado de la espiga.	86
Figura 24. Marcas correspondientes al día de aislado de la espiga.	87
Figura 25. Procedimiento para la realización del preparado del día.	88
Figura 26. Procedimiento para la realización del preparado de la semana.....	89

Figura	Página
Figura 27. Procedimiento para la polinización de una planta.	90
Figura 28. Muestras de polen teñido correspondientes a la evaluación.	93
Figura 29. Muestras de sedas correspondientes a la evaluación teñidas con Peroxtesmo Ko.	95
Figura 30. Línea de tiempo de las actividades realizadas en la evaluación.	97
Figura 31. Producción total de granos en los tratamientos evaluados de cada línea.	103
Figura 32. Producción total de granos por línea evaluada.	104
Figura 33. Producción total de mazorcas por tratamiento evaluado.	105
Figura 34. Producción total de mazorcas por tratamiento evaluado.	106
Figura 35. Comparación de porcentajes de polinización, esterilidad y retorno de la evaluación y la producción.	111
Figura 36. Espiga estéril encontrada en la evaluación.	112
Figura 37. Resultado del aislamiento de una espiga estéril durante la evaluación.	113
Figura 38. Estimación de la receptividad a través del tiempo.	132
Figura 39. Resultados de la cantidad de embriones extraídos a través del tiempo.	133
Figura 40. Comportamiento de la variable biométrica “diámetro en centímetros” del germoplasma 19UA900032.	141
Figura 41. Comportamiento de la variable biométrica “altura en centímetros” del germoplasma 19UA900032.	141
Figura 42. Comportamiento de la variable biométrica “número de hojas” del germoplasma 19UA900032.	142
Figura 43. Comportamiento de la variable biométrica “diámetro en centímetros” del germoplasma 19IT900067.	143
Figura 44.. Comportamiento de la variable biométrica “altura en centímetros” del germoplasma 19IT900067.	143
Figura 45. Comportamiento de la variable biométrica “número de hojas” del germoplasma 19IT900067.	144
Figura 46. Comportamiento de la variable biométrica “diámetro en centímetros” del germoplasma 19UA900036.	145

Figura	Página
Figura 47. Comportamiento de la variable biométrica “altura en centímetros” del germoplasma 19UA900036.....	145
Figura 48. Comportamiento de la variable biométrica “número de hojas” del germoplasma 19UA900036.	146
Figura 49. Comportamiento de la variable biométrica “diámetro en centímetros” del germoplasma 19IT900068.....	147
Figura 50. Comportamiento de la variable biométrica “altura en centímetros” del germoplasma 19IT900068.....	147
Figura 51. Comportamiento de la variable biométrica “número de hojas” del germoplasma 19IT900068.	148
Figura 52. Resumen de embriones extraídos.	148
Figura 53. Comparación de número de granos por mazorca y mazorcas en las tres densidades de siembra evaluadas.....	149
Figura 54. Comparación de las variables biométricas en las tres densidades de siembra evaluadas.	149
Figura 55. Mazorcas cosechadas de los cuatro germoplasmas en las tres densidades de siembra evaluadas.....	150
Figura 56. Características generales de los germoplasmas seleccionados para la evaluación.	154
Figura 57. Identificación de las plantas dentro de la evaluación.	155
Figura 58. Fechas de polinización correspondientes a cada germoplasma evaluado.	155
Figura 59. Cantidad de embriones extraídos correspondientes a los cuatro germoplasmas evaluados.	157
Figura 60. Tabla resumen de los resultados de la evaluación	158

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Producción del sistema de maíz desde 2014 a inicios de 2019 en Esquejes S.A.	12
Cuadro 2. Producción del sistema de vegetales desde 2014 a inicios de 2019 en Esquejes S.A.	13
Cuadro 3. Matriz de priorización de problemas en la empresa Esquejes S.A.	31
Cuadro 4. Clasificación taxonómica del maíz.	43
Cuadro 5. Fenología del maíz (<i>Zea mays</i>).	43
Cuadro 6. Descripción de los estadios de la fase vegetativa.	45
Cuadro 7. Descripción de los estadios de la fase reproductiva.	47
Cuadro 8. Características morfológicas relacionadas de <i>Z. mays</i>	49
Cuadro 9. Tipos de madurez en maíz.	66
Cuadro 10. Características generales de las líneas seleccionadas para la evaluación.	75
Cuadro 11. Descripción de los factores evaluados.	76
Cuadro 12. Codificación de los tratamientos a evaluar en la evaluación.	77
Cuadro 13. Descripción de los números marcados en las espigas aisladas.	85
Cuadro 14. Criterios de polinización en la evaluación.	91
Cuadro 15. Metodología para la tinción del polen con FDA para la determinación de su viabilidad en la evaluación.	92
Cuadro 16. Escala de receptividad de estigmas mediante tinción por medio de Peroxtesmo Ko en la evaluación.	94
Cuadro 17. Resultados del conteo de granos y mazorcas en la evaluación.	98
Cuadro 18. Resultados del conteo del descarte en la evaluación.	99
Cuadro 19. Resultados consolidados del conteo de granos y mazorcas en la evaluación.	100
Cuadro 20. Resultados del análisis de varianza para la variable número granos/mazorca en la evaluación.	101
Cuadro 21. Conteo detallado de la producción de granos y mazorcas para cada línea en su respectivo tratamiento en la evaluación.	102

Cuadro	Página
Cuadro 22. Resultados de la toma de viabilidad de polen y receptividad de estigmas en la evaluación.	107
Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable viabilidad de polen en la evaluación....	108
Cuadro 24. Análisis de varianza y comparación múltiple de medias (Scott & Knott) para la variable receptividad de estigmas.	109
Cuadro 25. Resumen de la prueba de Scott & Knott para la madurez.	109
Cuadro 26. Comparación entre las plantas correspondientes a la evaluación y de producción.	110
Cuadro 27. Comparación entre la evaluación y la producción en porcentajes.	111
Cuadro 28. Características generales de los germoplasmas seleccionados para la evaluación	122
Cuadro 29. Identificación de las plantas pertenecientes a la evaluación para cada tipo de preparado	123
Cuadro 30. Programa de polinizaciones para los germoplasmas 19LR900019, 19PT900010 y 19JR900018.	124
Cuadro 31. Programa de polinizaciones para los germoplasmas 19GU900024, 19FP900013 y 19FP900021	124
Cuadro 32. Escala ordinal para la clasificación de la receptividad del estigma.	125
Cuadro 33. Resultados de la estimación de la receptividad de estigmas en el preparado de seda	127
Cuadro 34. Resultados de la estimación de la receptividad de estigmas en el preparado de jilote.	128
Cuadro 35. Cantidad de embriones extraídos de los seis germoplasmas evaluados	129
Cuadro 36. Resumen de la estimación de receptividad de estigmas en el preparado de seda en los seis germoplasmas evaluados.	130
Cuadro 37. Resumen de la cantidad de embriones extraídos en el preparado de seda en los seis germoplasmas evaluados	130
Cuadro 38. Resumen de la estimación de receptividad de estigmas en el preparado de jilote en los seis germoplasmas evaluados.	131

Cuadro	Página
Cuadro 39. Resumen de la cantidad de embriones extraídos en el preparado de jilote en los seis germoplasmas evaluados.....	131
Cuadro 40. Características generales de los germoplasmas seleccionados para la evaluación.	137
Cuadro 41. Programación de la toma de datos de las variables biométricas en los cuatro germoplasmas evaluados.....	138
Cuadro 42. Resumen de la variable biométrica “diámetro en centímetros” de los germoplasmas evaluados en sus distintas densidades	139
Cuadro 43. Resumen de la variable biométrica “altura en centímetros” de los germoplasmas evaluados en sus distintas densidades.....	139
Cuadro 44. Resumen de la variable biométrica “número de hojas” de los germoplasmas evaluados en sus distintas densidades.....	140

RESUMEN

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN PRODUCCIÓN DEL NÚMERO DE GRANOS POR MAZORCA CON BASE A DÍAS DE PREPARACIÓN DE LOS ESTIGMAS ANTES DE LA POLINIZACIÓN EN PLANTAS DOBLE HAPLOIDES EN MAÍZ (*Zea mays* L.) DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN LA EMPRESA ESQUEJES S.A., DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY IN PRODUCTION OF THE NUMBER OF GRAINS PER COB BASED ON DAYS OF STIGMA PREPARATION BEFORE POLLINATION IN DOUBLE HAPLOID PLANTS IN CORN (*Zea mays* L.) DIAGNOSIS AND SERVICES PROVIDED IN THE COMPANY ESQUEJES S.A., DEPARTMENT OF JALAPA, GUATEMALA, C.A.

El presente trabajo de graduación está conformado por tres componentes: el diagnóstico, la investigación y los servicios, los cuales se realizaron en la empresa Esquejes S.A. del departamento de Jalapa. Desarrollado a través del Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, durante el periodo de práctica de febrero del 2019 a noviembre del año 2019.

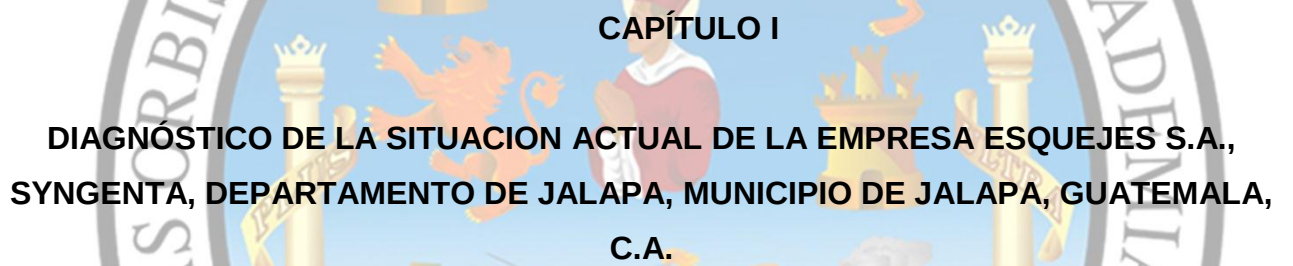
El diagnóstico se realizó con el objetivo de identificar los principales problemas que afectan las semillas de maíz mediante el uso de doble haploide. Las actividades de la empresa relacionadas con la producción se dividen en dos niveles: campo y laboratorio. Como logro obtenido del diagnóstico se identificó a nivel de campo la inducción de haploides, producción de líneas doble haploides, procesamiento de semillas, mantenimiento, logística, calidad, vegetales y agronomía; por otra parte, las pertenecientes a nivel de laboratorio son desinfección de mazorcas, extracción de embriones, selección y tratamientos, preparación de medios y soporte, y climatización, muestreo y trasplante. Los principales problemas detectados fueron la desincronización entre la exposición del polen y los estigmas, los altos niveles de salinidad en los invernaderos, la deficiencia de micronutrientes en el cultivo de maíz y la pudrición apical en el chile pimiento.

El segundo capítulo consistió en la evaluación de la eficiencia en producción del número de granos por mazorca con base a días de preparación de los estigmas antes de la polinización en plantas doble haploides en maíz (*Zea mays* L.) con la finalidad de evaluar tres líneas doble haploides de maíz (*Zea mays* L.) de tres tipos de madurez empleando dos métodos de aislado de la espiga y preparado de los estigmas. Se esperó que existiera una diferencia entre los dos métodos en la producción de número de mazorcas y de granos por mazorca, así como una diferencia entre la viabilidad del polen y la receptividad del estigma en los dos métodos. Esta evaluación fue realizada en la empresa Esquejes S.A. (Centro de Investigación de Cultivos), municipio de Jalapa, departamento de Jalapa, en el área de *Producción de Líneas Doble Haploides*.

Los resultados de la evaluación no presentaron diferencias significativas entre los dos métodos de aislado y preparado ya que las líneas contempladas en la evaluación resultaron ser estériles como consecuencia de una malformación de la espiga masculina resultando en una producción reducida de mazorcas. Dentro de los resultados es notable una diferencia en el coeficiente de variación de la variable número de granos por mazorca mas no en las variables viabilidad de polen y receptividad de estigmas, estas de igual forma no presentaron diferencias significativas. Finalmente, la evaluación no cumplió con los objetivos esperados, sin embargo, en ella pudo visualizarse el comportamiento de este tipo de materiales.

El tercer capítulo consistió en tres servicios el primer servicio consistió en la evaluación de la receptividad de estigmas en seis germoplasmas con cuatro madureces y dos tipos de preparado en el área de inducción de haploides y como resultados obtenidos se logró de la receptividad del estigma para el preparado de seda y el de jilote son los días 3 y 4 respectivamente, el segundo servicio fue evaluación de tres densidades de siembra en cuatro germoplasmas en el área de inducción de haploides, los resultados obtenidos fueron los cuatro germoplasmas presentaron en su mayoría mejores resultados en sus variables biométricas en la densidad de siembra a 0.18 m. y su mayoría la cantidad de granos por mazorca se presentó en la densidad siembra normal a 0.18 m y el tercer servicio fue evaluación de la viabilidad de polen en distintos de antigüedad del en cuatro germoplasmas en el área de inducción de haploides y como logro se obtuvo de los resultados se observó que el día que presenta la mayor viabilidad de polen es el día 1 con 167 embriones extraídos

y la tendencia que presenta la viabilidad de polen en el inductor de característica de anillo definido es decreciente.



1.1. INTRODUCCIÓN

El presente informe de diagnóstico forma parte del ejercicio profesional supervisado de agronomía (EPSA), el cual es requisito indispensable del programa. Este tiene como fin diagnosticar de forma general el área donde el estudiante ejerce sus prácticas. A través de este podrán identificarse problemáticas que se dan dentro del sitio con el fin de plantear servicios a ejecutar durante la estadía el estudiante en la empresa, así como la propuesta de un proyecto de investigación.

La empresa Esquejes S.A., localizada en el departamento de Jalapa, municipio de Jalapa, se caracteriza principalmente por ser productora en semilla de maíz mediante el uso de dobles haploides, también se dedica a la producción de semillas de vegetales. Sus operaciones como empresa productora de semillas han sido reciente. Anteriormente la empresa se dedicaba a la producción de esquejes de geranio y semillas de flores. Las actividades de la empresa relacionadas con la producción se dividen en dos niveles: campo y laboratorio.

Las actividades de campo están enfocadas a la producción de mazorcas con haploidía inducida, estas son destinadas al laboratorio donde se realiza el doblaje cromosómico de forma *in vitro*, el producto son plantas doble haploides las cuales son trasplantadas a campo nuevamente para la producción de líneas puras de maíz. La cosecha de las líneas puras es destinada a un área de procesamiento de semillas donde se procesan las mazorcas cosechadas para obtener semillas listas para ser devueltas a los fitomejoradores. Todos los procesos dentro de la empresa están auxiliados y supervisados por controles de calidad, salud y seguridad laboral y ambiental, así como de planes de mejora continua.

Como resultados obtenidos de la descripción de los aspectos de proyectos generales de la empresa Esquejes, S.A., se logró identificar procedimientos relacionados con la producción de mazorcas con haploidía inducida, desde su fase de laboratorio hasta la fase de campo y post – cosecha, así mismo se identificó los principales problemas que surgen en la empresa

dentro de los mismos procesos productivos como lo fueron; la desincronización entre la exposición del polen y los estigmas y los altos niveles de salinidad en los invernaderos.

1.2. MARCO REFERENCIAL

1.2.1. Ubicación geográfica

La empresa Esquejes S.A. está localizada en el municipio de Jalapa, departamento de Jalapa, Barrio Llano Grande, km 165.5 carretera de Jutiapa a Jalapa, a una altitud de 1,356 m s.n.m. Está se ubica a 100 km de la ciudad capital y a 5 km de la cabecera municipal. Las coordenadas del sitio son 14°35'42.28" latitud norte y 89°57'56.75" longitud oeste.

1.2.2. Extensión y límites

El sitio cuenta con una extensión total de 41.04 ha, de estas 14.34 están techadas para diversos usos. Teniendo como límites los siguientes predios: al norte, una propiedad a nombre del Sr. Argueta Orellana; al sur, una propiedad al nombre del Sr. Portillo Sandoval; al este, con la carretera CA-19; al oeste, con una propiedad del Sr. Pinto Sandoval (Domínguez Salazar, 2017).

1.2.3. Relieve

Las pendientes fuera de los invernaderos son consideradas como planas mientras dentro de estos oscila entre el 3 % y el 5 % a partir de los 50 m (Domínguez Salazar, 2017).

1.2.4. Clima

Las condiciones climáticas de la zona en general son predominantemente semicálidas y templadas con una temperatura promedio de 20.5 °C, una máxima de 33 °C y una mínima de 16 °C. La precipitación anual tiene una variación de 600 mm a 1200 mm, la radiación solar es de 1.5 cal/min/cm². Los vientos se presentan con intensidad en la época seca desplazándose de norte a sur. La humedad relativa al amanecer suele ser del 75 % al 95 %, y al medio día del 30 % al 70 % (González Lemus, 2004).

Directamente en las áreas productivas de la empresa se han registrado las siguientes condiciones climáticas:

- **Temperatura**

El sitio se caracteriza por tener temperaturas medias anuales que oscilan de 10 °C a 38°C, sin embargo, dentro de los invernaderos la temperatura media suele ser de 38°C y arriba de los 42 °C en época de calor.

- **Humedad relativa**

En el exterior suele ser del 84 %, mientras en el interior de los invernaderos de un 70 %.

- **Precipitación**

La precipitación anual promedio suele ser de 120 cm.

1.2.5. Zona de vida

Según Holdridge, el municipio de Jalapa pertenece a la clasificación bh-S (t), Bosque Húmedo Subtropical Templado (CONAP, 2007).

1.2.6. Suelos

Los suelos del municipio de Jalapa son poco profundos, de coloración clara sobre ceniza volcánica cementada, con drenaje excesivo. El suelo superficial y el subsuelo pueden llegar a encontrarse a una profundidad de 10 cm a 30 cm, se caracteriza por ser franco arenoso de coloración gris a amarillo grisáceo. Estos suelos forman parte de las series Mongoy, Alzatate y Jalapa cubriendo casi dos tercios de la superficie de la zona. Las últimas dos series

mencionadas se caracterizan por tener pendientes variantes del 12 % al 45 %, estos suelos son aptos para cultivos permanentes y bosques. La serie Mongoy se caracteriza por no tener pendientes mayores al 12 %, tiene topografía plana con leves variaciones en la pendiente anteriormente mencionada, es apto para una gran variedad de cultivos (Simmons, 1959).

El suelo de las calles entre los invernaderos está compuesto de arena volcánica y piedrín. El suelo dentro de los invernaderos destinados para el cultivo de maíz es de clasificación arcillosa según Bouyoucos. Este se compone de 52 % de arcilla, 13 % de limo y 35 % de arena. La densidad de estos suelos es de 1.08 g/cm³ (Domínguez Salazar, 2017).

1.2.7. Hidrografía

En época lluviosa el río más caudaloso es el río Jalapa, sin embargo, en la época seca el recurso hídrico es extremadamente limitado. Los principales ríos de la región son río blanco, Orchoj, Agua Zarca, río Frío, Irisapa y Confitero. También existen lagunetas como Salfate, Achiotes, Los Izotes, El Sapo, El Pito, Itzacoba, del Jutillo, Quebraditas Parinaque y Changuite (MINECO, 2017).

1.2.8. Especies agrícolas

Dentro del sitio podemos encontrar los sistemas de maíz (*Zea mays* L.), Soya (*Glycine max* L.), Tomate (*Solanum lycopersicum* L.), y Chile pimiento (*Capsicum annuum* L.).

- **Cultivo de maíz**

Es el principal cultivo dentro del sitio. Líneas puras de varias regiones del mundo ingresan con el fin de producir semillas mediante la técnica de los dobles haploides para que estas regresen a los fitomejoradores.

- **Cultivo de soya**

Introducido recientemente. Este cultivo consiste en una prueba piloto para impulsar su producción en el país.

- **Cultivo de tomate y chile pimiento (vegetales)**

Con fines de producción de semillas empleando determinados cruces según lo indicado por el fitomejorador.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Realizar un diagnóstico de la empresa Esquejes S.A. en sus distintas áreas de producción para plantear propuestas de servicios y un plan de investigación.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Describir aspectos de proyectos generales de la empresa Esquejes, S.A.
2. Conocer las generalidades sobre las actividades de campo y laboratorio.
3. Identificar los problemas que afectan a los distintos sistemas productivos

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Fase de gabinete para describir los aspectos generales de la empresa Esquejes

Esta fase consiste en la recolección de información general del sitio como lo son el clima, los suelos, zona de vida, etc.; esta información fue recolectada consultando literatura disponible para su revisión externa e interna de la empresa.

1.4.2. Fase de campo y el conocimiento las generalidades de campo y laboratorio

Para realizar esta fase, se contemplaron las siguientes actividades:

- **Observación:** en las distintas áreas de trabajo para realizar un reconocimiento de la empresa con el fin de recopilar información sobre los distintos sistemas productivos.
- **Entrevistas personales:** dirigidas a personal dentro de la empresa entre ellos operarios, supervisores de grupo, supervisores de área y gerentes de área con el fin de conseguir información sobre los procesos.
- **Práctica de las actividades:** realizar las actividades en primera persona para comprender los procesos y plantear dudas sobre los mismos que puedan consultarse con el personal para su resolución

1.4.3. Fase de gabinete final principales problemas que afectan a los distintos sistemas productivos

Con la información recopilada en el reconocimiento general de la empresa y las actividades en campo y laboratorio, esta se procesó de tal forma en la que los procesos realizados se expliquen de una manera completa y ordenada, así como la descripción general de la empresa.

Para el análisis de la información recopilada en la detección de los problemas dentro de la empresa se contempló la realización de una matriz de priorización de problemas para identificar los problemas en una escala de mayor gravedad a menor gravedad.

1.5. RESULTADOS

1.5.1. Describir aspectos importante generales de la empresa Esquejes, S.A.

La empresa Esquejes S.A. comenzó sus actividades en el año 1996 siendo establecida en el departamento de Jalapa, municipio de Jalapa por iniciativa de la familia Goldsmith. Ellos establecieron las instalaciones para la producción y corte de geranio. En el año 2004 las actividades principales de la empresa estuvieron destinadas a la producción de semillas de flores. En el año 2008, Syngenta adquiere la empresa de semillas Goldsmith, y con esto adquieren Esquejes S.A. En el año 2014 inician las actividades de investigación y desarrollo, con ello se instala dentro del sitio el Laboratorio de Rescate de Embriones Doble Haploides (LRDH) siendo esto un proceso clave para el desarrollo de esta dentro del campo del fitomejoramiento de maíz a nivel regional el cual continúa hasta la fecha.

A. Proyectos dentro de la empresa

- **Maíz**

Dentro de este sistema productivo se encuentran los proyectos ERDH (conocido como embriones de rescate doble haploides) y HVDH (conocido como *high value double haploid*, o cultivo de alto valor). Este último es notable por tener características genéticas de suma importancia para los fitomejoradores.

- **Soya y vegetales**

En este sistema están los cultivos de chile (Blocky, Jalapeño y Ancho), tomate, soya y calabaza. Cada uno de estos se dividen en dos proyectos, el autopolinizado (*self*) y los cruces (*cross*).

- **Proyectos descontinuados**

Semillas de flores (desde que Syngenta adquirió Esquejes S.A.), girasol, remolacha azucarera, squash, sandía, melón, canola, repollo, coliflor, bruselas, brócoli y pepino.

El maíz dentro de la estación se clasifica de distintas formas:

- **Según el grado de madurez:** temprano, intermedio, tardío y tropical.
- **Según la región de procedencia:** Global (región sin definir), Latinoamérica, Norteamérica, Asia del pacífico, y Europa, África y Medio Oriente.

B. Producción en los últimos cinco años

A continuación, se presentan los resultados de la producción de la empresa desde el funcionamiento de las actividades de investigación y desarrollo desde 2014 hasta principios de 2019, en el cuadro 1 se presenta la producción del sistema de maíz.

Cuadro 1. Producción del sistema de maíz desde 2014 a inicios de 2019 en Esquejes S.A.

Descripción	Producción (ERDH+HVDH)	ERDH	HVDH	Observación
Cantidad de semilla sembrada	673,841 semillas	396,091 semillas 58.78 %	277,750 semillas 41.22 %	Germinadas en el área Inducción
Mazorcas cosechadas	614,000 mazorcas	—	—	Enviadas al laboratorio para extracción de embriones
Embriones haploides seleccionados	11,217,096 embriones	6,798,637 embriones 60.61 %	4,418,459 embriones 39.39 %	—
Cantidad de plántulas sembradas	8,581,759 plántulas	5,256,122 plántulas 61.25 %	3,325,637 plántulas 38.75 %	Sembradas en el área de Aclimatización
Cantidad de muestras foliares enviadas	2,715,437 muestras	—	2,715,437 muestras 100 %	Para análisis de HVDH
Cantidad de plantas trasplantadas	4,571,674 plantas	3,866,260 plantas 84.57 %	695,384 plantas 15.21 %	Trasplantadas al área de Producción
Cantidad de mazorcas doble haploides producidos	1,069,714 mazorcas	901,896 mazorcas 84.31 %	167,818 mazorcas 15.69 %	Producidas en el área de producción
Mazorcas producidas con más de 50 granos	849,274 mazorcas	330,404 mazorcas 38.9 %	518,870 mazorcas 61.1 %	—
Mazorcas producidas con menos de 50 granos	679,440 mazorcas	571,492 mazorcas 84.11 %	107,948 mazorcas 15.89 %	—

Cuadro 2. Producción del sistema de vegetales desde 2014 a inicios de 2019 en Esquejes S.A.

Descripción	Semilla producida	Porcentaje
Chile Blocky	4,896,258 semillas	10.55 %
Chile Jalapeño	881,459 semillas	1.9 %
Chile Ancho	1,419,375 semillas	3.06 %
Tomate	1,938,529 semillas	4.18 %
Soya	37,120,962 semillas	80 %
Calabaza	144,275 semillas	0.31 %
Total	46,400,859 semillas	100 %

C. Infraestructura

Dentro del sitio podemos encontrar 62 invernaderos de 2,275 m² (91 m de largo y 25 m de ancho, con altura de 2 m en los laterales y 4 m en la parte media) cada uno. Estos se dividen en el bloque A (comprende desde el invernadero A1 al A14), el bloque B (comprende desde el invernadero B1 al B19), el bloque C (comprende desde el invernadero C1 al C15), y el bloque D (comprende desde el invernadero D1 al D14). Estos invernaderos están asignados para las áreas de climatización, inducción, producción y vegetales. Entre las calles de los invernaderos pueden encontrarse sanitarios, áreas de descanso, y dispensadores de agua potable.

El sitio también cuenta con el laboratorio (LRDH), oficinas, cafeterías, una estructura destinada al procesamiento de semillas, parqueos, planta de tratamiento de aguas, talleres, bodegas, etc.

D. Empresas que operan dentro del sitio

- **Syngenta:** es la encargada de destinar personal calificado para las áreas de investigación y desarrollo, así como puestos administrativos y gerenciales.
- **Manpower:** es la encargada de la contratación de operarios. Funge ante la ley como patrono de estos.
- **Construagro:** realizan labores de mantenimiento a las áreas relacionadas con las actividades productivas dentro de la empresa.
- **Solusersa:** realizan labores de mantenimiento a las áreas que no están relacionadas con las actividades productivas dentro de la empresa.
- **Ecotermo:** se encarga de retirar los desechos de la empresa.

E. Salud, seguridad y medio ambiente

Dentro de la empresa se cuenta con un sistema HSE (salud, seguridad y medio ambiente por sus siglas en inglés). Este se encarga de velar por la salud de los trabajadores capacitándolos sobre la importancia del uso de equipo de protección adecuada para cada actividad, los procedimientos adecuados para cada proceso para minimizar el riesgo en la mayor medida posible en cada actividad, y las medidas de seguridad a tomar en cuenta en cada proceso.

F. OpEx

La empresa cuenta con un sistema de mejora continua con el que pueden detectarse procedimientos que se están realizando de la manera adecuada como de la manera inadecuada y cosas que deberían eliminarse. Este sistema realiza visitas en las distintas

áreas con el fin de realizar observaciones sobre aspectos que deben mejorarse y de qué manera deben corregirse.

G. Rendimientos

Para que los diversos procesos efectuados sean productivos se maneja dentro de la empresa un indicador de calidad y rendimiento de los operadores conocido como KPI (*Key Performance Indicator*). Este indicador fija metas a los trabajadores las cuales deben alcanzar para llegar a un rendimiento deseado por parte de la empresa.

H. Trazabilidad

Los materiales biológicos que se trabajan dentro de la empresa son de suma importancia y llevan procedimientos rigurosos que requieren un control estricto. Para llevar el control de los materiales a trabajar dentro de la empresa cada área cuenta con un sistema de trazabilidad complejo que va desde la impresión de etiquetas identificadas, rotulaciones con códigos especializados, toma de datos de forma digital y registro de estos de la misma forma, así como almacenamiento de estos datos en plataformas digitales. La trazabilidad está presente en todas las áreas que participan en la cadena productiva de la empresa.

I. Cadena de procesos

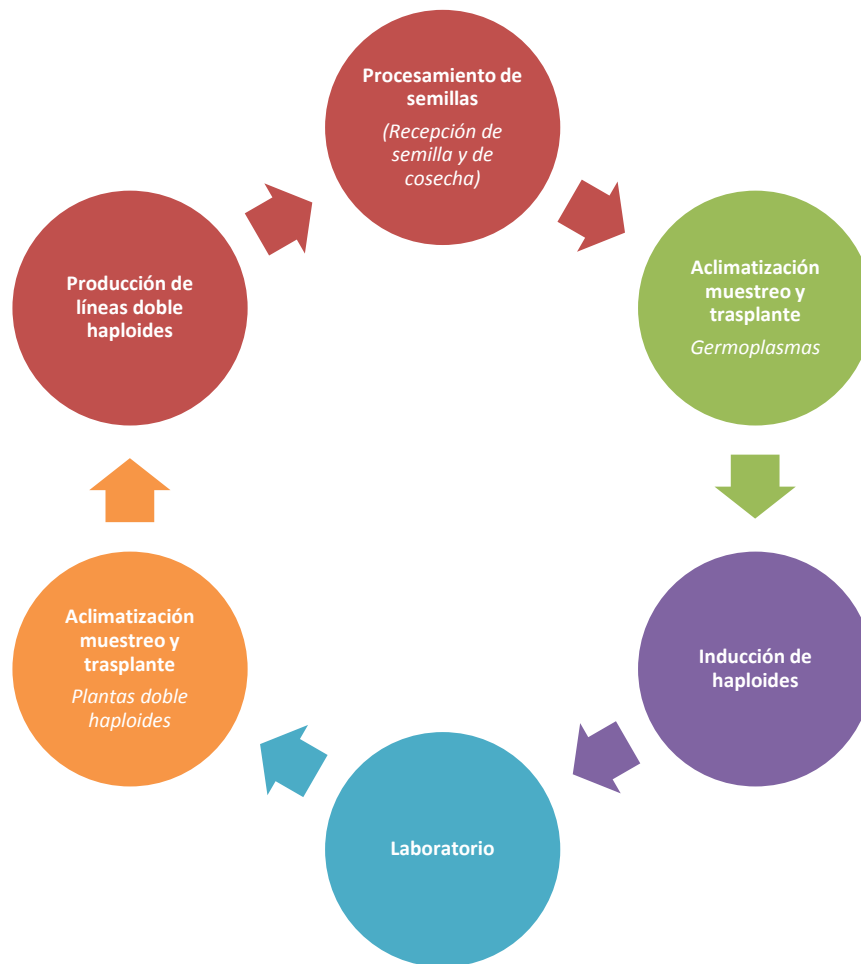


Figura 1. Cadena de producción para las líneas puras de maíz de Esquejes S.A.

La cadena de producción inicia en el área de procesamiento de semillas, esta es la encargada de la recepción de semillas de germoplasmas, estas son recibidas en base a un requerimiento planificado por los fitomejoradores y la empresa. Esta semilla se traslada a los invernaderos de climatización, muestreo y trasplante (AMT), con la finalidad de someter a germinación las semillas de germoplasma. Cuando estas adquieren un tamaño adecuado pasan a trasplantarse a campo al área de inducción de haploides con el fin de inducir la haploidía en los germoplasmas. Los germoplasmas con haploidía inducida llevan una serie de procesos hasta que finalmente llega la cosecha con destino al Laboratorio.

La función del laboratorio es extraer los embriones de las mazorcas provenientes del área de inducción, estos se someten a una serie de procesos para realizar el doblaje cromosómico. Los embriones doble haploides se someten a siembra in vitro dentro del laboratorio el desarrollo de estos en plántulas las cuales son llevadas al área de AMT. El área de AMT se encarga de preparar las plantas previo a su trasplante. Una vez preparadas se proceden a trasplantarlas al área de Producción de líneas doble haploides. En esta área las plantas llevan a cabo una serie de procesos donde se auto polinizan con el fin de producir líneas puras de maíz. Las líneas puras se cosechan para ser llevadas al área de Procesamiento de semillas, esta se encarga de preparar la semilla para que sea devuelta a los fitomejoradores.

J. Organigramas institucionales

A continuación, se encuentran los distintos organigramas institucionales.

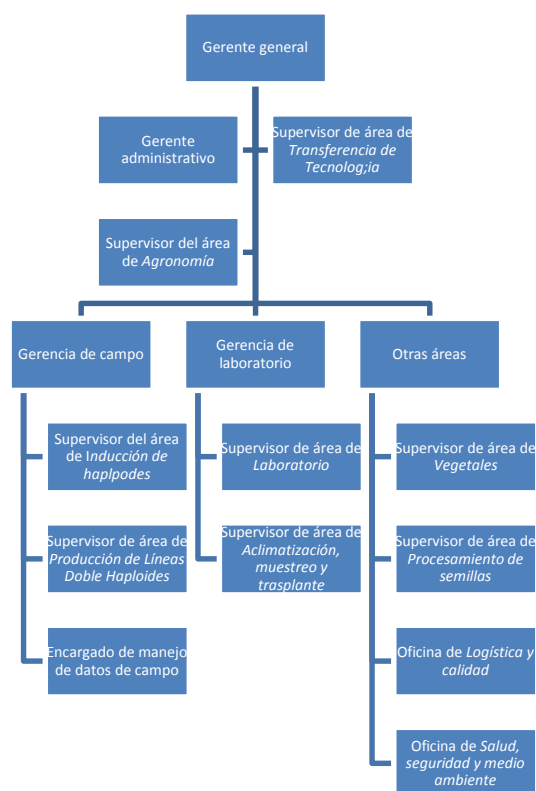


Figura 1. Organigrama general de Esquejes S.A.

1.5.2. Conocer las generalidades sobre las actividades de campo y laboratorio

A. Nivel de campo

Las actividades del área de inducción de haploides están enfocadas tanto al inductor como a los germoplasmas ya que lo que se realiza es una polinización cruzada entre estos. El inductor juega el papel del macho, ya que este provee el polen mientras el germoplasma tiene el papel de hembra. Los germoplasmas son de naturaleza diploide y al ser polinizados por el inductor se induce la haploidía en estos. El resultado de este cruce es mazorcas las cuales el 14 % de sus embriones son haploides mientras el resto son diploides.

Las actividades enfocadas al inductor inician desde la siembra, esta se realiza de forma directa con la semilla con la excepción de que esta actividad es realizada por el personal del área de *inducción* y se siembra mediante la técnica del tresbolillo. Una vez sembrado el inductor, se espera a que este se desarrolle hasta que alcance el estado fenológico VT, el cual se caracteriza por formar la espiga. Cuando el inductor tiene la espiga visible, se procede a realizar la actividad de selección del inductor, con esta actividad se espera que se eliminen las plantas de inductor que cuenten con las siguientes características: espiga raquílica, espiga con gluma verde, espiga fuera de tipo (su tamaño excede el techo del invernadero y topa), espiga rosada, espiga grande, planta vegetativa sin espiga.

Las plantas de inductor que deben dejarse son aquellas que tengan la espiga con anillo corrido o definido, espiga purpura, espigas con glumas rosadas. Una vez seleccionadas las plantas de inductor con las características anteriormente mencionadas se procede a aislar la espiga con una bolsa parafinada para recolectar el polen, después de 3 horas la bolsa puede retirarse de la espiga para ser utilizada para polinizar al germoplasma (este proceso será explicado adelante). Cada planta de inductor tiene la capacidad de polinizar a dos plantas de germoplasma.

Para el manejo de los germoplasmas, estos inician con el trasplante de plántulas del cual se encarga AMT. Una vez trasplantados los germoplasmas, se espera a que estos alcancen su estado fenológico VT, esto con el fin de eliminar la espiga y evitar una autopolinización y contaminaciones, ya que lo que interesa es polinizar las plantas de germoplasma con el polen del inductor para inducir la haploidía. Cuando se elimina la espiga, se procede a aislar

el jilote cuando la planta alcance el estado fenológico R1 para evitar contaminaciones y fecundaciones tempranas. Una vez desarrollado el jilote se procede a prepararlo, esto puede realizarse de dos maneras según el caso: el primer caso es que el jilote tenga la seda (conjunto de estigmas), para esto se realiza el preparado del día o preparado de seda esto consiste en recortar la seda a un tamaño uniforme para que el polen pueda ser distribuido de una mejor manera en toda la seda, el otro caso que puede presentarse es que la seda aun no haya emergido del jilote, para esto se procede a realizar el preparado de la semana o preparado de jilote esto consiste en realizar un corte transversal dos centímetros encima del olote para evitar daños en este, con esto se consigue estimular el crecimiento de la seda.

Una vez preparada la seda se procede a realizar la polinización, para esto se utiliza el polen del inductor, esto se distribuye de una manera uniforme con la ayuda de la bolsa con la que fue recolectada, una vez polinizado se aísla nuevamente.

El jilote polinizado deberá monitorearse hasta que este alcance su estado fenológico R3, una vez alcanzado se procede a cosechar las mazorcas con la condición de que estos tengan embriones con tamaño entre 5 mm y 5.5 mm. La cosecha es revisada y luego es ingresada a los procedimientos de laboratorio.

a. Producción de líneas doble haploides

La función del área es producir las líneas puras finales para que sean enviadas al fitomejorador. Esto se realiza por medio de una polinización ya que se están trabajando plantas doble haploide y el fin es producir semilla que preserve esta característica ya que es de interés para el fitomejorador.

Las actividades del área empiezan cuando *AMT* realiza el trasplante de las líneas. Una vez realizado el trasplante se espera a que las plantas de las líneas lleguen al estado fenológico R1 para proceder con el aislamiento del jilote, esto se realiza con el fin de evitar contaminaciones de otras fuentes de polen que puedan estar cerca, el jilote aislado debe ser el primero ya que es el más susceptible a ser el más productivo. Luego se espera a que la planta complete la formación de la espiga en su estado fenológico VT y se aísla cuando esta empieza a liberar polen con el fin de recolectar el mismo. Una vez aislada la espiga se procede a

preparar el jilote, para esto puede realizarse el preparado del día o el preparado de la semana según el caso. Con el jilote preparado se procede a polinizar con el polen recolectado de la misma planta, el jilote debe ser polinizado y aislado con la misma bolsa que se recolectó el polen. Una vez finalizada la polinización se espera a que la planta llegue a su estado fenológico R3, cuando llegan a este estado se procede a remover la tusa del jilote (mazorca) y se tapa con una bolsa parafinada perforada.

Luego de la labor de la remoción de tusa debe monitorearse que las mazorcas alcancen un estado fenológico de transición de R5 a R6. Una vez alcanzado este estado fenológico las mazorcas se cosechan y son trasladadas al área de procesamiento de semillas. Durante las labores iniciales del cultivo suelen presentarse plantas diploides, estas se caracterizan por ser plantas grandes y robustas, estas deben eliminarse ya que pueden producir contaminaciones.

b. Procesamiento de semillas

En esta área inicia y finaliza la cadena de producción. La cadena empieza con la recepción (importación) de semilla por parte de los fitomejoradores (germoplasma e inductor) y finaliza con la recepción de la cosecha de producción de línea doble haploides. Esta última se procesa para que cumplan las condiciones adecuadas para su transporte y exportación con destino a los fitomejoradores.

La semilla al ser recibida se adjunta a los inventarios y se envía la disponibilidad de esta para que el área de inducción realice sus programaciones y requerimientos de semilla. Una vez realizado el pedido la semilla de inductor se somete a siembra directa ya que su disponibilidad es alta por otra parte la siembra de germoplasma se realiza en bandejas debido a que la disponibilidad de este es baja. El proceso finaliza en el área de procesamiento cuando se reciben las mazorcas de producción de líneas doble haploides.

La cosecha cuya procedencia es del área de producción de líneas doble haploides se someten a temperaturas de 35 °C a 37°C, para que este alcance una humedad de 12 % a 12.5 %. Dentro del área existen dos formas de proceso, uno manual y uno mecanizado. El desgrane manual se realiza con las mazorcas que tengan menos de 50 granos, las mayores

se desgranar en las máquinas, esta desgrana, limpia y cuenta los granos. Luego de ser desgranados se colocan en bolsas con su respectiva etiqueta trazable indicando la cantidad de granos y el peso de estos, usualmente suele depositarse en una bolsa los granos de solo una mazorca.

Luego de haber procesado se realiza un inventario de los materiales procesados y se almacenan en el cuarto frío y de dos a tres días se empieza a hacer el empaque para la exportación con una lista de empaque la cual es enviada a importaciones y exportaciones; luego se etiqueta, pasa todos los controles de calidad y el embarque está listo para ser exportado. La semilla proveniente del área de vegetales se procesa de la misma forma.

c. Mantenimiento

Esta área se encarga de reparaciones de invernaderos y tuberías, limpieza de desechos vegetales (rastros) de los invernaderos y otros desechos del sitio. También se encargan de la preparación de invernaderos previo a la siembra terminando de ajustar los surcos dejados por la mecanización, instalando el sistema de riego y desmalezando los invernaderos durante el ciclo productivo. En el caso del área de vegetales, además de encargarse de darle mantenimiento a los invernaderos, también se dedican al llenado de bolsas. Esta área tiene a su servicio carpinteros, albañiles, fontaneros, etc.

d. Logística

Esta área se encarga principalmente a importaciones (semilla e insumos) y exportaciones (semilla).

El proceso de un embarque de exportación inicia cuando se solicita un embarque con una lista de empaque, certificado de origen con firmas de los representantes legales de la empresa. Tres copias de estos documentos se solicitan, uno para el archivo, otro para que vaya dentro de la caja y el último para la línea área. Los embarques para enviar tienen un protocolo específico sobre las etiquetas y sobres con indicaciones y documentos

relacionados al material, su gestión y otra información relevante. Para la exportación, cada país tiene un distinto protocolo de envío y deberán cumplirse estos requisitos de forma estricta para lograr el envío.

Para la importación de materiales el fitomejorador coordina con la empresa el proyecto. Para permitir el ingreso de la semilla el MAGA requiere un análisis fitosanitario del material, un anexo GMO que pruebe que los materiales a ingresar no sean genéticamente modificados, un documento legal con el respaldo de Syngenta, solicitud de permiso de importación, permiso de desalmacenaje de semilla, certificado de Fito importación, declaración de mercancías de la SAT, formulario de conformidad de envío, la factura y la lista de empaque (de parte del fitomejorador).

e. Calidad

Esta área se encarga de velar que la empresa se estandarice en un sistema de gestión integral que asegure calidad en los procesos y en las distintas áreas de la empresa. Para lograr esto la empresa se rige por las normas ISO 9001-2015, ISO 140001-2015, ISO 450001-2018.

f. Vegetales

En esta área se trabajan los cultivos de tomate, chile pimiento y soya.

Esta área se encarga por si sola la elaboración de sus propios semilleros para las especies anteriormente mencionadas. La semilla tiene que ser requerida al área de procesamiento de semilla para la planificación de la siembra. Luego se trasplanta a bolsas. Una vez realizado el trasplanta se espera a que las plantas se desarrollen vegetativa y reproductivamente para la realización de las diversas actividades que están relacionadas con la producción. Dos tipos de cultivos se trabajan aquí: los cruces y los auto polinizados. Para la realización del cruce cada hembra tiene su macho específico, se emascula la flor y se poliniza.

En esta área se trabaja con el envío de muestras foliares a un laboratorio exterior para su análisis genético a determinados trials indicados por el fitomejorador tanto en tomate como para chile y soya.

g. Agronomía

Las actividades de esta área son de apoyo a inducción, producción y vegetales.

Las actividades de esta área empiezan con la preparación del suelo. Para esta actividad es utilizada maquinaria agrícola. Primero se emplea el subsolador de un brazo con profundidad de 60 cm con el fin de descompactar el suelo y proporcionarle aeración y drenaje adecuado, luego se emplea un subsolador de 3 brazos con profundidades de 35 cm a 40 cm para terminar el proceso descompactación. En seguida se hace uso del rotovalor de 48 cuchillas con el fin de mullir el suelo. Por último, se emplea la surqueadora la cual se encarga de hacer surcos con distanciamientos de 90 cm entre ellos. A esta última labor se le adiciona un nivelamiento del surco por parte del personal de mantenimiento.

Durante la preparación del terreno se emplean enmiendas de cal dolomítica como regulador del pH (250 Kg/invernadero) y cianamida cálcica para favorecer la absorción de nutrientes (50 Kg/invernadero). Estas dos enmiendas se aplican al boleó y en el proceso de mecanización se distribuyen en el suelo.

Otra de las actividades es el bajado de sales, esto se hace con el fin de lixiviarlas de los surcos, esto se logra aplicando riego durante cuatro días consecutivos 20 min/surco con un caudal de 19 L/min, luego del bajado se da un lapso de 8 días para que se seque por completo el invernadero. Luego al momento de que *AMT* realiza el trasplante a los invernaderos, el personal de agronomía se encarga de ir sellando las plántulas trasplantadas con agua y al siguiente día se vuelve a sellar con agua y captán con el fin de desinfectar el suelo. Al cuarto día del trasplante se aplica fertirriego diario, a las dos semanas de esto se empieza a alternar el riego un día sí y un día no dependiendo de la humedad relativa en campo.

Otra actividad es el monitoreo de plagas y enfermedades, aplicaciones de fungicidas, insecticidas y fertilizantes foliares. El muestreo de plagas se realiza para observar el comportamiento de las poblaciones de insectos plaga y poder programar un cronograma de aplicaciones, esto se hace con trampas pegajosas de color azul y amarillo, otro tipo de trampas se sitúan fuera de los invernaderos con feromonas y agua jabonosa. Por otra parte, el muestreo de enfermedades se realiza con una caminata entre los surcos. Las plagas más frecuentes en los invernaderos son: *Spodoptera sunia*, *S. exigua*, *S. frugiperda*, trips, ácaros, y pulgones. Por otra parte, las enfermedades comunes en el sitio son: complejo de mancha del asfalto, enfermedades causadas por bacterias, carbones en cosecha y Damping off en vegetales.

Esta área tiene a cargo también el área de inyectores. Desde esta área se distribuye el agua (con fertilizante, sin fertilizante, y clorada) por todo el sitio. Aquí se localizan los tanques para fertirriego, uno con nitratos y el otro con sulfatos.

1.5.2. Nivel de laboratorio

El laboratorio de Laboratorio de Rescate de Doble Haploides tiene como fin producir plántulas sanas de maíz con potencial de ser doble haploides para ser trasplantadas a campo posteriormente.

a. Áreas del laboratorio

Dentro del laboratorio se encuentran diversas salas. Las más relevantes en la cadena productiva son las siguientes:

- **Sala de desinfección:** aquí se terminan los procesos de desinfección de las mazorcas para pasarlos a la sala de extracción.
- **Extracción de embriones:** aquí se extraen los embriones de las mazorcas provenientes de la sala de desinfección.

- **Selección y tratamiento:** aquí se seleccionan los embriones y se les aplican tratamientos.
- **Tratamiento de colchicina:** aquí se realizan las aplicaciones de colchicina y siembra.
- **Preparación de medios:** Aquí se filtran los medios provenientes de preparación de medios 1 y se llena la cristalería estéril con el agua proveniente de los preparadores de medio situados en la sala de autoclaves.
- **Planta de desmineralización:** provee de agua suavizada y desmineralizada.
- **Cuartos de crecimiento:** aquí se tratan embriones de extracción, selección y siembra en condiciones de luz y temperatura adecuada.
- **Track and trace:** aquí se seleccionan las plántulas provenientes del cuarto del crecimiento que fueron sembradas de manera *in vitro*. Estas se seleccionan y se trasladan a los invernaderos de AMT.

b. Exclaves del laboratorio

Son aquellas áreas las cuales forman parte del laboratorio, pero no están situadas dentro del mismo.

- **Galera de desinfección:** aquí se destusa la mazorca proveniente del área de inducción y se lleva en jarras a la sala de desinfección.
- **Aclimatización, muestreo y trasplante (Hardening, AMT):** invernaderos especializados para preparar la planta antes de ser trasplantada a campo.
- **Área de liofilizadores:** área donde se liofilizan muestras foliares por parte del personal de AMT.

c. Desinfección de mazorcas

Esta actividad consiste en que la mazorca cosechada proveniente del área de inducción se lleva al área de desinfección para ser desinfectada antes de ser ingresada al laboratorio.

Las mazorcas al ser recibidas se destusan de forma inmediata o se almacenan en un refrigerador a 5 °C en un tiempo máximo 5 a 7 días. Estas se destusan a modo de que quede solo la mazorca descubierta lo más limpia posible y se le corta la parte apical para que pueda ser tratada en el laboratorio con más facilidad. Las mazorcas destusadas se introducen en jarras de plástico de dos litros, debe tratarse de que dentro de la jarra quepan la mayor cantidad posible de mazorcas. Estas jarras con mazorcas se les aplican 4 ml de Tween 20 y se llenan con hipoclorito de sodio al 6 % y se agitan por 40 min. Las jarras son vaciadas quedando únicamente dentro de ella las mazorcas desinfectadas listas para ingresar al área de extracción de embriones.

d. Extracción

Para la extracción de embriones deberán utilizarse las mazorcas provenientes del área de desinfección. La extracción se realiza en una campana de flujo laminar. Las mazorcas se extraen de las jarras y se corta con la ayuda de un bisturí la parte superior del grano a modo de no dañar el embrión, luego se destripa cada grano con la espátula, se le extrae el embrión y se deposita en una caja Petri con 5.5 ml de medio líquido inicial. Cada caja Petri debe llevar un total de 200 embriones extraídos. Por último, los embriones extraídos se trasladan a un cuarto de crecimiento donde pasan 24 horas en luz, como producto de esto los embriones comienza a pigmentarse (se tornan de color purpura) y otros quedan de color amarillo.

Si la pigmentación adquirida en ese lapso no es la adecuada podría llegar a exponerse por un poco más de tiempo. Luego de este lapso los embriones son trasladados al área de selección y tratamientos.

e. Selección y tratamientos

Luego de que los embriones hayan pigmentado en la cámara de crecimiento, estos se llevan a la sala de selección. La función principal de la sala es seleccionar los embriones de color amarillos y descartar los pigmentados pues solo los de color amarillo son los adecuados para pasar a la siembra, estos son haploides y los pigmentados diploides.

Existen restricciones para que un embrión sea seleccionado además de estar pigmentado, estas restricciones son: que el embrión sea muy pequeño (menos a 4 mm); que presente coloración pálida de forma total o parcial; que presente el más mínimo signo de pigmentación, para esto debe observarse cuidadosamente cada embrión puesto que si uno de estos es seleccionado por descuido este comenzará a pigmentarse en cuestión de minutos; que el embrión sea dañado al momento de la selección o ya venga dañado de la extracción, en la aplicación de colchicina el embrión se revienta.

Para la selección se colocan dos cajas Petri vacías para la selección y una caja con embriones pigmentados de la cual se seleccionan los embriones amarillos. La función de tener dos cajas a la vez es separar los embriones grandes de los embriones pequeños hasta llenar cada uno con 50 embriones. Al estar un material seleccionado totalmente, este puede almacenarse hasta 72 horas en un cuarto frío para pasar posteriormente al replenish. Esta actividad es posterior a la selección, consiste en lavar con ayuda de una pipeta los embriones tres veces dentro de la campana. Previo a esto la campana debe desinfectarse por completo.

El primer lavado es con 5 ml el medio líquido MSO se deja reposar por media hora y se retira, el segundo lavado es con 2.5 ml es con medio líquido BAP el cual se deja reposar por media hora y se retira, por último, se emplea el medio rinse y se retira de una forma inmediata. Luego de haber cumplido todo este proceso pasan de nuevo al cuarto de crecimiento.

Por último, se hace la aplicación de la colchicina con el fin de doblar los cromosomas previos a realizar la siembra, con esto se consigue que los embriones tengan un alto potencial en ser dobles haploides.

f. Siembra

La siembra consiste en que los embriones provenientes del tratamiento de colchicina sean colocados en contenedores de 500 ml con 60 ml del medio sólido Gelrite. Cada contenedor debe tener 25 embriones. Para sembrar se abre una caja de embriones tratados de la selección y el replenish, se agarran con la ayuda de pinza y se insertan en los contenedores teniendo cuidado de no dañar el embrión. Estos deberán insertarse de una forma uniforme distribuida en el contenedor y deben insertarse a forma de que el contenedor no quede abierto en frente de la cara del sembrador puesto que puede contaminarse. Por último, los contenedores con embriones sembrados deben pasarse a los cuartos de crecimiento con condiciones de luz y temperatura adecuadas por 14 horas.

g. Preparación de medios y soporte

Esta área se encarga de preparar los medios a utilizar para los distintos procesos llevados a cabo dentro del laboratorio y también se encarga de dar soporte a las distintas áreas del laboratorio.

h. A climatización, muestreo y trasplante

1. Selección de plántulas

Esta actividad consiste en seleccionar por tamaños los embriones germinados (plántulas) provenientes de la cámara de crecimiento producto de la actividad de siembra. La selección se hace de contenedor en contenedor en dos categorías (una grande y una pequeña) y el material seleccionado se mete en grupos dentro de una caja plástica para que sea trasladada a los invernaderos de aclimatización muestreo y trasplante.

Las plantas se seleccionan con las manos utilizando guantes de nitrilo y la raíz se poda a modo de que queden solo 3 cm de raíz. Para descartar una plántula deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones: descartarla si presenta signos de *Fusarium sp.*, *Trichoderma sp.*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus sp* y *Alternaria sp.*; si sufre de atrofia del

meristemo y/o raíz; si la plántula es menor a 1.5 cm; si el embrión no germinó. Si la plántula presenta signos de bacterias y levaduras deberá seleccionarse.

2. A climatización

Luego de la selección de plantas se procede a trasplantarlas en bandejas. El proyecto ERDH se siembra en bandejas de 144 mientras el HVDH se siembra en bandejas de 92 (una de 50 y otra de 42). A las plantas se le da su seguimiento: identificación, muestreo (en el caso de HVDH), y su respectivo manejo antes de ser trasplantadas a campo.

3. Muestreo foliar

Este se realiza para detectar en las plantas características genéticas que al fitomejorador le interesan. Cuando se le detecta esta característica a un conjunto de plantas determinadas estas se seleccionan para trasplantarlas a campo y el resto se descarta. Esto se realiza únicamente para el proyecto HVDH. Para realizar el muestreo, en cada planta del plato se corta una fracción de la hoja donde se inserta en un tubo que van en una placa de plástico. Estas placas se envían al área de liofilizadores para ser liofilizadas y empacadas al vacío para ser enviadas a un laboratorio fuera del país y que indiquen cuales son aptas para su siembra.

Luego de que el laboratorio confirme y haga un listado de que plantas son aptas para seleccionar, se procede a seleccionar las elegidas y a descartar el resto, si una planta es elegida y está muerta o muy pequeña, esta deberá descartarse con la observación correspondiente.

4. Trasplante

En el caso de ERDH, se trasplanta directamente la plántula. En el caso de HVDH, una vez son enviados los resultados del muestreo foliar, se seleccionan únicamente las plantas que

hayan sido seleccionadas como aptas para el trasplante, estas presentan la característica genética deseada por los fitomejoradores.

1.5.3. Identificar los problemas que afectan a los distintos sistemas productivos

Para analizar la problemática encontrada en la empresa fue utilizada una matriz priorización para definir el orden los problemas según su grado de importancia. Los problemas encontrados fueron los siguientes:

- Altos niveles salinidad en los invernaderos
- Pudrición apical en chile pimiento
- Invernaderos no aptos para el cultivo del maíz
- Deficiencias de micronutrientes en el cultivo de maíz
- Desincronización entre la exposición del polen y los estigmas.

A. Matriz de priorización de problemas

Para establecer una priorización entre los distintos problemas encontrados se ha realizado una matriz de priorización de problemas. La primera columna enlista los problemas encontrados, las columnas adyacentes tienen el fin de calificar la importancia del problema asignándoles un valor del 1 al 10 (1 representa menor gravedad mientras 10 una mayor gravedad). Luego se pondera el total de cada fila y se le asigna una letra (de la A la E, A representa un problema de gravedad mayor mientras E un problema de gravedad menor) a cada problema, en el cuadro 3 se presenta la matriz de priorización.

Cuadro 3. Matriz de priorización de problemas en la empresa Esquejes S.A.

Problema	Pérdidas económicas	Daños al medio ambiente	Personas afectadas por el problema	Ponderación	Prioridad
Altos niveles de salinidad en los invernaderos	5	7	3	15	C
Pudrición apical en chile pimienta	5	2	5	12	E
Invernaderos no aptos para el cultivo del maíz	10	0	10	20	A
Deficiencias de micronutrientes en el cultivo de maíz	6	3	4	13	D
Desincronización entre la exposición del polen y los estigmas	10	0	9	19	B

Según la matriz anterior los problemas quedan priorizados de la siguiente manera:

1. Invernaderos no aptos para el cultivo del maíz
2. Desincronización entre la exposición del polen y los estigmas
3. Altos niveles de salinidad en los invernaderos
4. Deficiencia de micronutrientes en el cultivo de maíz
5. Pudrición apical en chile pimienta

B. Descripción de los principales problemas

1. Invernaderos no aptos para el cultivo de maíz

Este problema viene a raíz de que los invernaderos que están destinados actualmente para el cultivo de maíz estaban diseñados originalmente para la producción de esquejes de geranio y la producción de semillas de flores. Por lo tanto, la altura que tiene el invernadero

no es la adecuada para el tamaño que llega a alcanzar una planta de maíz. La cuestión del tamaño viene a dar las plantas fueras de tipo, estas plantas topan con el plástico del techo y sucede en las partes largas y extremas del invernadero donde el plástico está a menor altura. Esta planta no es apta para trabajar, topan con el techo evitando que se pueda trabajar de la manera adecuada y si es la espiga la que topa en el techo esta sufrirá daños por quemaduras.

2. Desincronización entre la exposición del polen y los estigmas

Este problema se da por la naturaleza de las líneas a trabajar. El problema se da cuando algunas plantas no logran ser polinizadas ya sea porque al estar listo el polen, los estigmas aún no han emergido, entonces el polen pierde viabilidad a través del tiempo mientras no haya podido polinizar; o bien el problema puede darse por que lo estigmas ya estén listos para ser polinizados, pero no ha habido producción de polen en la espiga, entonces los estigmas pierden receptividad a través del tiempo al no ser polinizados. Puede darse el caso también de una polinización retrasada, la viabilidad del polen y la receptividad de los estigmas no será la indicada y esto influirá con magnitud en la producción de granos por mazorca.

2. Altos niveles de salinidad en los invernaderos

En los surcos de los invernaderos puede encontrarse el problema de la alta salinidad, en estos puede notarse la presencia de una capa blanca y una capa naranja. Esto representa un gran problema, afecta a las plántulas recién trasplantadas ocasionándoles marchitez. En la planta adulta causa problemas limitando la disponibilidad de nutrientes dando lugar a que se presenten deficiencias, y modificando otras características físicas y químicas del suelo. Para solucionar esto se ha efectuado un bajado de sales con riego abundante, sin embargo, esto puede causar una erosión del suelo significativa.

3. Deficiencias de micronutrientes en el cultivo

En los invernaderos pueden encontrarse plantas las cuales no se encuentran de una forma recta. Estas plantas presentan arrugamiento en las hojas, decoloraciones en estas, y un enrollamiento en ciertas hojas. Esto supone un problema, al no tener disponibles los micronutrientes, la planta no llega a desarrollarse de forma normal dando problemas en su crecimiento vegetativo y a consecuencia de eso en la producción. Eso puede tener su origen en los altos niveles de salinidad del suelo.

4. Pudrición apical del chile pimiento

Esto supone un problema tanto en el área de vegetales como en el procesamiento de semillas. En vegetales el problema se da por deficiencias de calcio durante el régimen de nutrición del chile pimiento. Se caracteriza por ser una pudrición en el ápice del fruto de aspecto marrón. Al llegar este tipo de chiles con pudrición al área de procesamiento de semillas, estos no pueden ser procesados y se toma como descarte afectando la cantidad de semilla extraída por trial y afectando en los rendimientos de los operarios.

1.6. CONCLUSIONES

1. La empresa fue examinada en sus distintas áreas productivas concluyendo que se dedica a la producción en dos niveles (campo y laboratorio) teniendo cultivos de maíz y vegetales con el fin producir semilla.
2. Las actividades realizadas a nivel de campo son inducción de haploides, producción de líneas doble haploides, procesamiento de semillas, mantenimiento, logística, calidad, vegetales y agronomía; por otra parte, las realizadas a nivel de laboratorio son desinfección de mazorcas, extracción de embriones, selección y tratamientos, preparación de medios y soporte, y aclimatización, muestreo y trasplante.
3. Los problemas detectados que afectan a los sistemas productivos dentro de la empresa son los invernaderos no aptos para el cultivo del maíz, la desincronización entre la exposición del polen y los estigmas, los altos niveles de salinidad en los invernaderos, la deficiencia de micronutrientes en el cultivo de maíz y la pudrición apical en el chile pimiento.

1.7. RECOMENDACIONES

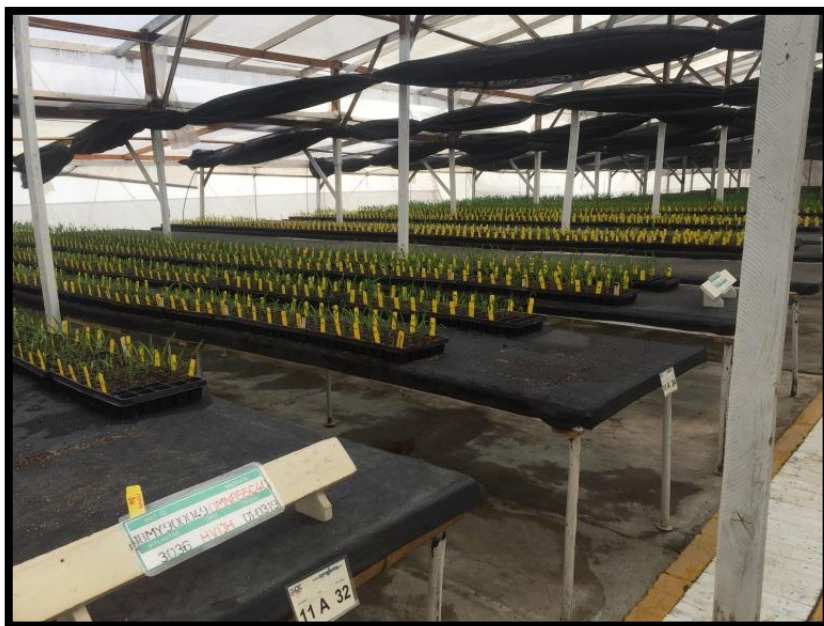
1. Debe considerar si es adecuado la aplicación de enmiendas para el manejo de sales dentro de los invernaderos ya que el lavado de sales que se emplea con agua es de un tiempo muy prologando y exige bastante recurso hídrico de la finca que no es aprovechado por las plantas.
2. Debe revisarse la composición de la solución nutritiva aplicada al maíz y las aplicaciones foliares para el manejo micronutrientes en la nutrición de la planta.
3. Considerar una mejora en la infraestructura destinada al cultivo del maíz ya que la altura de la planta no logra adaptarse a los invernaderos que previamente utilizaba el sitio para el cultivo de geraniom algunas zonas de los invernaderos son más pequeñas y la planta alcanza alturas que sobre pasan la altura del invernadero provocando aberturas en los techos, además esto genera microclimas que pueden favorecer a plagas y patógenos.

1.8. BIBLIOGRAFÍAS

1. Domínguez Salazar, P. 2017. Actividades realizadas en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Centro de Investigación de Cultivos, Syngenta, Finca Esquejes S.A., Jalapa, Jalapa. Bárcenas: ENCA.
2. Simmons, C. 1959. Clasificación de reconocimiento de suelos de la República de Guatemala. Ciudad de Guatemala: Pineda Ibarra.



1.9. ANEXOS



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 2A. Invernadero de aclimatización



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 3A. Típico invernadero de Producción



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 4A. Polinización en Inducción.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 5A. Invernadero de soya



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 6A. Área de procesamiento.



CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN PRODUCCIÓN DEL NÚMERO DE GRANOS POR MAZORCA CON BASE A DÍAS DE PREPARACIÓN DE LOS ESTIGMAS ANTES DE LA POLINIZACIÓN EN PLANTAS DOBLE HAPLOIDES EN MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LA EMPRESA ESQUEJES S.A., DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A.

2.2. INTRODUCCIÓN

Dicha evaluación forma parte del programa de EPSA (Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía), como parte fundamental en el proceso de formación del ingeniero agrónomo. La presente evaluación fue realizada en la empresa Esquejes S.A., municipio de Jalapa, departamento de Jalapa, durante el año 2019.

La polinización es un proceso por el cual un grano de polen fecunda un ovulo. El resultado de dicho ovulo fecundado es la formación de un fruto. La efectividad de la polinización está condicionada por dos principales factores: la viabilidad de polen y la receptividad del estigma; la viabilidad hace referencia al grado de fertilidad que posee el polen, mientras la receptividad es la capacidad del estigma de recibir el polen.

Los productores de líneas doble haploides tienden a cuestionarse sobre los tiempos idóneos para realizar las polinizaciones en sus plantas dado la gran variabilidad genética que existe entre las líneas e incluso entre plantas de una misma línea. La naturaleza del material hace que se presenten desventajas como la escasa fertilidad de los órganos reproductivos como consecuencia de los procesos efectuados en ellas para el logro del doblaje cromosómico. Para solventar tales dudas se ha propuesto la siguiente evaluación con el fin de observar el efecto en los rendimientos cuando se emplean distintos periodos de aislado de la espiga y preparado de los estigmas tomando en cuenta tres madureces en plantas de maíz doble haploide.

El presente trabajo tuvo la finalidad de evaluar tres líneas doble haploides de maíz (*Zea mays* L.) de tres tipos de madurez empleando dos métodos de aislado de la espiga y preparado de los estigmas. Se esperaba que existiera una diferencia entre los dos métodos en la producción de número de mazorcas y de granos por mazorca, así como una diferencia entre la viabilidad del polen y la receptividad del estigma en los dos métodos. Esta evaluación fue realizada en la empresa Esquejes S.A. (Centro de Investigación de Cultivos), municipio de Jalapa, departamento de Jalapa, en el área de *Producción de Líneas Doble Haploides*.

Los resultados de la evaluación no presentaron diferencias significativas entre los dos métodos de aislado y preparado ya que las líneas contempladas en la evaluación resultaron

ser estériles como consecuencia de una malformación de la espiga masculina resultando en una producción reducida de mazorcas. Dentro de los resultados es notable una diferencia en el coeficiente de variación de la variable número de granos por mazorca mas no en las variables viabilidad de polen y receptividad de estigmas, estas de igual forma no presentaron diferencias significativas. Finalmente, la evaluación no cumplió con los objetivos esperados, sin embargo, en ella pudo visualizarse el comportamiento de este tipo de materiales.

Se espera que la información generada y documentada sobre la evaluación sea de suma utilidad para la formulación de evaluaciones futuras con el fin de mejorar la producción de líneas doble haploides en maíz para continuar acelerando la ganancia genética a través de su uso de una manera eficiente.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Marco conceptual

A. Origen del maíz

En Guatemala el cultivo del maíz está arraigado a su cultura, tradición y dieta alimenticia. Los mayas era una cultura ancestral, tenían sus bases sostenibles en una sociedad agrícola, cosechando, maíz, frijol. Cucurbitáceas, camote y yuca. Así también obtenían productos de la caza y pesca. Existen varias teorías sobre el origen del maíz sin embargo una de las más aceptadas, es que el origen y diversificación como centro primario fue en Mesoamérica principalmente en México y regiones adyacentes de Guatemala, donde este cultivo se doméstico, cultivándose a partir de una variedad nativa y más primitiva que le dio origen a el maíz comercial que consumimos actualmente (R. Paliwal & Sprague, 1982).

El cultivo de maíz (*Zea mays L*) es uno de los cultivos de mayor variabilidad genética y adaptabilidad ambiental. A nivel mundial se siembra en latitudes desde el nivel del mar hasta 3800 m de altitud. El cultivo del maíz tiene una amplia distribución a través de diferentes zonas ecológicas de Guatemala. La distribución del cultivo está en función de la adaptación, condiciones climáticas (precipitación, altitud sobre el nivel del mar, temperatura, humedad relativa), tipo de suelo (R. Paliwal & Sprague, 1982).

B. Taxonomía

De acuerdo con *Plants Database*, en el cuadro 4 se presenta la clasificación taxonómica del cultivo de maíz.

Cuadro 4. Clasificación taxonómica del maíz.

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Superdivisión	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Zea mays</i>

Fuente: (Gramene Zea, 2006)

C. Fenología

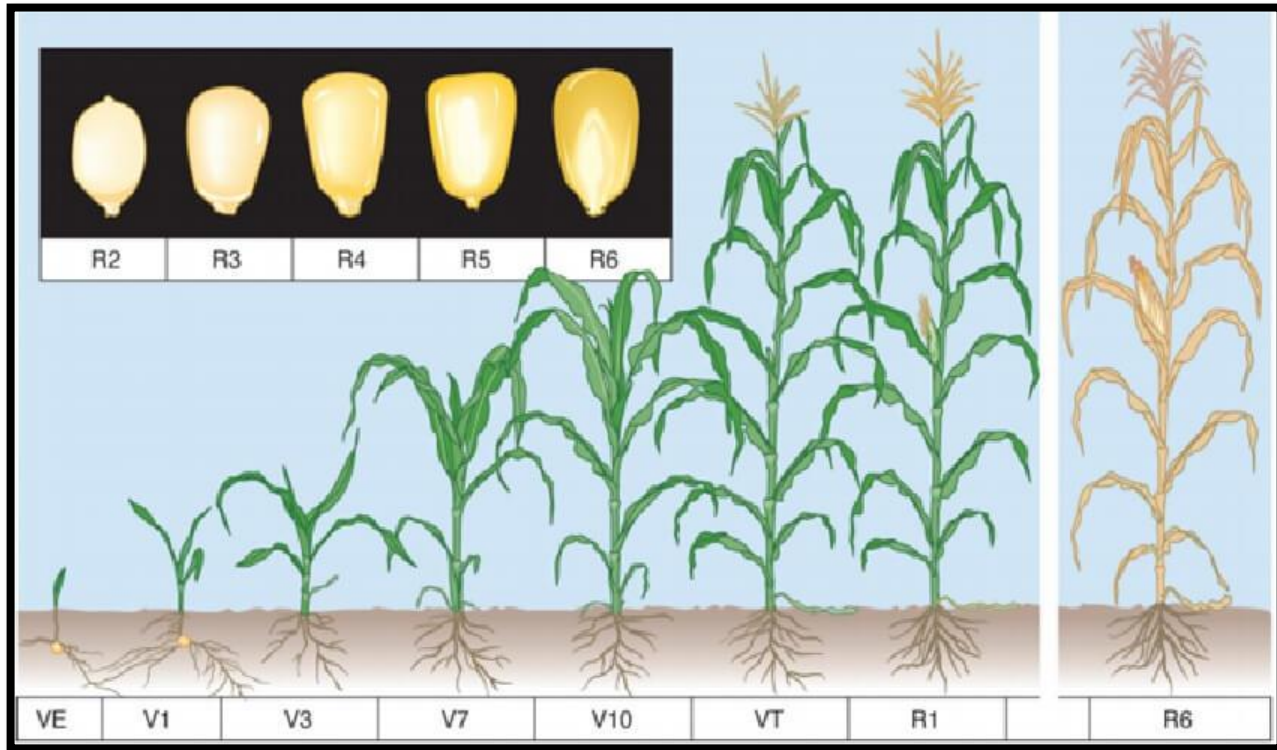
En el cuadro 5 se presenta la fenología del cultivo de maíz y en la figura 7 se presenta el esquema del desarrollo fenológico del maíz.

Cuadro 5. Fenología del maíz (*Zea mays*).

Etapa	Estadio	Descripción
Vegetativa	VE	Emergencia
	V1	Primera hoja
	V2	Segunda hoja
	V3	Tercera hoja
	V(n)*	<i>Enésima</i> hoja
	VT	Aparición de panojas
Reproductiva	R1	Aparición de estigmas
	R2	Ampolla
	R3	Grano lechoso
	R4	Grano pastoso
	R5	Grano dentado
	R6	Grano maduro (madurez fisiológica)

Fuente: Pioneer, 2015.

*Regularmente una planta de maíz en su desarrollo vegetativo puede llegar hasta el estadio V18 o V22 dependiendo de la cantidad de hojas que sea capaz de producir (usualmente entre 18 y 22).



Fuente: Pioneer, 2015.

Figura 7. Fenología de una planta de maíz.

En la figura 7 se presenta las etapas vegetativas y la etapa reproductiva. De la etapa vegetativa pueden observarse los estadios VE, V1, V3, V10 y VT, estos están representados dentro de la figura como plantas en crecimiento gradual. De la etapa reproductiva pueden observarse los estadios R2, R3, R4, R5 y R6, estos están representados en la figura como etapas en la formación del grano; los estados reproductivos R1 y R6, quedan representados como plantas dentro de la figura con la diferencia de que ya tienen la inflorescencia en ella, en el caso de R1 sin los granos formados y en el caso de R6 con el grano formado alcanzado la planta su madurez fisiológica. (Nafzirger, 2015).

D. Estadíos fenológicos

Cada estadío de ambas etapas fenológicas está codificado con una letra seguida de un número, estas letras pueden ser V para vegetativo y R para reproductivo, en el caso de los vegetativos solo dos estadíos no estarán acompañados de un número. Los estadíos vegetativos están condicionados por el número de hojas que la planta pueda presentar en un determinado momento, si una planta de maíz tiene 6 hojas entonces se encontrará en el estadio V6, por otra parte, los estadíos de la etapa reproductiva tendrán su numeración en cuanto al desarrollo de los granos, en el cuadro 6 se presenta la descripción de los estadíos fenológicos del cultivo de maíz. Cada estadío está codificado según el número de hojas que la planta produce mas no al desarrollo de una hoja en sí.

Cuadro 6. Descripción de los estadíos de la fase vegetativa.

Estadio	Descripción
VE	Este estadio es conocido como la emergencia ya que el coleóptilo emerge hacia la superficie en busca de luz. La exposición lumínica detiene la elongación del coleóptilo y el mesocotilo provocando el desarrollo de las hojas embrionarias. Por otra parte, las raíces seminales ralentizan su crecimiento, a la vez las raíces adventicias empiezan a presentar indicios de desarrollo ¹ .
V1	La primera hoja llega a ser visible con un ápice redondo y las raíces adventicias empiezan a elongarse ¹ .
V2	Llega a presentarse una segunda hoja esta con un ápice aristado, las hojas que lleguen a presentarse en los siguientes estadíos tendrán ápices aristados ² .
V3	Tres hojas llegan a ser visibles. La planta inicia sus procesos fotosintéticos y hay una dependencia principal sobre las raíces adventicias ³ .
V4	Se presenta una cuarta hoja.
V5	Cinco hojas llegan a ser visibles.
V6	Llega a desarrollarse la sexta hoja. La demanda de nitrógeno aumenta en la planta y el número de filas que serán capaces de granar es determinado.

Estadio	Descripción
V7	Se presenta la séptima hoja. Si la planta padece de estrés hídrico empezará la senescencia ¹ de las hojas más antiguas como las de los estadios V1, V2, V3. A partir de la presencia de la séptima hoja se observará un incremento en la rapidez del desarrollo de las hojas posteriores ³ .
V8	La planta ya presenta ocho hojas en este estadio.
V9	Una novena hoja se adiciona a la planta.
V10	La planta ya presenta diez hojas y el tallo se va desarrollando con mayor celeridad acumulando materia seca y nutrientes. La panoja empieza a crecer. Muchos brotes reproductivos (jilotes emergentes) en la planta llegan a ser visibles si se le realizase al tallo una disecación ¹ .
Vn	La planta puede llegar a producir de 18 a 22 hojas, por lo que la etapa vegetativa previo al desarrollo completo de la panoja podría llegar hasta V22.
VT	Concluye la etapa vegetativa con el desarrollo completo de la inflorescencia masculina (panoja). Múltiples jilotes con mayor desarrollo pueden presentarse en la planta mas no presentan seda (conjunto de estigmas) emergente, estas pueden llegar a presentarse a los dos o tres días. La planta alcanzaría su máxima estatura en este estadio e inicia la liberación del polen, regularmente en horas tempranas y en horas previas a la puesta del sol ¹ .

Fuentes: ¹ (ICAR), ² (Licht), ³ (Reed, 2020).

E. Estadios de la fase reproductiva

La referencia al desarrollo del grano. Usualmente la panoja libera el polen antes de que la seda haya emergido del jilote y continúa liberándolo antes de que las sedas (ya emergidas) logren una receptibilidad apropiada para la fecundación, podría tomar alrededor de una semana o más dependiendo de la planta (Kiesselbach, 1980).

En el cuadro 7 se presenta la descripción de los estadios de la fase reproductiva. La codificación de cada estadio está sujeta al desarrollo de los granos no a la cantidad presente de ellos o de jilotes en la planta.

Cuadro 7. Descripción de los estadios de la fase reproductiva.

Estadio	Descripción
R1	Llega a presentarse el primer estadio reproductivo de la planta cuando cualquiera de los jilotes sea el primero en presentar emergencia de la seda. Los primeros estigmas en emerger serán los del área basal y los ultimas las apicales, estas llegan a crecer de 2.5 cm a 3.5 cm por día. La función de los estigmas es proporcionarle un medio acuoso al grano de polen para que pueda desarrollarse el tubo polínico. A cada jilote con sus estigmas emergidos puede tomarle de dos a tres días en ser polinizado complemente². Cuando un grano de polen cae sobre alguno de los estigmas es cuando sucede la polinización, al grano de polen le toma 24 horas desarrollar un tubo polínico que va abriéndose camino dentro del estigma llegando al óvulo para que este sea fecundado. En este proceso el tubo polínico se rompe al alcanzar saco embrionario liberando espermatozoides que se fusionan con el ovulo creando un cigoto ($2n = 20$), otro espermatozoide se con los núcleos polares del cigoto formando el endospermo primario $3n$ de 30 cromosomas³. Los óvulos que no lleguen a ser fecundados no producirán granos de maíz², también puede que el óvulo fecundado sea interrumpido en sus procesos fisiológicos llegando a abortar el grano de maíz.
R2	Ya que el óvulo fue fecundado inicia el desarrollo del embrión, podrían transcurrir de 10 a 14 días para que este cuente con la radícula, el coleóptilo y la primera hoja embrionaria. El jilote en este punto está casi por alcanzar su tamaño completo o puede que ya lo haya alcanzado. Las sedas al haber completado su función comienzan a oscurecerse y a secarse. Los granos de maíz en formación contarán con un 85 % de humedad, está disminuirá de forma gradual hasta la cosecha.

A continuación del cuadro 7

Estadio	Descripción
R3	Entre los 18 y 22 días después de la emergencia de las sedas y con sus óvulos fecundados el grano de maíz en formación tendrá un aspecto lechoso en su interior. El grano de maíz en formación presentará una coloración amarilla con un fluido interno de color blanco de aspecto lechoso debido a la cantidad de almidón dentro. El embrión crece con una rapidez notable. Los granos empiezan a acumular materia seca de forma rápida y contiene aproximadamente un 80 % de humedad. Las divisiones celulares del endospermo finalizarán, por lo que el crecimiento es debido principalmente a la expansión celular y a la acumulación de almidón ¹ .
R4	A los 24 o 28 días de la emergencia de las sedas el almidón continuará acumulándose, provocando que el fluido interno se torne en una consistencia pastosa. El embrión aumentará su tamaño de una forma considerable respecto a la etapa R3 y ya contará con cuatro hojas ² .
R5	Alrededor de los 35 o 40 días luego de la emergencia de la seda los granos comenzaran a secarse iniciando por la parte superior siendo el indicio una capa dura compuesta por almidón blanco ² .
R6	Finalmente, a los 55 o 65 días de la emergencia de la seda la planta alcanzará su madurez fisiológica. El indicador para esto será la máxima acumulación de materia seca en todos los granos de maíz de un mismo jilote. Podrá notarse una capa negra en el grano, esta señalará el fin de su crecimiento. El promedio de humedad en este estadio es del 30 % al 35 % sin embargo para su almacenaje es requerido de un 13 % al 15 % ² .

Fuente: ¹ (Fassio, Carriquiry, Tojo, & Romero, 1998) ² (Kiesselbach, 1980) ^{1 3} (Ritchie, Hanway, & Benson, 1986),

F. Morfología

En el cuadro 8 se presenta las características morfológicas del maíz. Cada aspecto viene acompañado de su respectiva descripción.

Cuadro 8. Características morfológicas relacionadas de *Z. mays*.

Aspecto	Descripción
Hábito	Anual
Reproducción	Por semillas
Sistema radicular	Estacional
Sistema caulinar	Tallo principal, pocos macollos
Hojas	Anchas
Inflorescencia lateral	Femenina
Inflorescencia terminal	Masculinas
Espiga femenina	Apareadas
Espiga masculina	Apareadas
Mazorca	Muchas filas, cubiertas
Fruto	Cariópside, desnudo, no dehiscente
Reproducción	Sexual
Semilla	Sin latencia

Fuente: (Paliwal, Granados, Lafitte, & Violic, 2001).

G. Plántula

La formación de la plántula comienza con el proceso de germinación. La semilla debe estar en contacto con un sustrato húmedo causando hinchazón en la misma estimulando así su germinación, esto puede tardar de dos a tres días con una temperatura del sustrato mayor a 10 °C. Mientras mayor sea la temperatura del suelo, el crecimiento será acelerado (Paliwal, Granados, Lafitte, & Violic, 2001).

La germinación empieza por el elongamiento de la coleoriza a través del pericarpo, posteriormente puede observarse la radícula saliendo a través de la coleoriza con tres o

cuatro raíces emergiendo posteriormente. En seguida se puede notar la presencia de la plúmula cubierta por el coleóptilo al lado contrario de la semilla, consecuentemente el coleóptilo es empujado hacia la superficie como producto de la elongación del mesocotilo. La elongación del mesocotilo es cuando el coleoptilo emerge a la superficie del suelo (Paliwal, Granados, Lafitte, & Violic, 2001).

H. Sistema radicular

Las raíces seminales tienen la característica de surgir a partir de la radícula. El crecimiento de estas va disminuyendo a medida que la plúmula emerge sobre la superficie y se detiene por completo cuando la plántula alcanza su estado fenológico vegetativo V3. Las raíces adventicias se empiezan a formar en el primer nudo del extremo del mesocotilo. Un nuevo grupo de raíces adventicias se desarrolla a partir de cada nuevo nudo, estas suelen formar alrededor de siete a diez nudos debajo de la superficie. Las raíces adventicias en conjunto con sus raíces fibrosas llegan a formar un gran volumen radical el cual tiene la funcionalidad de fijación de la planta que absorbe agua y nutrimentos (Paliwal, Granados, Lafitte, & Violic, 2001).

I. Sistema caulinar vegetativo

La planta en su estadio fenológico V3 se caracteriza por tener tres hojas, mientras sus puntos de crecimiento aún se localizan bajo tierra. El meristemo apical es el único punto de crecimiento que se encuentra encima de la superficie. Este meristemo se caracteriza por ser el origen de todas las partes del tallo vegetativas y reproductivas. El tallo formado se compone de entrenudos, las hojas, el perfilo y la yema. Cuando la planta alcanza el estadio V6, comienza en seguida una acelerada elongación de los entrenudos lo cual le permite a la planta crecer hasta más de dos metros llegando a producir hasta 22 hojas. (Paliwal, Granados, Lafitte, & Violic, 2001).

J. Sistema caulinar reproductivo

Una planta de maíz posee sus inflorescencias de distinto sexo en lugares separados de la planta. La inflorescencia femenina empieza su formación a partir de las yemas apicales, por otra parte, la inflorescencia masculina empieza su desarrollo en la parte superior de la planta, después de la última hoja. Inicialmente ambas inflorescencias tienen primordios bisexuales que durante su desarrollo tienden a abortar quedando las inflorescencias femeninas y la masculina en los lugares mencionados anteriormente. Al finalizar el desarrollo de cada uno de los primordios, el meristemo apical se transforma en reproductivo para convertirse en la panoja que es la inflorescencia masculina (Paliwal, Granados, Lafitte, & Violic, 2001).

Los entrenudos se elongan con rapidez empujando el punto de crecimiento, la mayoría de estos entrenudos no logran desarrollarse debidamente como producto de esto únicamente una o dos yemas laterales a partir de la mitad superior de la planta son las que llegan a ser inflorescencias femeninas (Paliwal, Granados, Lafitte, & Violic, 2001).

K. Inflorescencia masculina

Las flores masculinas crecen en la panoja. La planta al tener una edad de 4 o 5 semanas empieza el crecimiento de su estructura reproductiva, una espiga embrionaria. En este punto de su crecimiento se encuentra en la superficie o cerca de esta. La panoja joven es empujada a través de las vainas de las hojas alargando el tallo hasta 20 entrenudos. Durante las cinco semanas de alargamiento, la panoja va adquiriendo mayor determinación en su forma (Wiebold, Corn Pollination, 2012).

Dentro de las anteras en desarrollo se producen los granos de polen, estos una vez maduran estarán listos para cumplir su función de producir gametos masculinos a medida que se produce la elongación del tallo. El ultimo entrenudo del vástago, conocido también como pedúnculo, se alarga y empuja la espiga hacia afuera de la hoja. Este estadio fisiológico se le conoce como VT, y es el último estadio de la fase vegetativa (Wiebold, Corn Pollination, 2012). La panoja suele aparecer de 7 a 10 días antes de que aparezcan los estilos de la

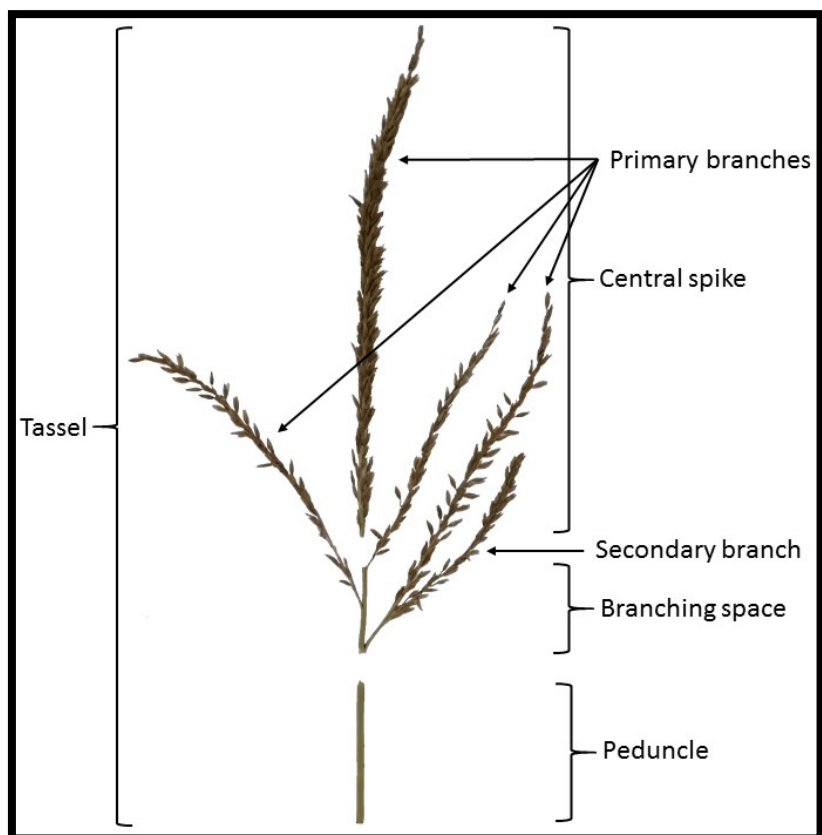
inflorescencia femenina. Generalmente la liberación del polen empieza de dos a tres días antes. Al momento que la panoja emerge de la parte apical, la planta alcanza su altura definitiva (UCCL, s.f.).

La panoja suele caracterizarse por tener un tallo central el cual se le conoce como raquis y varias ramas secundarias (en la figura 8 se presenta una representación gráfica de la panoja con sus) (Wiebold, Corn Pollination, 2012). En los dos tercios superiores del eje se desarrolla una espiga, debajo de esta se originan espigas laterales con un aspecto plumoso. En ambos tipos de espiga (central y laterales) se originan espiguillas en pares, una de estas es pedicelada y la otra es sésil (UCCL, s.f.).

Las espiguillas que caracterizan a la panoja se conocen como flósculos (en la figura 3 se presenta flósculo), existen aproximadamente 2000 de ellos en una panoja, estos se componen de tres estambres, una antera y un filamento (Wiebold, Corn Pollination, 2012).

Dos glumas rodean al flósculo. Cada flósculo permanece encerrado entre dos estructuras, la lemma o glumela inferior adyacente a una de las glumas y la pálea o glumera superior situada entre las dos flores. La estructura compuesta de la lemma, la pálea y la flor se denomina antecio, de estos existen dos por espiguilla (UCCL, s.f.). El filamento al alargarse empuja la antera hacia fuera del flósculo, de esta manera empieza a polinización cuando las anteras se abren produciendo la liberación de polen. Factores abióticos como temperatura, humedad y velocidad del viento influyen en el desprendimiento del polen de la antera (Wiebold, Corn Pollination, 2012).

El polen producido puede morir cuando está expuesto a temperaturas por encima de los 35 °C. La muerte de este puede llegar a producirse como efecto de la alta temperatura ya que el polen es altamente susceptible a la deshidratación. El polen, inmediato a su liberación ya empieza a deshidratarse incluso si la temperatura y la humedad son adecuadas. Estos pierden la mayor parte de su contenido de agua en menos de cuatro horas posterior a su liberación (Wiebold, Corn Pollination, 2012).

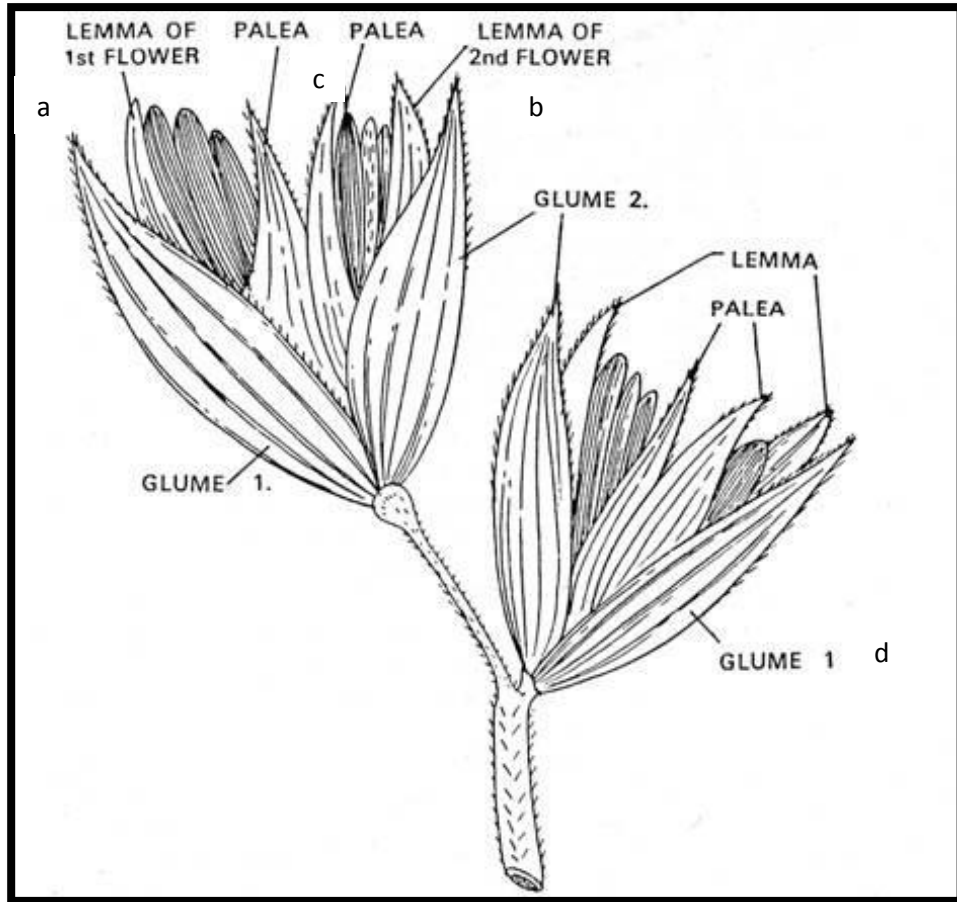


Fuente: (Wartha, Cargnelutti Filho, Lúcio, & Follmann, 2016).

Figura 8. Partes de una panoja de maíz.

Del lado derecho pueden observarse las siguientes partes de arriba hacia abajo que conforman una panoja (tassel). Ramas principales (primary branches), espiga central (central spike), rama secundaria (secondary branch), espacio entre ramas (branching space), y el pedúnculo (peduncle).

En la figura 9 se presenta la estructura de una espiguilla dentro de una rama de la panoja. Las glumas se caracterizan por encerrar a las lemmas y páleas, estas a la vez encierran a las anteras de donde será liberado el polen para el proceso de fertilización de la inflorescencia femenina (Gupta, s.f.)



Fuente: (Gupta, s.f).

Figura 9. Partes de una espiguilla de la panoja de maíz, a. Primera lema de la flor, b. Segunda lema de la flor, c. Palea y d. Gluma superior e inferior.

L. Inflorescencia femenina

Las flores femeninas también nacen de una espiga. El órgano sexual de dichas flores es el pistilo, este se compone de un ovario, un estilo y un estigma. Cuando el ovario llega a la maduración este se convertirá en un grano. Como todas las gramíneas, el ovario del maíz contiene un solo óvulo. Cuando el grano madure, habrá una sola semilla por cada grano. La cubierta de la semilla se fusiona con la pared del ovario para que su estructura se fortalezca y no pueda separarse. El estilo es de forma alargada y se conoce como seda. El estigma se encuentra al final de la seda y tiene media pulgada de largo 1.27 cm este se parece al resto

del estilo. Generalmente el estigma posee más tricomas que el resto de la seda (Wiebold, Corn Pollination, 2012).

La formación de la espiga femenina comienza desde los inicios del ciclo de vida de la planta. Sus brotes son microscópicos inicialmente ubicándose en los nodos del tallo. El crecimiento del brote de la espiga sucede dentro de las hojas tipo vaina (Wiebold, Corn Pollination, 2012).

El eje de la espiga femenina es grueso y de forma cilíndrica, a este se le conoce como coronta. La espiga se encuentra cubierta por brácteas u hojas envolventes, en la figura 4 se presenta la espiga femenina. La mazorca es conformada por la espiga y las brácteas (UCCL, s.f.). Si se quitaran las hojas de las vainas podrían llegar a observarse de 8 a 10 brotes en la espiga, estos podrían observarse sin necesidad de una ampliación. La mayoría de los híbridos en la actualidad poseen una sola espiga grande, generalmente el primero es grande y el resto son de menor tamaño (Wiebold, Corn Pollination, 2012).

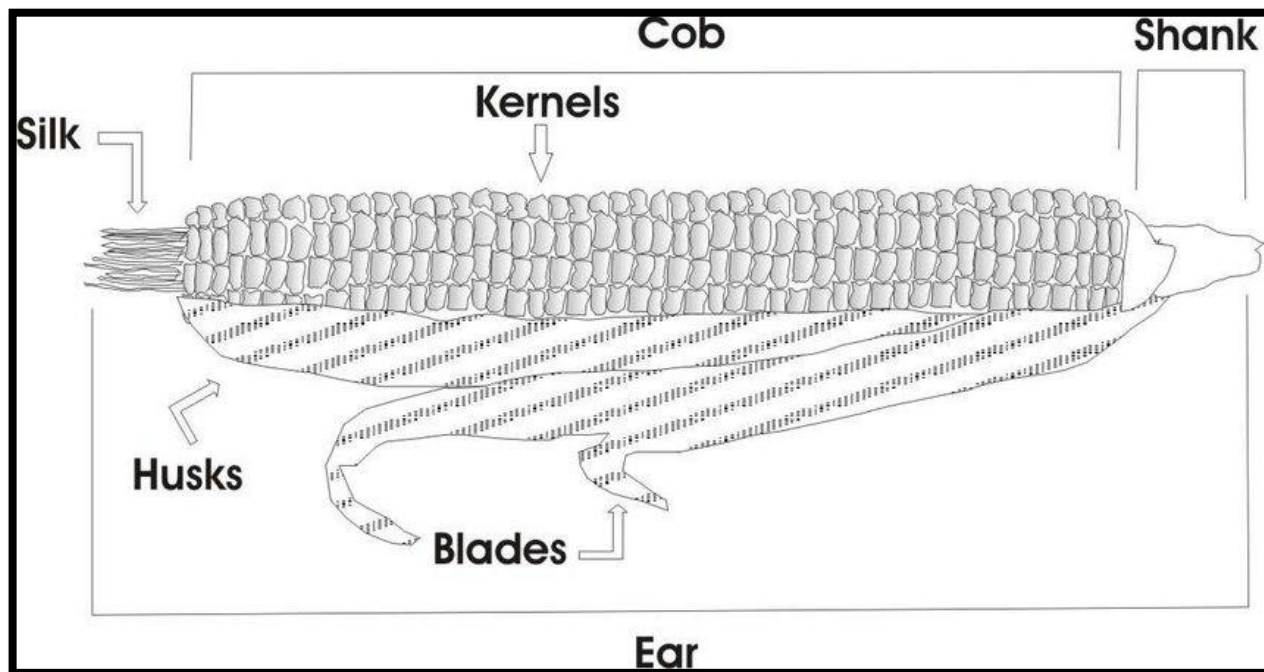
Cada planta llega a producir entre 7 y 8 brotes de mazorca, uno que es el apical llega a expresarse de forma productiva en condiciones de mayor luminosidad. Las plantas pueden llegar a producir una segunda mazorca productiva. El resto de las mazorcas no llegan a manifestarse externamente en la planta, estas solo llegan a alcanzar un estado rudimentario. Las brácteas de las mazorcas que no son productivas logran una elongación relativamente importante, estas no alcanzan a sobrepasar las vainas de las hojas que las cubre (UCCL, s.f.).

La mazorca apical llega a determinar su número de óvulos de 15 a 20 días antes de que llegue a emitir los estilos, en este momento presenta entre 1 cm y 2 cm de longitud. La cantidad de óvulos por mazorca apical llegan a variar entre 500 y 1,000, estos alineados entre 16 a 20 hileras de 30 a 50 óvulos cada una (UCCL, s.f.).

La elongación de las sedas comienza durante la etapa V12. Las primeras sedas que empiezan a alargarse son las que están más cerca del pedúnculo de la espiga, por otra parte, las últimas en alargarse son las de la punta. Hay una seda por cada flor, en promedio podría haber hasta mil sedas por espiga. Quien impulsa el alargamiento de la seda es la presión ejercida por el agua (Wiebold, Corn Pollination, 2012).

La flor femenina absorbe agua de la mazorca y la presión resultante es la que la empuja. Ya que en promedio unas mil sedas están siendo empujadas a la vez el proceso de elongación es lento. En ocasiones suele suceder que se producen atascos entre la misma seda y se enredan, esto conlleva a dificultades para la emergencia de la seda obstruyendo la polinización, esta condición no es común (Wiebold, Corn Pollination, 2012).

El alargamiento de la seda es indispensable para el proceso de polinización. Una vez un grano de polen caiga sobre una seda, esta dejará de crecer e iniciará la formación del tubo polínico. De no ocurrir la polinización el proceso de crecimiento de la seda durará hasta 10 días en donde esta irá muriendo de forma progresiva a causa de la deshidratación (Wiebold, Corn Pollination, 2012).



Fuente: Corbaoui, 2005.

Figura 10. Partes de la inflorescencia femenina o espiga (ear) femenina.

Esta se compone de los estigmas o seda (silk), vainas (husks), hojas (blades), granos (kernels), mazorca (cob), y el pedúnculo (shank), (Corbaoui, 2005).

M. Polinización

El polen es derramado por las flores masculinas y es conducido por el viento hasta llegar a los estilos. Estos al ser receptivos se caracterizan por ser húmedos y pegajosos permitiendo la adherencia y la germinación del polen. Cada estilo puede ser polinizado por varios granos de polen, sin embargo, solo uno de ellos logrará que el tubo polínico se elongue hasta alcanzar el óvulo y fecundarlo. La germinación de un grano de polen ocurre pocos minutos de que entra en contacto con el estilo. Desde que se produce la germinación hasta que llega el proceso de fecundación transcurren de 12 a 24 horas (UCCL, s.f.).

La liberación del polen comienza en las espigas de la mitad superior de la espiga central de la panoja y termina en el extremo apical de las espigas laterales de la parte baja, la liberación de polen en cada planta puede durar entre 7 a 10 días (UCCL, s.f.).

La cantidad máxima de liberación de polen en una planta llega a producirse de 3 a 4 días después de ocurrida la antesis de las primeras flores, en condiciones favorables un grano de polen puede permanecer viable de 18 a 24 horas. Los primeros estilos de una mazorca aparecen a través de las brácteas, estos son los de la base. La aparición de los estilos en una planta comienza de 1 a 2 días después de que la liberación de polen comienza por parte de las flores masculinas. Cada mazorca requiere de 4 a 5 días para completar la emisión de sus estilos, estos logran un crecimiento diario de 2.5 cm a 3 cm. La cantidad de polen producida en las espigas es más que suficiente para la fecundar los óvulos que estén disponibles en la mazorca, es normal que no lleguen a formarse granos en la parte apical de las mazorcas (UCCL, s.f.).

Este fenómeno puede deberse a deficiencias hídricas, factores genéticos o ambientales provocando de esta manera problemas de polinización. Dependiendo de las condiciones del ambiente los estilos pueden llegar a deshidratarse de manera grave obstaculizando la formación del tubo polínico y la germinación del polen, el proceso de polinización y del crecimiento del tubo polínico (UCCL, s.f.).

Dentro de un cultivo también puede suceder que las plantas no logren una homogeneidad suficiente, iniciando desde la formación de estilos en un período que se prolonga por incluso

más de 10 días. Cuando esto ocurre la polinización es afectada ya que las mazorcas inician de forma tardía la emisión de sus estilos (UCCL, s.f.).

La formación de un grano definido depende de que exista una sincronización exitosa entre las floraciones de las distintas inflorescencias localizadas en la planta. Los granos de polen al ser depositados en las sedas expuestas comienzan con la unión de un gameto masculino a un gameto femenino con esto se consigue la formación de un embrión del núcleo, es decir ocurre la fertilización. La presión del agua es la que impulsa el alargamiento de la seda, están quedando susceptibles a la pérdida de agua y pérdida de presión de turgencia. El agua entra en la seda hacia el ovario, este recibe agua de la mazorca y la mazorca la recibe a través del tallo (UCCL, s.f.).

La seda compite por el agua con todos los órganos de la planta, eso trae como consecuencia que, al momento de existir un stress hídrico o déficit de agua, las sedas se ven afectadas obstruyendo de esta manera el proceso de fertilización cuando un grano de polen cae sobre ellas (Wiebold, Corn Pollination, 2012).

La presión de turgencia que impulsa el crecimiento de la seda decrece cuando existe un contenido bajo de humedad en el suelo o la temperatura del ambiente es elevada, esto resulta en una disminución del alargamiento de la seda. Para el crecimiento de la seda están establecidos patrones de crecimiento diurno, estos pueden variar de 1.5 ln/día a 2 ln/día (3.81 cm/día a 5.08 cm/día), por la tarde disminuye el crecimiento ya que el estado hídrico de la planta disminuye. En los niveles adecuados de agua en la planta, la elongación de la seda se da de una manera más acelerada en los primeros dos días y va deteniéndose con cada día que pasa hasta llegar al décimo (Wiebold, Corn Pollination, 2012).

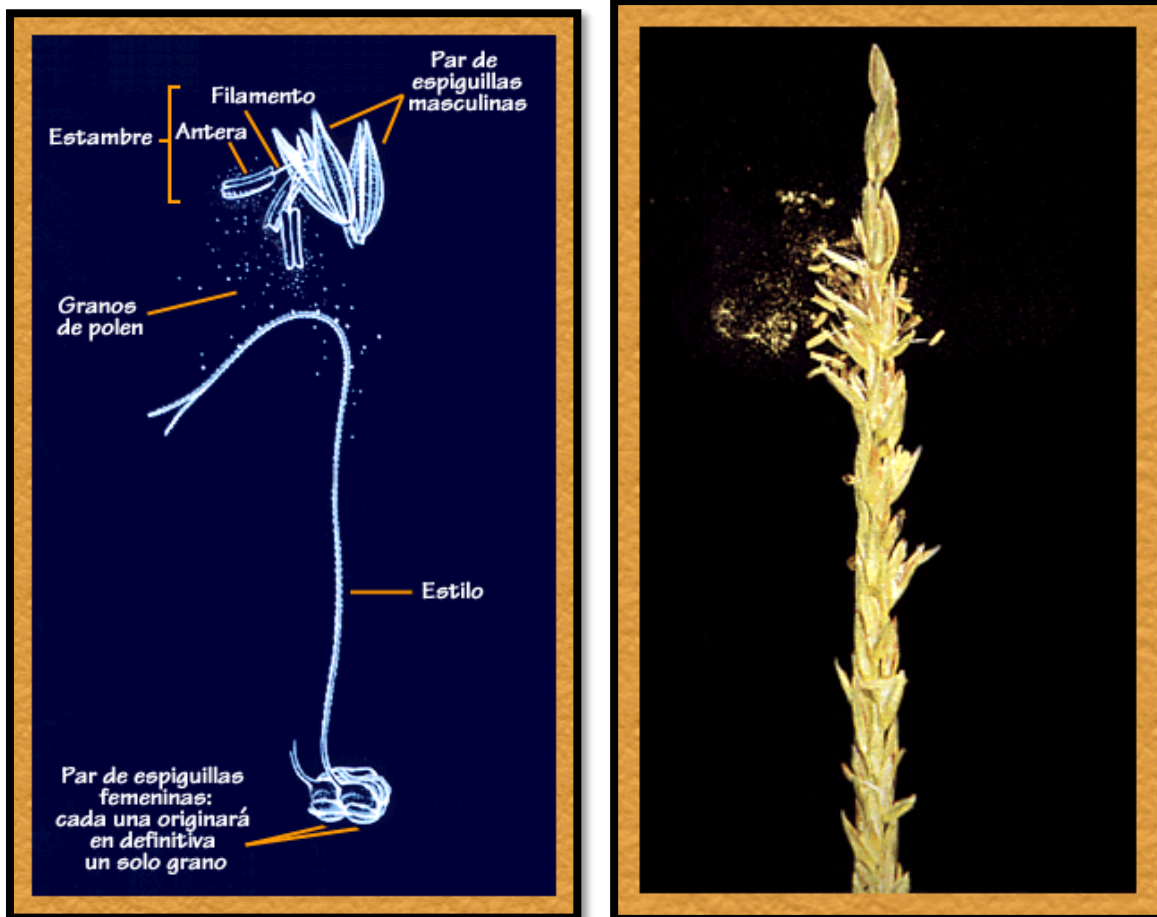
La sequía afecta en mayor grado a la formación de las sedas que al polen, ya que en condiciones de falta de agua el polen continúa desarrollándose. Las sedas que emerjan luego de que haya pasado dicho estrés hídrico no serán lo suficientemente receptivas como para lograr que el polen fecunde el ovulo, una representación del llenado de granos en base a la receptividad del estigma conforme (Wiebold, Corn Pollination, 2012).

El polen del maíz es transportado por el viento, sin embargo, este tiene un peso considerable lo cual resulta en que el mismo pueda desplazarse únicamente hasta a 15 ft de su planta

de origen mientras lo más livianos hasta 150 pies si las velocidades del viento son elevadas. Para facilitar la labor de captura de polen por parte de la seda, estas poseen tricomas, estos se caracterizan por ser pegajosos cuando son receptivos. Es por esta razón que los granos de polen se quedan atrapados en la seda y rebotan cuando caen en otra región que no es la seda.

El diámetro de un grano de polen suele ser generalmente una cuarta parte del diámetro de la seda, pero casi tres veces el tamaño de un tricoma. Algunas regiones como la punta de la mazorca suelen ser deficientes en cuanto a la producción del grano, esto se da porque la seda en esta región empieza a emerger de manera tardía en comparación a la seda que emerge de la base, entonces son eclipsadas por la seda de la región basal no llegando a ser polinizadas incluso si la cantidad de agua en la planta es la adecuada, cabe mencionar que la escasa formación del grano en la punta también se le atribuye al déficit de agua en la planta (Wiebold, Corn Pollination, 2012).

Luego de haber ocurrido la polinización, ocurre el crecimiento del tubo polínico que emerge del grano de polen que entró en contacto con un estigma. Para la formación del tubo es requerida una cantidad de agua aportada por la seda, esta fluye hacia el grano de polen. El tubo encuentra un punto de entrada en la seda, estas tienen una cutícula cerosa la cual el tubo no puede atravesar, sin embargo, existen roturas que facilitan la elongación del tubo polínico a través del interior de la seda. Es posible que más de un tubo polínico crezca en el interior de la seda, pero solo uno será capaz de fecundar un óvulo. Al tubo le toman alrededor de 24 horas para alcanzar el óvulo, en la figura 5 se presenta la liberación de polen (Wiebold, Corn Pollination, 2012).



Fuente: Nielsen, 2016.

Figura 11. Liberación del polen.

En la figura 11 se presenta la liberación del polen en la izquierda puede observarse el proceso de liberación del polen y como este llega a germinar sobre el estilo. En la derecha puede observarse la forma en la que una espiga masculina inicia la liberación del polen.

En la figura 12 se presenta el llenado de granos en las mazorcas como resultado de la polinización.



Fuente: Nielsen, 2016.

Figura 12. Llenado de granos en las mazorcas como resultado de la polinización.

En la figura 6 se presenta el llenado de grano y el efecto de la polinización días después de la emergencia de la seda y no de forma inmediata a la liberación del polen. La causa más común de este fenómeno es la falta de sincronización entre las floraciones en la planta. En la figura de la izquierda puede observarse el llenado de grano cuando la polinización se da a los cuatro días, en la figura de la derecha a los cuatro días y en la de abajo a los cinco días. Conforme avancen los días menores granos tendrá la mazorca ya que los estigmas perderán receptividad de forma progresiva en cuestión de días (Nielsen, 2016).

N. Llenado de granos

El grano empieza en un estado de ampolla de 3 a 4 días después de la fecundación de los primeros óvulos, los granos en crecimiento tienen un aspecto de pequeñas ampollas, estos presentan una coloración blanca y pálida, se componen de humedad en un 90 %. Al finalizar

dicho estado de ampolla los granos presentan un cambio en su coloración externa, esto es un proceso gradual ya que va de blanco pálido a amarillo tenue, los granos tienden a tener un contenido de humedad del 85 %. El color amarillo se irá intensificando gradualmente debido a la acumulación de almidón, este llega a formarse después de las dos semanas de haber ocurrido la fecundación de los óvulos provocando un cambio en los granos de un estado acuoso a un lechoso (UCCL, s.f.).

Cuando el grano pasa de un estado acuoso a uno lechoso estos muestran una coloración amarilla con un fluido interno de color blanco y de aspecto lechoso. La humedad del grano en su estado lechosa se sitúa entre un 71 % o 74 %. Posteriormente se seguirá acumulando almidón en el endospermo y esto conlleva a la formación de una consistencia pastosa. La mazorca sufre cambios en su coloración de color rosa a un rojo tenue, este cambio de color se manifiesta en la lemma y la pálea. Los granos en este estado pastoso presentan un contenido de humedad del 60 % acumulando la mitad de su contenido en peso seco (UCCL, s.f.).

Luego de haber transcurrido por un estado pastoso el grano empieza a tener un aspecto dentado. Estos granos comienzan a mostrar hendiduras en la parte apical del mismo correspondiendo al dentado. Estos presentan una humedad de alrededor de 55 % en este estado. Los granos empiezan a secarse desde la parte apical y logra ser visible la denominada línea de leche en los granos marcando una transición entre la parte dura del almidón y su parte lechosa, esta línea se desplaza gradualmente hacia la coronta hasta que alcanza la madurez fisiológica. Cuando dicha línea se sitúa en la parte media del grano estos presentan un contenido de humedad de alrededor del 40 % y su peso seco ha alcanzado un 90 % (UCCL, s.f.).

Finalmente, el grano alcanza el estado de madurez fisiológica presentando su máxima cantidad de materia seca. La línea de leche desaparece y culmina el proceso de formación del grano, en este último estadio la humedad del grano decrece al 37 % y en la planta alrededor de un 60 %. Al desaparecer la línea de leche aparece el punto negro en el grano. Indicando que se alcanzó el estado de madurez fisiológica. Al haber alcanzado la madurez fisiológica debe esperarse que los granos vayan perdiendo humedad para minimizar el costo

del secado. La tasa de pérdida de humedad depende de la temperatura del ambiente. En la figura 7 se presenta las distintas etapas del grano (UCCL, s.f.).



Fuente: UCCL, s.f.

Figura 13. Desarrollo del punto negro en el grano.

En la figura 13 se presenta el cambio de coloración en el grano de izquierda a derecha. Esto es un signo de que el grano va alcanzando madurez fisiológica (UCCL, s.f.).

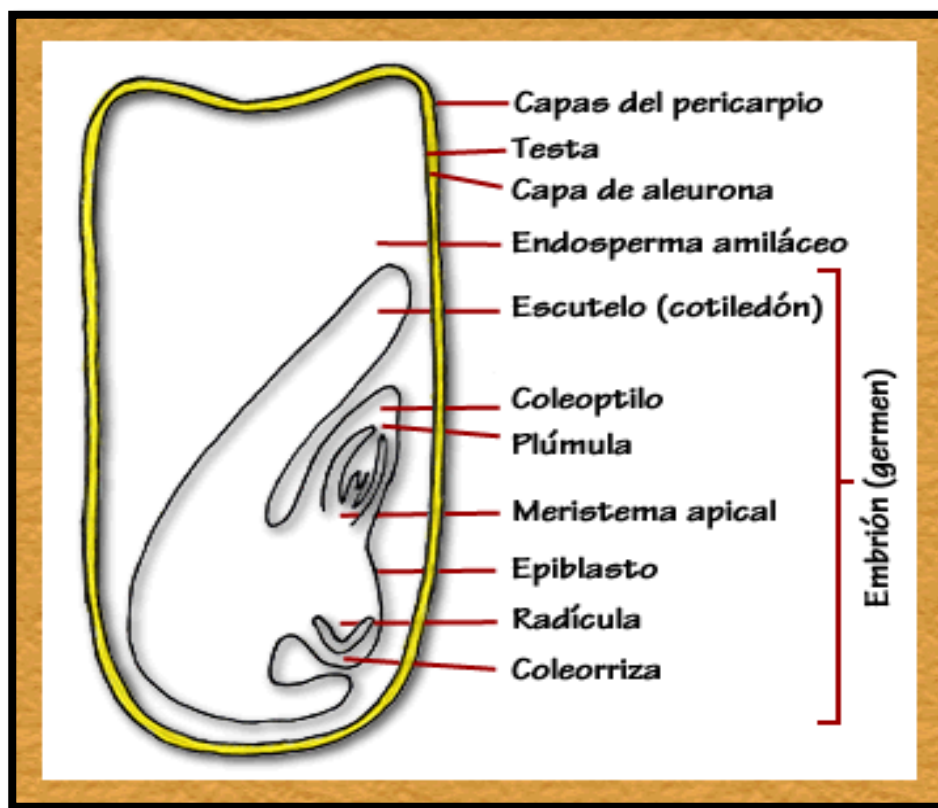
Ñ. Granos de polen y estigmas

El polen del maíz es trinuclear en su estructura. Se caracteriza por tener una célula vegetativa, dos gametos masculinos y granos de almidón. Su pared es gruesa compuesta de dos capas, la intina y la exina. Los estigmas son la prolongación del canal del estilo de los óvulos maduros en la mazorca. Los estambres pueden llegar a crecer hasta 30 cm, estos cubiertos por numerosos tricomas en ángulo abierto con el estambre donde serán retenidos

los granos de polen. El desarrollo de los estambres toma días y empiezan a ser receptivos de tres a cuatro días permaneciendo así por varios días más después de su emergencia por encima de las hojas que los cubren hasta que son polinizados. Los estambres receptivos son húmedos y pegajosos, el grano de polen germina inmediatamente cuando se aloja en los estambres. El tubo polínico requiere 24 hr para recorrer todo el estambre y fertilizar el óvulo (Paliwal, Granados, Lafitte, & Violic, 2001).

O. Fruto

El fruto o grano que produce el maíz es una carióspside. Este fruto se caracteriza por tener su pared compuesta por el pericarpio y la testa. Un fruto maduro se compone de la pared, el embrión y el endospermo. En la figura 14 se presenta el esquema de las partes del fruto (Paliwal, Granados, Lafitte, & Violic, 2001).



Fuente: (UCCL, s.f.)

Figura 14. Composición de un grano de maíz con sus respectivas partes.

P. Viabilidad de polen y receptividad de estigmas

La viabilidad de polen hace referencia a la habilidad de polen para desempeñar su función de fecundar un óvulo. Esta propiedad del polen es notable después de que es liberado de las anteras y varía entre las distintas especies de plantas. La viabilidad de polen es un indicador de su calidad y su vigor. La viabilidad del polen varía a través del tiempo y depende del estado taxonómico de la planta y de las condiciones ambientales. Para preservar la viabilidad son requeridas condiciones de almacenamiento especiales. Otras causas por las cuales pueden presentarse pérdidas en la viabilidad de polen son las deficiencias en la respiración del sustrato, incapacidad para soportar la desecación y la pérdida de integridad de la membrana (Sugandha, s.f.).

La receptividad de estigmas hace referencia a que tan susceptible es el estigma para fecundar por un grano de polen. La receptividad en los estigmas puede notarse por tener un aspecto pegajoso, numerosos tricomas y una coloración rosa oscura. Mientras más receptivo sea el estigma mayor será la capacidad en la que un grano de polen pueda fecundar un óvulo de la inflorescencia femenina.

Q. Tipos de madurez

El tipo de madurez es la característica que hace referencia a la duración del ciclo del maíz desde la emergencia hasta la senescencia. En el cuadro 9 se presentan distintos tipos de madurez, en el cual se describen los cuatro tipos de madurez: muy precoz, precoz, intermedia y tardía. Cada una de estas madureces va acompañada de la duración de su ciclo en días y de su descripción.

Cuadro 9. Tipos de madurez en maíz.

Tipo de madurez	Duración del ciclo (días)	Descripción
Muy precoz	De 80 a 85	Es apto para su consumo en su forma fresca y verde alrededor de los 60 días después del trasplante. Dado a su corto período pueden sembrarse y cosecharse hasta dos veces por temporada.
Temprano (precoz)	De 90 a 95	Es apto para su consumo a los 65 días después del trasplante. Estos materiales pueden plantarse al inicio de la temporada pudiéndose cosechar antes del fin de esta.
Intermedio	De 105 a 110	No requiere de una temporada para su maduración. Tiende a producir mayores rendimientos que los materiales tempranos.
Tardío (tropical)	De 115 a 120	Requiere ser plantado en los primeros días de la temporada apropiada de siembra.

Fuente: (Fakorede, Oluwaranti, Badu-Apraku, & Menkir, 2011).

R. Líneas doble haploides

El mejoramiento genético a través del uso de la tecnología de doble haploides es común en la actualidad para el desarrollo de líneas puras (endogámicas) mediante la inducción de haploides *in vitro*. El uso de esta tecnología es posible crear líneas puras en solo dos generaciones, por otra parte, con los métodos convencionales se necesitarían seis o más generaciones de fecundación. Esto resulta en la ventaja de que con el uso de doble haploides se necesitaría menos tiempo para producir líneas endogámicas totalmente homocigotas.

Otra ventaja del uso de esta tecnología consiste en que existe mayor varianza genética entre líneas doble haploides, comparando estas líneas con las obtenidas a través de la autofecundación (plantas F₂, F₃, o F₄) se llega a presentar una mejora en la eficiencia de la selección, una comparación del método convencional de mejoramiento con el doble haploides (CIMMYT, 2012).

Para producir una línea de plantas doble haploides, es necesario tener una planta haploide, estas se caracterizan por ser más pequeñas y menos vigorosas que las plantas diploides, sin embargo, morfológicamente son similares. Las plantas haploides también suelen caracterizarse por tener hojas más cortas y por tener esterilidad en la inflorescencia masculina. La esterilidad no estará presente en los sectores diploides que se encuentren en la planta o en los sectores cuyos cromosomas estén doblados (pasen de haploides a doble haploides) (Weber, 2014).

El proceso del desarrollo de una línea doble haploide comienza con un inductor de haploidía. Estos inductores son cepas genéticas especializadas a modo de que cuando son cruzadas con una planta diploide de maíz el resultado es una mazorca segregada. Se entiende por mazorca segregada a aquella que tiene en una parte granos diploides (2n) y haploides (n). Los granos que presenten haploidía se caracterizan por tener un endospermo triploide regular (3n), esto provoca que su germinación sea similar a los embriones diploides. La inducción de haploidía suele ser una técnica *in vivo* para esto los progenitores maternos suelen tener un marcador a base de antocianina en la capa de aleurona del endospermo del maíz y en el embrión (Prasanna, Chaikam, & Mahuku, 2013).

Las poblaciones fuente no presentan esta coloración. Esta coloración ayuda a diferenciar los granos haploides (sin coloración) de los diploides (con coloración), de esta forma pueden identificarse los embriones haploides y seleccionarse para el doblaje cromosómico (Prasanna, Chaikam, & Mahuku, 2013).

Una vez identificados los embriones haploides se procede a efectuar la duplicación cromosómica. Actualmente la colchicina es el agente duplicador de cromosomas, conocida por su función de inhibidor mitótico. La función de la colchicina es alterar la mitosis, dando como resultado una sola célula con dos veces el número de cromosomas. Cuando el embrión es expuesto a un medio de colchicina, ocurre una replicación de cromosomas en la interfase (Prasanna, Chaikam, & Mahuku, 2013).

Esta se adhiere a los túbulos evitando la formación de microtúbulos en el huso mitótico en la metafase. En el anafase, llegan a separarse las dos cromátidas hermanas del cromosoma replicado. No pudiéndose desplazar hacia los polos opuestos de la célula quedan atrapados en el centro. Durante la telofase se forma una membrana nuclear alrededor de los cromosomas no desplazados dando como resultado dos veces el número de cromosomas (Prasanna, Chaikam, & Mahuku, 2013).

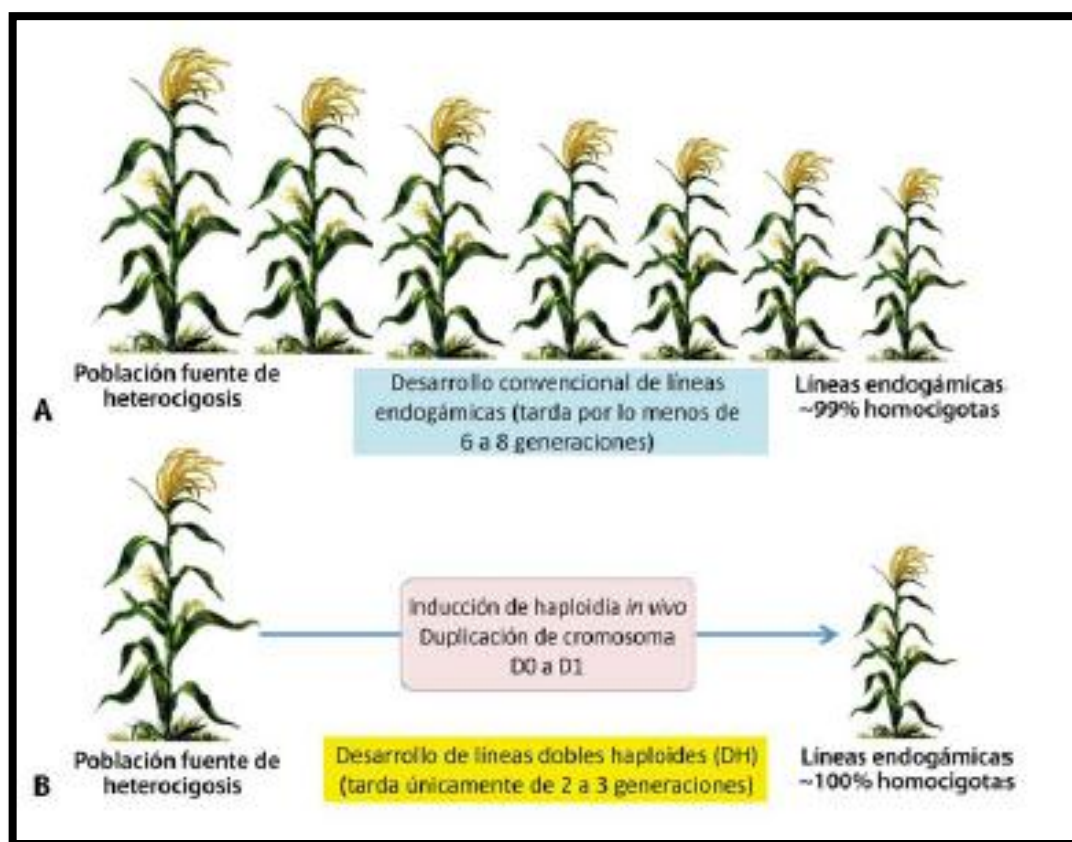
Para generar líneas doble haploides es indispensable darles un manejo agronómico a las plantas tratadas con colchicina. Es recomendable que primero se les de manejo en invernadero y luego en campo. Las labores de manejo consisten en llevar un régimen de riego adecuado, un plan de fertilización, manejo de malezas. Manejo de plagas y enfermedades. Las parcelas para producción de líneas doble haploides deben estar situadas en sitios con las condiciones edafológicas y climáticas adecuadas (Prasanna, Chaikam, & Mahuku, 2013).

La inducción de haploidía deber ser efectuada a nivel de campo mediante un inductor (macho) y un germoplasma (hembra), estas deben ser líneas especializadas para que al momento de realizar el cruce lleguen a presentarse las coloraciones correspondientes en la mazorca. Una vez cosechadas las mazorcas de dicha inducción, estas se llevan a un laboratorio donde se extraen los embriones, se seleccionan los haploides (estos no suelen tener la coloración purpura como resultado de la presencia de antocianina), se les trata con

colchicina para provocar la duplicación cromosómica, luego se siembran en un medio adecuado de forma *in vitro* (Prasanna, Chaikam, & Mahuku, 2013).

Cuando los embriones doble haploides germinan y llegan a ser plántulas, estas son llevadas a condiciones de invernadero donde transcurren un tiempo para que estas lleguen a alcanzar su tamaño adecuado para su trasplante en campo. Una vez alcanzan el tamaño adecuado son trasplantadas y se les da el manejo agronómico recomendado. La polinización a este nivel deberá ser autofecundación para producir las líneas puras y no cruzada como en inducción de haploides. Una vez la planta se cosecha su desarrollo, el producto final será la semilla de una línea doble haploide (Prasanna, Chaikam, & Mahuku, 2013).

En la figura 15 se presenta comparación del mejoramiento convencional de doble haploides.



Fuente: (Prasanna, 2013).

Figura 15. Comparación del mejoramiento convencional con el mejoramiento a través de la utilización de doble haploides.

El esquema A muestra como es el proceso del mejoramiento convencional en donde para producir líneas endogámicas hasta el 99 % homocigotas puede tomar de 6 a 8 generaciones. El esquema B muestra el proceso a través de la utilización de doble haploides, en donde para producir líneas endogámicas hasta 100 % homocigotas puede tomar de 2 a 3 generaciones mediante la utilización de un inductor de haploidía y la duplicación de cromosomas.

2.3. Antecedentes

A. Evaluación de la regeneración de doble haploides de maíz suave variedad iniap-101 mediante la técnica de cultivo de anteras, Zárate Oviedo, Andrea Paola, 2003.

En la evaluación de la regeneración de doble haploides se realizaron en tres fases: inducción, formación de callos y formación de embriones. En la primera fase se utilizó colchicina en diferentes concentraciones para el doblaje del genoma, mientras que en las fases siguientes se probó con reguladores de crecimiento, inhibidores de etileno y diferentes fuentes de hidratos de carbono para estimular a las microsporas inducidas hacia la formación de tejidos; además de ello, se ensayó otros factores que interfieren en la respuesta androgénica. Se comprobó que la variedad INIAP-101 tiene características androgénicas casi nulas y por tanto es poco apta para el cultivo de anteras; sin embargo, se identificó que el medio Yu Pei (YP) suplementado con 30 mg/L de colchicina permite la sobrevivencia del 96 % de las anteras, de las cuales el 70 % se encontraban hinchadas y un 36,5 % contenía microsporas inducidas. A pesar de que no existió formación de tejido meristemático o embriogénico, microscópicamente se llegó a identificar esporas con citoplasma “como estrella” un punto de partida para la androgénesis, claramente detenido por la ausencia de capacidad androgénica. Los resultados entre tratamientos para la formación de callos no fueron significativos ($p=0,7116$), pero al contraponerlos con un blanco se encontró que con inhibidores de etileno y maltosa como fuente de carbono en el mismo medio YP, es posible mantener viables un 50 % de las anteras, y un 17 % de microsporas inducidas a los 30 días de iniciado el cultivo. En la fase de formación de embriones, se hallaron un 40 % de anteras viables e hinchadas y un 7 % de microsporas

inducidas, éste mínimo porcentaje indica que la hinchazón se debe más a la hiperhidratación que a la actividad de las microsporas.

B. Efecto de la sincronización entre la receptividad de la seda y el vigor del polen del grano de polen en los granos de maíz (*Zea mays* L.) — Yanzhe, W; Yanhong, C; Lihua, Z; Jincai, L; Jianfeng, L; Ronghuan, W. — China 2007

Este experimento fue realizado con dos híbridos de maíz (Yedan 12 y Yedan 19) a nivel de campo y laboratorio para observar la receptividad de la seda y el vigor del polen y sus efectos en la formación de grano. El experimento demostró que la receptividad de la seda puede mantenerse; sin embargo, hubo disminución en el peso del grano, en relación con la edad de las sedas; es decir, cuanto más viejas las sedas menor peso o tamaño desarrolla el grano. Por otra parte, los granos de polen que se desprendieron antes del envejecimiento de la seda tenían mayor porcentaje de germinación y presentaban una alta tasa de crecimiento del tubo polínico.

El efecto de una seda con retraso fue más significativo que el polen con retraso. La sincronización entre la seda y el polen resultó en distintas características para los dos híbridos evaluados. En resumen, la formación de los granos se ve afectada por la receptividad de la seda, y la viabilidad del polen, así como la sincronización entre la emergencia de la seda y la liberación del polen (Yanzhe, Yanhong, Lihua, Jincai, Jianfeng, & Ronghuan, 2007).

C. Polinización sincrónica dentro y entre las espigas femeninas mejora la formación de granos en maíz — Cárcova, J; Uribelarrea, M; Borrás, L; Otegui, M; Westgate, M — Argentina, Buenos Aires 2007

Los ovarios fertilizados de manera tardía tienden a ser abortados en el maíz, esto provoca una reducción en la formación de granos en la espiga femenina. En el experimento se examinó una alteración entre los intervalos de polinización de los flósculos dentro de la espiga y entre espigas para observar el efecto que tenía en la producción de número de

granos. Existió variación entre la polinización natural y la manual en cuatro híbridos sembrados en poblaciones bajas y altas sin estrés hídrico y deficiencias nutricionales.

El aumento de la población provocó una demora en la emergencia de la seda y la mayoría de estas fueron expuestas a los cinco días de su formación. Esta exposición de cinco días mejoró la formación de granos en la planta y la índice fertilidad del flósculo a comparación de las que fueron polinizados de forma abierta (Cárcova, Uribe Larrea, Borrás, Otegui, & Westgate, 2007).

D. La polinización tardía y la baja disponibilidad de asimiladas son los principales factores que causan el aborto de los granos de maíz — Shen, S; Zhang, L; Liang, XG; Zhao, X; Lin, S; Qu, LH; Liu, YP; Gao, Z; Ruan, YL; Zhou, SL — 2018

El aborto de semillas en forma selectiva es una forma de supervivencia para las plantas y que permite que otras logren desarrollarse a cambio de que otras no lleguen a desarrollarse. Esto conlleva a bajas en los rendimientos. Para el experimento se ha propuesto un tiempo de polinización el cual está asociado con el aborto del grano. Para probar la hipótesis del experimento se desarrolló un patrón natural de polinización del maíz con el fin de alterar y examinar el impacto de los tiempos de polinización en el crecimiento del grano.

Cuando los granos basales y apicales se polinizaban de forma sincrónica, los basales se asentaban, pero los terminales se abortaban en una etapa temprana. El retraso de la polinización en los óvulos basales detuvo su desarrollo, la actividad de la enzima invertasa y los niveles de azúcar, permitiendo de esta forma que los granos apicales se asentaran y crecieran normalmente.

De manera *in situ* fue expuesta una actividad normal de la invertasa de la pared celular en los núcleos apicales y basales bajo polinización sincrónica, no obstante, esta redujo la actividad en los núcleos de polinización retrasada sin importar que fueran apicales o basales. El almidón, abundante en las áreas basales se encontraba ausente en las regiones apicales bajo una polinización sincrónica, pero aparente en la polinización retrasada. El análisis en el experimento identificó la fuerza del sumidero relacionada con los tiempos

polinización y un bajo nivel de asimilados como principales causas del aborto en los granos (Shen, y otros, 2018).

E. Efectos de la sincronización de la polinización en la formación del grano y la receptividad de la seda en cuatro híbridos de maíz — Anderson, SR; Lauer, MJ; Schoper, JB; Shibles, RM — 2004

La receptividad de la seda y la formación de granos varían con el tiempo de polinización y con el medio ambiente. Los objetivos de la investigación fueron evaluar las diferencias en la formación del grano, los patrones de elongación de la seda y la duración de la receptividad de esta en cuatro híbridos. Para la investigación se utilizaron polinizaciones manuales con el polen de los cuatro híbridos con distintos días después de la aparición de la seda. Los híbridos utilizados en la investigación fueron B73*MO17, WF9*A632, Pioneer 3343 y Pioneer 3379. El WF9*A632 fue el que tuvo la tasa de crecimiento de seda inicial más rápida teniendo una polinización exitosa.

Este híbrido poseía valores bajos en cuanto a superficie de tricomas receptivos, densidad de tricomas y número de tricomas. La conclusión del experimento fue que los rendimientos se ven afectados entre los híbridos por la variación existente entre el alargamiento de la seda y la senescencia (Anderson, Lauer, Schoper, & Shibles, 2004).

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo general

Evaluar la producción granos por mazorca en plantas de maíz doble haploide de distintas madureces empleando distintos métodos de aislado de la espiga y preparación del estigma.

2.4.2. Objetivos específicos

1. Determinar la producción del número de granos por mazorcas comparando dos métodos de preparación del estigma en plantas con tres grados de madurez.
2. Determinar la viabilidad del polen y la receptividad de estigmas en las líneas evaluadas.
3. Comparar el efecto que produce los métodos de aislado y preparado y su respuesta en las madureces.

2.5. HIPOTESIS

La preparación del estigma con un día de anterioridad previo a la polinización producirá un incremento en la viabilidad de polen, la receptividad del estigma y la producción de granos por mazorca.

2.6. METODOLOGÍA

2.6.1. Materiales utilizados en el experimento

La evaluación corresponde a la eficiencia en producción del número de granos por mazorca en base a días de preparación de los estigmas antes de la polinización en plantas doble haploides en maíz en la empresa Esquejes S.A., del departamento de Jalapa. Cada línea para evaluar es de distinta madurez y todas son procedentes de Norteamérica. En el cuadro 10 se presenta las características generales de las líneas seleccionadas.

Cuadro 10. Características generales de las líneas seleccionadas para la evaluación.

Línea	Tipo de madurez	Región
19GF900025	Temprana	Norteamérica
19BD900025	Intermedia	Norteamérica
19TP900015	Tardía	Norteamérica

Fuente: elaboración propia, 2019.

De estas líneas mencionadas anteriormente, las plantas que fueron utilizadas en la evaluación no corresponden a plantas de producción normal, estas fueron sobrantes (plantas descartadas que no resultaron de interés para el fitomejorador). La población del experimento fue de 2,064 plantas, 688 por cada línea.

2.6.2. Descripción de tratamientos

En el cuadro 11 se presenta la descripción de tratamientos se emplearon dos factores, el factor A que corresponde a los días de aislado y preparado y el factor B que corresponde la madurez de la planta. El factor A, se caracteriza por tener dos niveles, mientras el factor B se caracteriza por tener tres niveles.

La evaluación corresponde a la eficiencia en producción del número de granos por mazorca en base a días de preparación de los estigmas antes de la polinización en plantas doble

haploides en maíz en la empresa Esquejes S.A., Jalapa, Jalapa durante el año 2019. Cada factor consta de sus distintos niveles descritos.

Cuadro 11. Descripción de los factores evaluados.

Factor	Descripción	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
A	Días de aislado y preparado (DAP.)	Aislar la espiga y preparar los estigmas el mismo día de la liberación del polen (Aislar y preparar el mismo día).	Aislar la espiga y preparar los estigmas un día antes de la liberación del polen (Aislar y preparar un día antes).	No tiene*
B	Madurez	Temprana	Intermedia	Tardía

Fuente: elaboración propia, 2019.

DAP: Días de Aislamiento y Preparado.

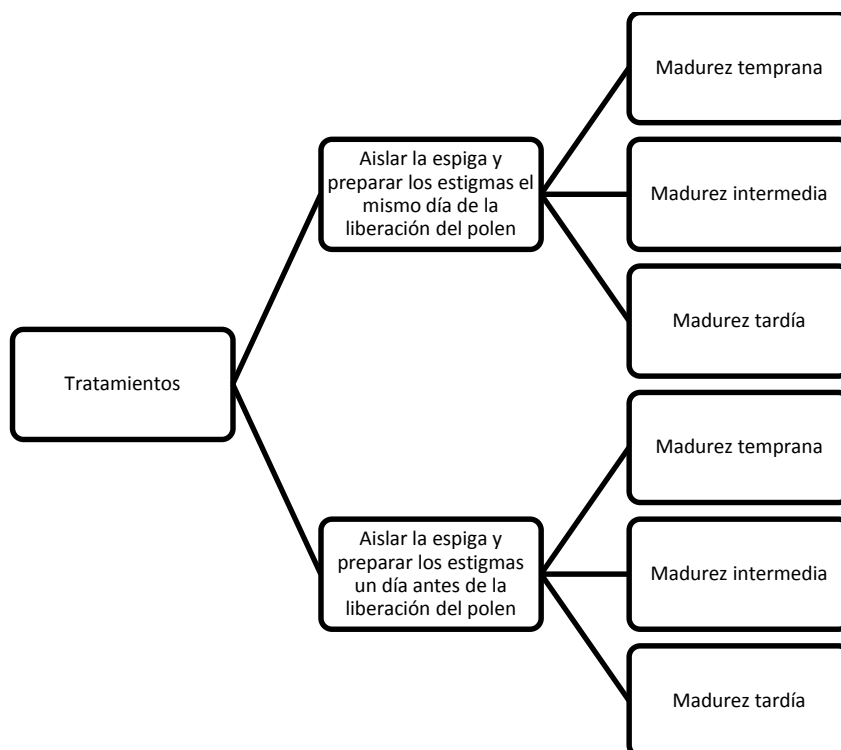
Nota:

*El factor A no posee un tercer nivel ya que solo se están evaluando dos métodos de aislado y preparado.

2.6.3. Tratamientos

En la figura 16 se presenta la interacción entre los niveles de cada Los tratamientos son el resultado de la interacción entre ambos factores y en el cuadro 12 se presenta codificación de los tratamientos a evaluar en la evaluación.

La evaluación corresponde a la eficiencia en producción del número de granos por mazorca en base a días de preparación de los estigmas antes de la polinización en plantas doble haploides en maíz en la empresa Esquejes S.A., Jalapa, Jalapa durante el año 2019.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 16. Interacción entre los niveles de los factores a evaluar.

Cuadro 12. Codificación de los tratamientos a evaluar en la evaluación.

Tratamiento	Nivel del factor A (Días de aislado y preparado)	Nivel del factor B (Madurez)	Codificación del tratamiento
T1	Aislar la espiga y preparar los estigmas el mismo día de la liberación del polen	Temprana	A1B1-Rn*
T2		Intermedia	A1B2-Rn
T3		Tardía	A1B3-Rn
T4	Aislar la espiga y preparar los estigmas un día antes de la liberación del polen	Temprana	A2B1-Rn
T5		Intermedia	A2B2-Rn
T6		Tardía	A2B3-Rn

Fuente: elaboración propia, 2019.

Nota: *Rn corresponde al número de repetición del tratamiento según el caso.

2.6.4. Diseño experimental

Debido al manejo en campo que requieren ambos factores, un diseño en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas fue utilizado para la evaluación. Para este diseño se utilizaron cuatro repeticiones o bloques. Cada repetición estuvo compuesta por dos parcelas grandes (destinadas para el factor días de aislado y preparado), cada parcela grande contuvo tres parcelas pequeñas (destinadas al factor madurez). La unidad experimental que se consideró para el experimento estuvo compuesta de 86 plantas debido a la disponibilidad de materiales.

2.6.5. Modelo estadístico

El diseño en bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas está definido por el siguiente modelo estadístico-matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + (\alpha\rho)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} : Variable de respuesta medida (número de granos por mazorca, viabilidad de polen y receptividad del estigma) en la ijk -ésima unidad experimental.

μ : Media general.

β_j : Efecto del j -ésimo bloque.

α_i : Efecto del i -ésimo nivel del factor días de aislado y preparado.

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción del i -ésimo nivel del factor días de aislado y preparado con el j -ésimo bloque, que es utilizado como residuo de parcelas grandes y representado como error(a).

ρ_k : Efecto del k -ésimo nivel del factor madurez de las poblaciones.

$(\alpha\rho)_{ik}$: Efecto debido a la interacción del i -ésimo nivel del factor días de aislado y preparado con el k -ésimo nivel del factor madurez de las poblaciones.

ε_{ijk} : Error experimental asociado a la ijk -ésima unidad experimental y que es utilizado como residuo de la parcela pequeña definido como error(b).

2.6.6. Croquis de la evaluación

La evaluación corresponde a la eficiencia en producción del número de granos por mazorca en base a días de preparación de los estigmas antes de la polinización en plantas doble haploides en maíz en la empresa Esquejes S.A., Jalapa, Jalapa durante el año 2019. El diseño experimental empleado fue de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas. Cada unidad experimental dentro del croquis corresponde a una celda la cual está asignada a un tratamiento específico como parcela pequeña. La parcela grande se compone de tres parcelas pequeñas, en la figura 17 se presenta el croquis donde se describe el arreglo donde el color gris y blanco para diferenciarlas en el croquis.

Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
A2B2-R1 19BD900025 Mad. Intermedia A - P. Un día antes	A1B1-R2 19GF900025 Mad. Temprana A- P. El mismo día	A2B2-R3 19BD900025 Mad. Intermedia A-P. Un día antes	A1B3-R4 19TP900015 Mad. Tardía A-P. El mismo día
A2B1-R1 19GF900025 Mad. Temprana A-P. Un día antes	A1B3-R2 19TP900015 Mad. Tardía A - P. El mismo día	A2B3-R3 19TP900015 Mad. Tardía A - P. Un día antes	A1B1-R4 19GF900025 Mad. Temprana A - P. El mismo día
A2B3-R1 19TP900015 Mad. Tardía A-P. Un día antes	A1B2-R2 19BD900025 Mad. Intermedia A- P. El mismo día	A2B1-R3 19GF900025 Mad. Temprana A - P. Un día antes	A1B2-R4 19BD900025 Mad. Intermedia A - P. El mismo día
A1B1-R1 19GF900025 Mad. Temprana A - P. El mismo día	A2B3-R2 19TP900015 Mad. Tardía A - P. Un día antes	A1B1-R3 19GF900025 Mad. Temprana A- P. El mismo día	A2B2-R4 19BD900025 Mad. Intermedia A - P. Un día antes
A1B2-R1 19BD900025 Mad. Intermedia A - P. El mismo día	A2B1-R2 19GF900025 Mad. Temprana A - P. Un día antes	A1B2-R3 19BD900025 Mad. Intermedia A - P. El mismo día	A2B3-R4 19TP900015 Mad. Tardía A - P. Un día antes
A1B3-R1 19TP900015 Mad. Tardía A - P. El mismo día	A2B2-R2 19BD900025 Mad. Intermedia A - P. Un día antes	A1B3-R3 19TP900015 Mad. Tardía A - P. El mismo día	A2B1-R4 19GF900025 Mad. Temprana A-P. Un día antes

A - P: aislamiento y preparación.

Mad: Madurez.

Fuente: elaboración

Figura 17. Croquis de la evaluación.

2.6.7. Variables de respuesta

Las variables de respuesta para la presente evaluación fueron

- Número de granos por mazorca.
- Viabilidad de polen.
- Receptividad de estigmas.

2.6.8. Determinación de producción de granos por mazorca –Cosecha-

Las mazorcas se prepararon antes de la cosecha removiéndoles la tusa cuando estas se encontraban en el estadio fenológico reproductivo R3, luego se cubrieron con una bolsa parafinada perforada. Las mazorcas destusadas esperaron alcanzar el estadio fenológico reproductivo R4 para poder ser cosechadas, en la figura 18 se presenta la mazorca apta para cosecha.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 18. Mazorca apta para cosecha.

2.6.9. Conteo de granos y mazorcas

Se realizó un conteo manual de los granos por cada mazorca, de esta manera se cuantifico el número de granos por mazorca y el número de mazorcas producidas. Para la determinación del número de granos por mazorcas se obtuvo el cociente del número de granos y el número de mazorcas.

2.6.10. Determinación de viabilidad de polen y receptividad de estigmas establecimiento de la prueba

La prueba se estableció bajo condiciones protegidas. Las tres líneas fueron trasplantadas el mismo día, cada unidad experimental se identificó con su respectiva estaca y cartilla. En la figura 19 se presenta el establecimiento de la evaluación.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 19. Establecimiento de la evaluación bajo condiciones protegidas.

A. Aislado de jilote

El jilote se aisló en todas las plantas correspondientes a las tres líneas. El jilote aislado fue el primero y debía cumplir con la característica de no presentar estigmas expuestos. Para tal efecto se cubrió el jilote con una bolsa parafinada. En la figura 20 se presenta el procedimiento para el aislado de jilote.

El aislado debe visualizarse el primer jilote de la planta, a este se le remueve la hoja cubre. El jilote descubierto debe cubrirse con una bolsa parafinada con el fin de evitar contaminaciones con el polen de otras plantas aledañas.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 20. Procedimiento para el aislado de jilote.

B. Aislado de la espiga

El preparado del estigma fue realizado el mismo día y un día antes de la liberación del polen. La característica de la planta cuando el polen será liberado al día siguiente es la presencia de las glumas hinchadas en toda la espiga o en gran parte. En la figura 21 se presenta el perfil de espiga a aislar un día antes de la liberación del polen y en la figura 22 se presenta el perfil de espiga a aislar el mismo día de la liberación del polen.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 21. Perfil de espiga a aislar un día antes de la liberación del polen.

Nótese la presencia de las glumas hinchadas en la espiga, este es el indicador que el polen será liberado al día siguiente.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 22. Perfil de espiga a aislar el mismo día de la liberación del polen.

Las anteras expuestas son el signo de que el polen está siendo liberado.

La espiga fue aislada con una bolsa parafinada para los dos métodos de aislamiento de la espiga con el fin de recolectar el polen liberado. Una vez aislada la espiga, la bolsa parafinada con

la que se aisló se marcó con el número correspondiente al día de la semana en la que fue aislado. En el cuadro 13 se presenta la descripción de los números marcados en las espigas aisladas, en la figura 23 se presenta el procedimiento para el aislamiento de la espiga y en la figura 24 se presenta las marcas correspondientes al día de aislamiento de la espiga.

Cuadro 13. Descripción de los números marcados en las espigas aisladas.

Marca	Descripción
1	Espiga aislada el lunes
2	Espiga aislada el martes
3	Espiga aislada el miércoles
4	Espiga aislada el jueves
5	Espiga aislada el viernes
6	Espiga aislada el sábado
7	Espiga aislada el domingo

Fuente: elaboración propia, 2019.

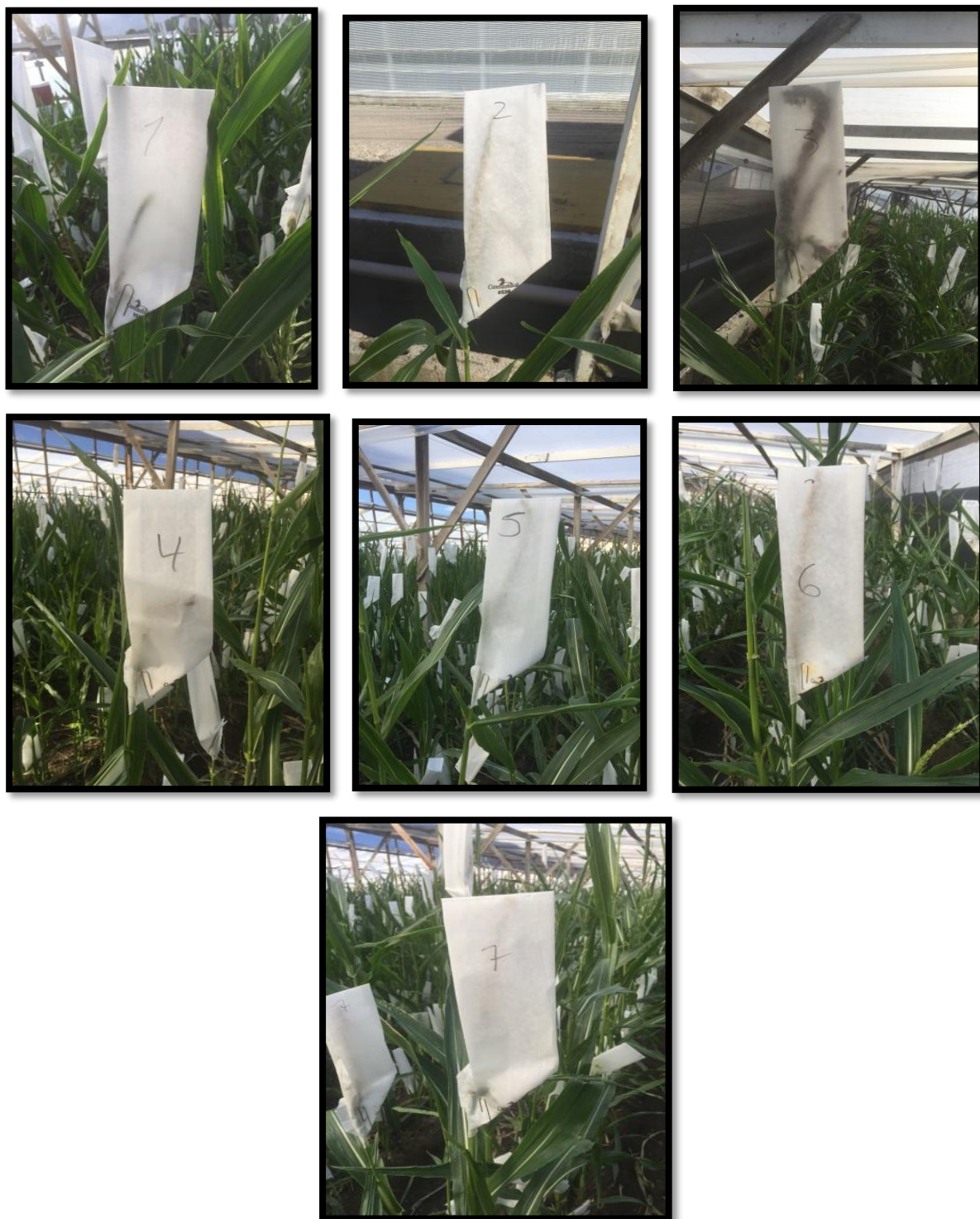
Cada número corresponde a un distinto día de aislamiento. Los días comprenden de lunes a domingo.

La espiga debe introducirse en una bolsa parafinada y se debe cerrar la bolsa mediante un doblez y asegurarla con un clip. La espiga aislada debe llevar marcado el número correspondiente al día en el que fue aislada.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 23. Procedimiento para el aislado de la espiga.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 24. Marcas correspondientes al día de aislado de la espiga.

El número 1 corresponde al lunes, el 2 al martes, y así sucesivamente hasta el número 7 que corresponde al domingo.

A. Preparado de estigmas

La preparación del estigma consiste en un recorte de estos con el fin de que la distribución del polen sea uniforme. Para la preparación de los estigmas pueden ocurrir dos casos. El primero corresponde al conjunto de estigmas que hayan emergido completamente de las brácteas de la inflorescencia femenina. En este caso suelen recortarse los estigmas a modo de que estos tengan un tamaño uniforme de una pulgada aproximadamente, en la figura 25 se presenta el procedimiento del preparado del día, (a este tipo de preparado se le conoce como preparado de seda o preparado del día).

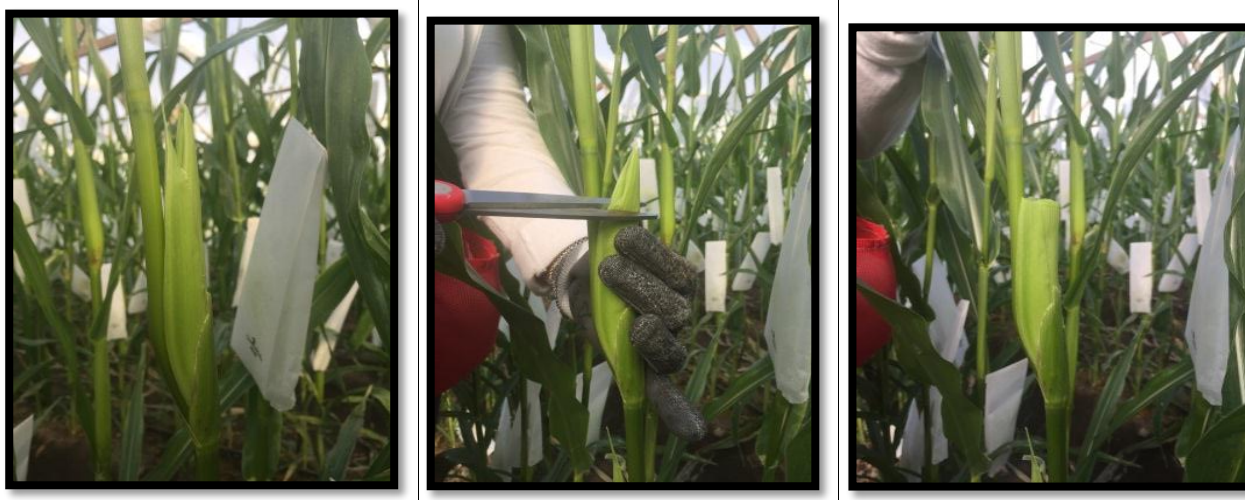
Para este tipo de preparado la seda debe manipularse utilizando la bolsa parafinada para evitar daños en la misma; el segundo caso es que los estigmas no hayan emergido. Cuando sucede esto debe cortarse una pulgada 2.54 cm encima del olote (raquis) en la figura 26 se presenta el procedimiento para la realización del preparado de la semana, (a este tipo de preparado se le conoce como preparado de jilote o preparado de la semana), esto se realiza con el fin de facilitar la emergencia de la seda (conjunto de estigmas). Una vez efectuado el preparado se procede a cubrir la inflorescencia con una bolsa parafinada.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 25. Procedimiento para la realización del preparado del día.

Los estigmas deben recortarse a una pulgada con el fin de que estos tengan un tamaño uniforme.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 26. Procedimiento para la realización del preparado de la semana.

El jilote debe recortarse una pulgada por encima del olote para estimular el crecimiento de la seda.

B. Polinización

La polinización se realizó removiendo la bolsa parafinada de la espiga evitando que el polen saliera dentro de la misma. Esta bolsa con el polen recolectado debe sustituir a la bolsa parafinada con la que está cubierta el jilote. Una vez sustituida la bolsa debe procurarse distribuir el polen en toda la seda. En la figura 27 procedimiento para la polinización de una planta, el polen recolectado de la bolsa parafinada se aplica sobre la seda distribuyéndola de manera uniforme. Al finalizar la polinización se deja cubierto el jilote con la misma bolsa que se empleó para la aplicación del polen recolectado. En el cuadro 14 se presenta Las polinizaciones fueron realizadas según la madurez de las líneas.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 27. Procedimiento para la polinización de una planta.

La evaluación corresponde a la eficiencia en producción del número de granos por mazorca en base a días de preparación de los estigmas antes de la polinización en plantas doble haploides en maíz. El tiempo de polinización depende del tipo de aislado y preparado y tipo de madurez. Ej. Si se cuenta con una planta de madurez intermedia que se aisló y se preparó un día antes, esta debería polinizarse a los 4 días.

Cuadro 14. Criterios de polinización en la evaluación.

Madurez	Aislado de la espiga y preparado del estigma el mismo día de la liberación del polen	Aislado de la espiga y preparado del estigma un día antes de la liberación del polen
Temprana	Polinizar a los 2 días.	Polinizar a los 3 días.
Intermedia	Polinizar a los 3 días.	Polinizar a los 4 días.
Tardía	Polinizar a los 4 días.	Polinizar a los 5 días.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Para llevar un control sobre las etapas de polinización realizadas en los tres períodos de madurez se estableció un programa de polinizaciones el cual consistía en registrar las plantas aisladas y al determinar el día que debía realizarse la polinización. Entre los dos niveles del factor días de aislado y preparado solo existe un día de diferencia, por lo tanto, solo habrá un día de diferencia.

C. Determinación de la viabilidad de polen

Las muestras de polen utilizadas para la determinación de su viabilidad se extrajeron directamente de la bolsa parafinada con el que se recolectó el polen justo antes de la polinización. El tamaño de cada muestra fue de aproximadamente 3 mg, estas se colectaron con una espátula y se depositaron en tubos eppendorf estos fueron identificados y

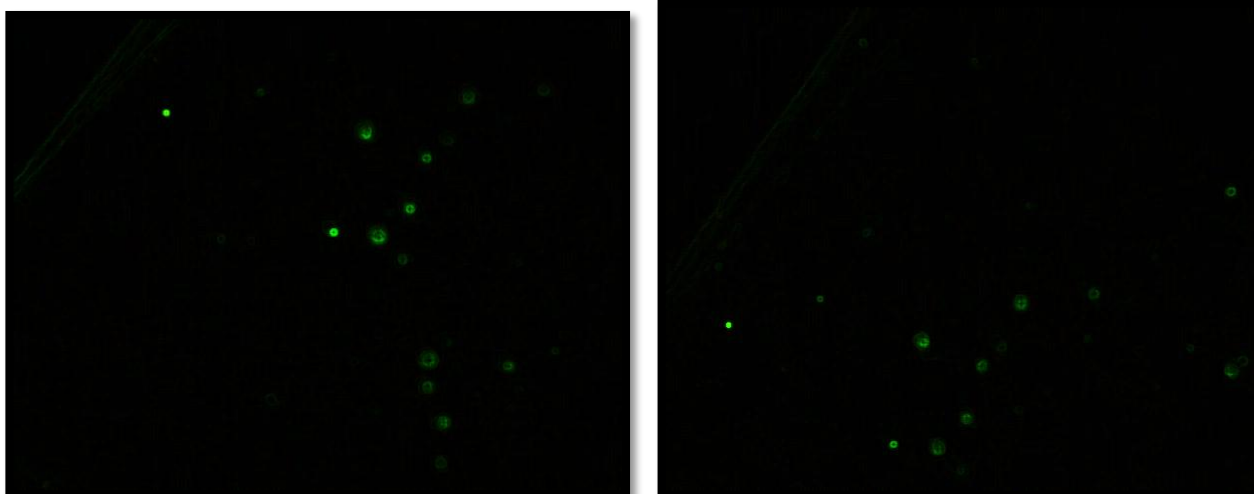
posicionados en una gradilla. Al finalizar la colecta fueron trasladados al refrigerador para ser almacenado y proceder a la lectura de viabilidad.

La viabilidad de polen se determinó por medio del método de tinción con FDA (fluoresceína diacetato), las muestras teñidas se examinaron con un microscopio digital y software especializado. En el cuadro 15 se presenta la metodología para tinción del polen de FDA para la determinación de su viabilidad y en la figura 28 se presenta en las muestras de polen teñido correspondientes a la evaluación.

Cuadro 15. Metodología para la tinción del polen con FDA para la determinación de su viabilidad en la evaluación.

Paso	Descripción
1	Depositar 900 µl de solución de sucrosa al 15 % en el tubo eppendorf con la muestra de polen.
2	Agitar por dos segundos.
3	Depositar 20 µl de solución de FDA al tubo eppendorf con la muestra de polen en sucrosa al 15 %.
4	Agitar nuevamente por dos segundos para obtener la solución-muestra.
5	Extraer 10 µl de la solución-muestra, depositarlos en un portaobjetos y cubrirlo con un cubreobjetos.
6	Analizar la muestra en el microscopio digital con la ayuda de software especializado.

Fuente: elaboración propia, 2019.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 28. Muestras de polen teñido correspondientes a la evaluación.

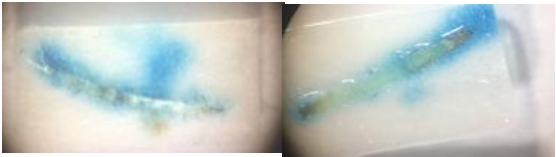
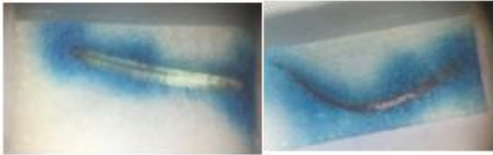
Las manchas fluorescentes corresponden a los granos de polen. La viabilidad depende de la intensidad del brillo de cada grano de polen.

D. Determinación de la receptividad de estigmas

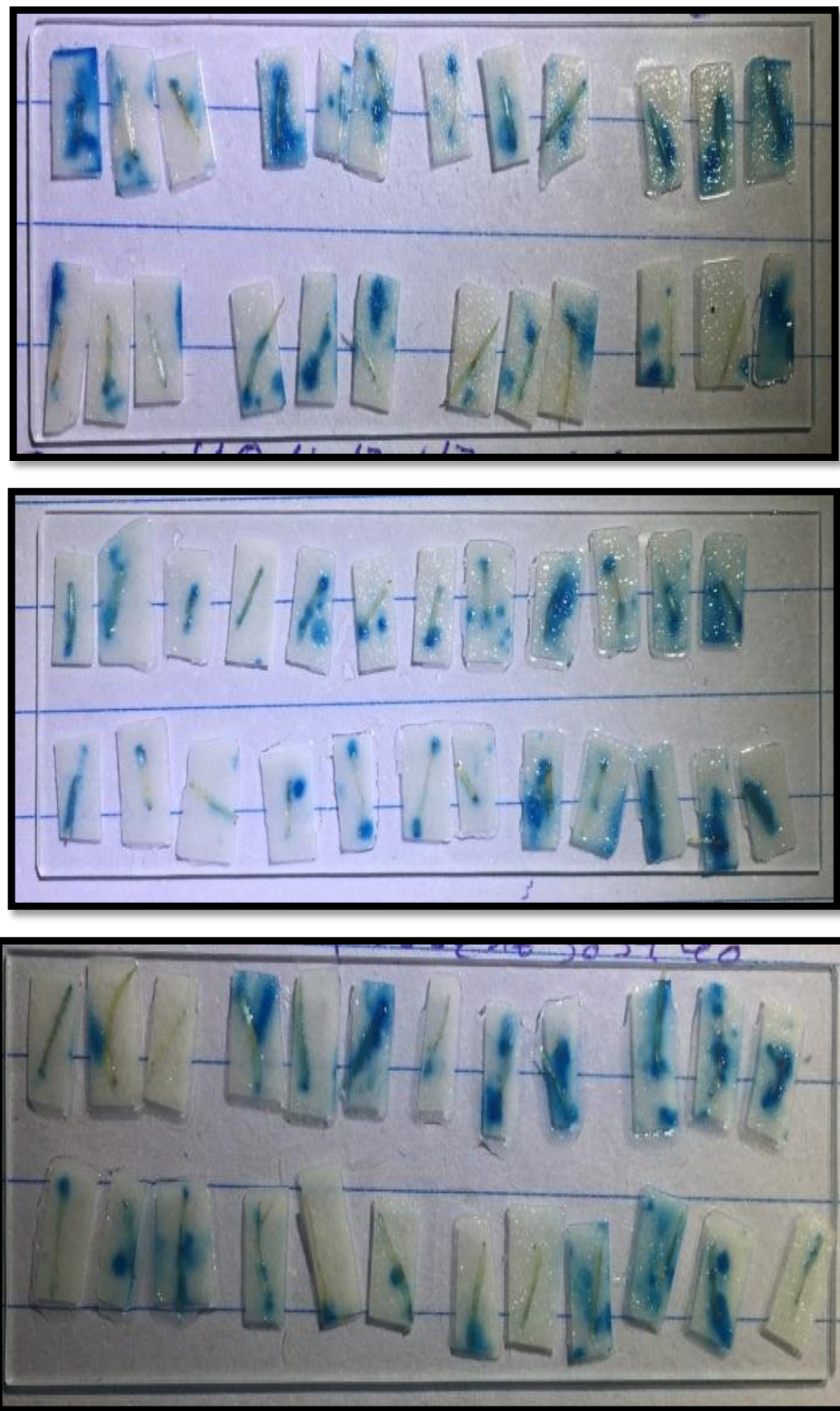
La determinación de la receptividad de estigmas se realizó mediante la técnica de tinción de láminas de Peroxtesmo Ko. Para esto se colectaron muestras de estigmas con un tamaño de 3 mm. Extraídas directamente de la seda justo antes de la polinización. Las muestras fueron almacenadas en cajas Petri con papel filtro humedecido para su traslado a un área adecuada para la toma de receptividad. Todas las cajas Petri con muestras fueron trasladadas en refrigeración.

Para la toma de receptividad, las muestras de estigmas fueron colocadas en láminas de Peroxtesmo Ko. Una vez la muestra de seda sobre la lámina, se aplicó una gota de agua desmineralizada y se esperó cinco minutos para obtener la tinción. En el cuadro 16 se presenta escala de la receptividad y en la figura 29 se presenta el estigma.

Cuadro 16. Escala de receptividad de estigmas mediante tinción por medio de Peroxtesmo Ko en la evaluación.

Categoría	Descripción	Representación física
1	Receptividad mayoritariamente baja.	
2	Receptividad minoritariamente baja.	
3	Receptividad minoritariamente alta.	
4	Receptividad mayoritariamente alta.	

Fuente: elaboración propia, 2019.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 29. Muestras de sedas correspondientes a la evaluación teñidas con Peroxtesmo Ko.

E. Comparación del efecto entre los factores días de aislado y preparado y grados de madurez

Para la comparación del efecto individual de los dos factores evaluados (días de aislado y preparado, y grados de madurez) y su interacción, se empleó un análisis de varianza con un nivel de significancia del 0.05. Para los factores que presentaron diferencias significativas se realizó la prueba de Scott & Knott con un nivel de significancia de 0.05 y con los grupos de medias encontrados en la prueba se determinó el tratamiento que presenta diferencias significativas.

F. Historial de actividades

En la figura 30 se presenta el historial de las actividades durante la evaluación se presenta en la línea de tiempo.

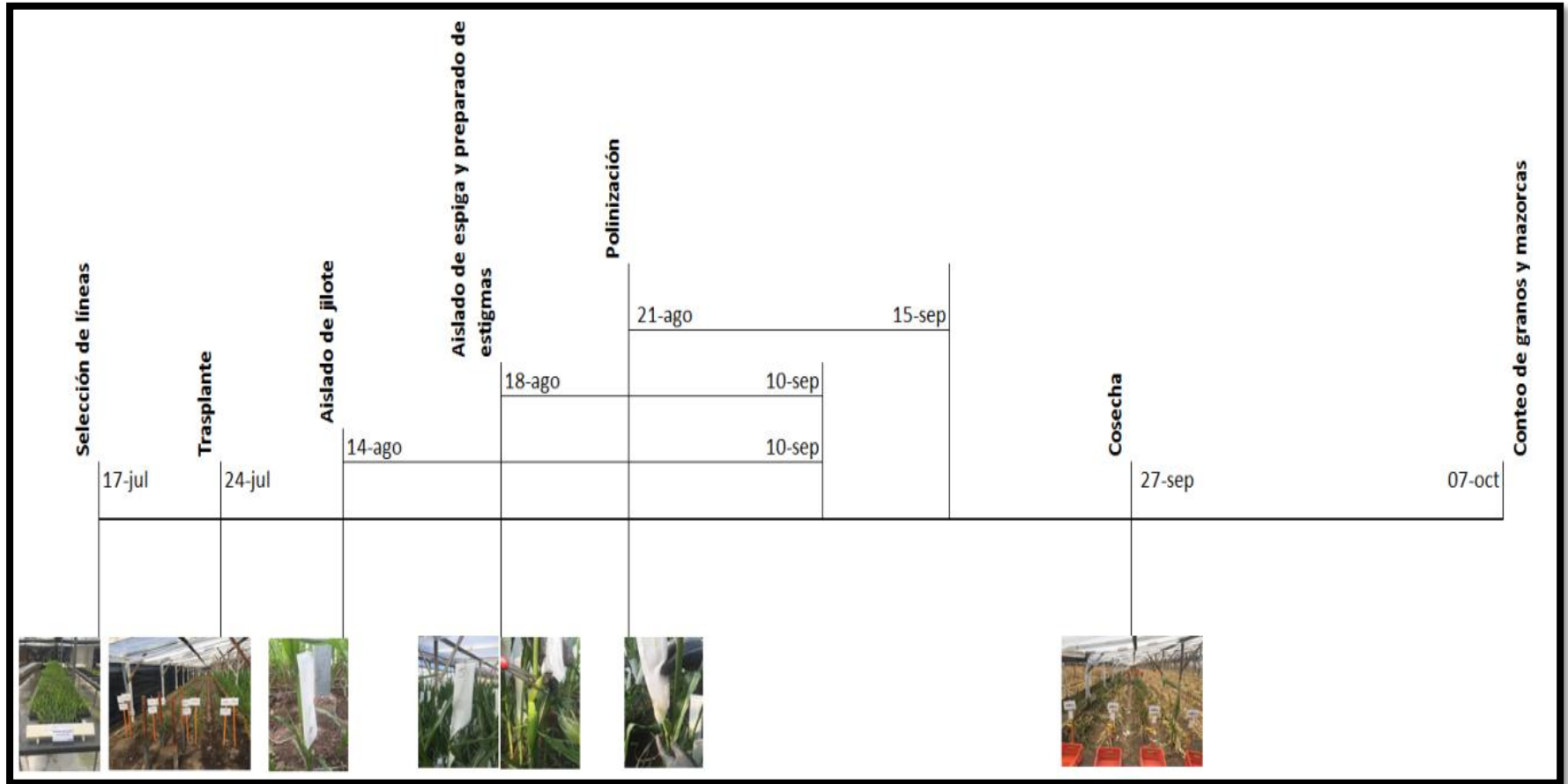


Figura 30. Línea de tiempo de las actividades realizadas en la evaluación.

Fuente: elaboración propia, 2019.

2.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.7.1. Determinación del número de granos por mazorcas comparando dos métodos de preparación del estigma en plantas con tres grados de madurez

En el cuadro 17 se presenta lo datos obtenidos del conteo de granos y mazorcas en la evaluación corresponde a la eficiencia en producción del número de granos por mazorca en base a días de preparación de los estigmas antes de la polinización en plantas doble haploides en maíz. Los resultados incluyen el número de granos, número de mazorcas.

Cuadro 17. Resultados del conteo de granos y mazorcas en la evaluación.

Línea	Tratamiento	DAP	Madurez	Número granos	Número mazorcas
19BD900025	A2B2-R1	Un día antes	Intermedia	243	9
19BD900025	A1B2-R1	El mismo día	Intermedia	18	2
19BD900025	A1B2-R2	El mismo día	Intermedia	400	16
19BD900025	A2B2-R2	Un día antes	Intermedia	810	17
19BD900025	A2B2-R3	Un día antes	Intermedia	393	20
19BD900025	A1B2-R3	El mismo día	Intermedia	583	23
19BD900025	A1B2-R4	El mismo día	Intermedia	448	15
19BD900025	A2B2-R4	Un día antes	Intermedia	39	5
19GF900025	A2B1-R1	Un día antes	Temprana	6	2
19GF900025	A1B1-R1	El mismo día	Temprana	7	1
19GF900025	A1B1-R2	El mismo día	Temprana	97	6
19GF900025	A2B1-R2	Un día antes	Temprana	8	3
19GF900025	A2B1-R3	Un día antes	Temprana	7	1
19GF900025	A1B1-R3	El mismo día	Temprana	13	2
19GF900025	A1B1-R4	El mismo día	Temprana	42	2
19GF900025	A2B1-R4	Un día antes	Temprana	244	2
19TP900015	A1B3-R1	El mismo día	Tardía	6	1
19TP900015	A1B3-R2	El mismo día	Tardía	15	1
19TP900015	A2B3-R3	Un día antes	Tardía	45	2
19TP900015	A1B3-R3	El mismo día	Tardía	9	3
19TP900015	A1B3-R4	El mismo día	Tardía	20	3
19TP900015	A2B3-R1	Un día antes	Tardía	0	0
19TP900015	A2B3-R2	Un día antes	Tardía	0	0
19TP900015	A2B3-R4	Un día antes	Tardía	0	0

DAP: Días de aislado y preparado.

En el cuadro 18 se presentan los datos obtenidos al conteo de mazorcas. Regularmente, estas mazorcas se descartan dado que algunas presentan pudrición o daño por aves, estas no son consideradas aptas para ser procesadas sin embargo se realizó el conteo de estas mazorcas ya que produjeron granos. Los datos correspondientes al descarte pueden y en cuadro 19 se presentan los resultados consolidados del conteo de granos y mazorcas en la evaluación.

Cuadro 18. Resultados del conteo del descarte en la evaluación.

Línea	Tratamiento	Número granos	Número de mazorcas
19BD900025	A2B2-R4	3	3
19BD900025	A2B2-R1	134	8
19BD900025	A1B2-R2	80	7
19BD900025	A1B2-R3	90	2
19GF900025	A2B1-R3	34	2
19BD900025	A2B2-R3	93	5
19BD900025	A1B2-R4	12	3
19GF900025	A1B1-R2	23	2
19GF900025	A1B1-R4	1	1
19BD900025	A1B2-R1	369	12
19TP900015	A2B3-R3	52	1

Cuadro 19. Resultados consolidados del conteo de granos y mazorcas en la evaluación.

Línea	Tratamiento	Numero de granos	Número de mazorcas	Número de granos/mazorca
19BD900025	A2B2-R1	377	17	22
19BD900025	A1B2-R1	387	14	28
19BD900025	A1B2-R2	480	23	21
19BD900025	A2B2-R2	810	17	48
19BD900025	A2B2-R3	486	25	19
19BD900025	A1B2-R3	673	25	27
19BD900025	A1B2-R4	460	18	26
19BD900025	A2B2-R4	42	8	5
19GF900025	A2B1-R1	6	2	3
19GF900025	A1B1-R1	7	1	7
19GF900025	A1B1-R2	120	8	15
19GF900025	A2B1-R2	8	3	3
19GF900025	A2B1-R3	41	3	14
19GF900025	A1B1-R3	13	2	7
19GF900025	A1B1-R4	43	3	14
19GF900025	A2B1-R4	244	2	122
19TP900015	A1B3-R1	6	1	6
19TP900015	A1B3-R2	15	1	15
19TP900015	A2B3-R3	97	3	32
19TP900015	A1B3-R3	9	3	3
19TP900015	A1B3-R4	20	3	7
19TP900015	A2B3-R1	0	0	0
19TP900015	A2B3-R2	0	0	0
19TP900015	A2B3-R4	0	0	0

En el cuadro 16, se procedió a efectuar el análisis de varianza para la variable número de granos por mazorca en el cuadro 17.

Cuadro 20. Resultados del análisis de varianza para la variable número granos/ mazorca en la evaluación.

F. V	SC	gl	CM	F	Valor de P
Modelo	4508.83	11	409.89	0.49	0.8763
DAP	352.67	1	352.67	1.19	0.3547
Bloque	1026	3	342	0.41	0.7496
DAP* bloque	887.33	3	295.78	0.35	0.7875
Madurez	1362.25	2	681.13	0.81	0.4661
DAP*Madurez	880.58	2	440.29	0.53	0.6039
Error	100441.17	12	836.76		
Total	14550	23			

C.V: 156.38.

DAP: Días de aislado y preparado.

en el cuadro 20 se presenta los resultados obtenidos del análisis de varianza para la variable número de granos por mazorca fue realizado con un nivel de significancia de 0.05. En análisis indicó que no existen diferencias significativas para la interacción entre ambos factores y para los dos factores evaluados, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula tanto para la interacción entre ambos factores como para los factores días de aislado y preparado y madurez.

En el cuadro 21 se presenta los datos obtenidos en el conteo de granos, mazorcas (marzo.) mazorcas mayores a 50 granos (mayor 50 granos), mazorcas menores a 50 granos (menor 50 granos), mayores a 5 granos (mayor 5 granos), menores a 5 granos (menor 5 granos) y granos por mazorca.

Cuadro 21. Conteo detallado de la producción de granos y mazorcas para cada línea en su respectivo tratamiento en la evaluación.

Línea	Tratamiento	Granos	Mazorca	Mayor de 50 granos	Menor de 50 granos	Mayor de 5 granos	Menor de 5 granos	Granos/ Mazorca
19BD900025	A2B2-R1	377	17	3	14	12	5	22
19BD900025	A1B2-R1	387	14	2	12	9	5	28
19BD900025	A1B2-R2	480	23	3	20	17	6	21
19BD900025	A2B2-R2	810	17	6	11	17	0	48
19BD900025	A2B2-R3	486	25	4	21	13	12	19
19BD900025	A1B2-R3	673	25	4	21	19	6	27
19BD900025	A1B2-R4	460	18	1	17	14	4	26
19BD900025	A2B2-R4	42	8	0	8	3	5	5
19GF900025	A2B1-R1	6	2	0	2	0	2	3
19GF900025	A1B1-R1	7	1	0	1	1	0	7
19GF900025	A1B1-R2	120	8	0	8	6	2	15
19GF900025	A2B1-R2	8	3	0	3	0	3	3
19GF900025	A2B1-R3	41	3	0	3	2	1	14
19GF900025	A1B1-R3	13	2	0	2	1	1	7
19GF900025	A1B1-R4	43	3	0	3	2	1	14
19GF900025	A2B1-R4	244	2	1	1	2	0	122
19TP900015	A1B3-R1	6	1	0	1	1	0	6
19TP900015	A1B3-R2	15	1	0	1	1	0	15
19TP900015	A2B3-R3	97	3	1	2	3	0	32
19TP900015	A1B3-R3	9	3	0	3	1	2	3
19TP900015	A1B3-R4	20	3	0	3	1	2	7
19TP900015	A2B3-R1	0	0	0	0	0	0	0
19TP900015	A2B3-R2	0	0	0	0	0	0	0
19TP900015	A2B3-R4	0	0	0	0	0	0	0

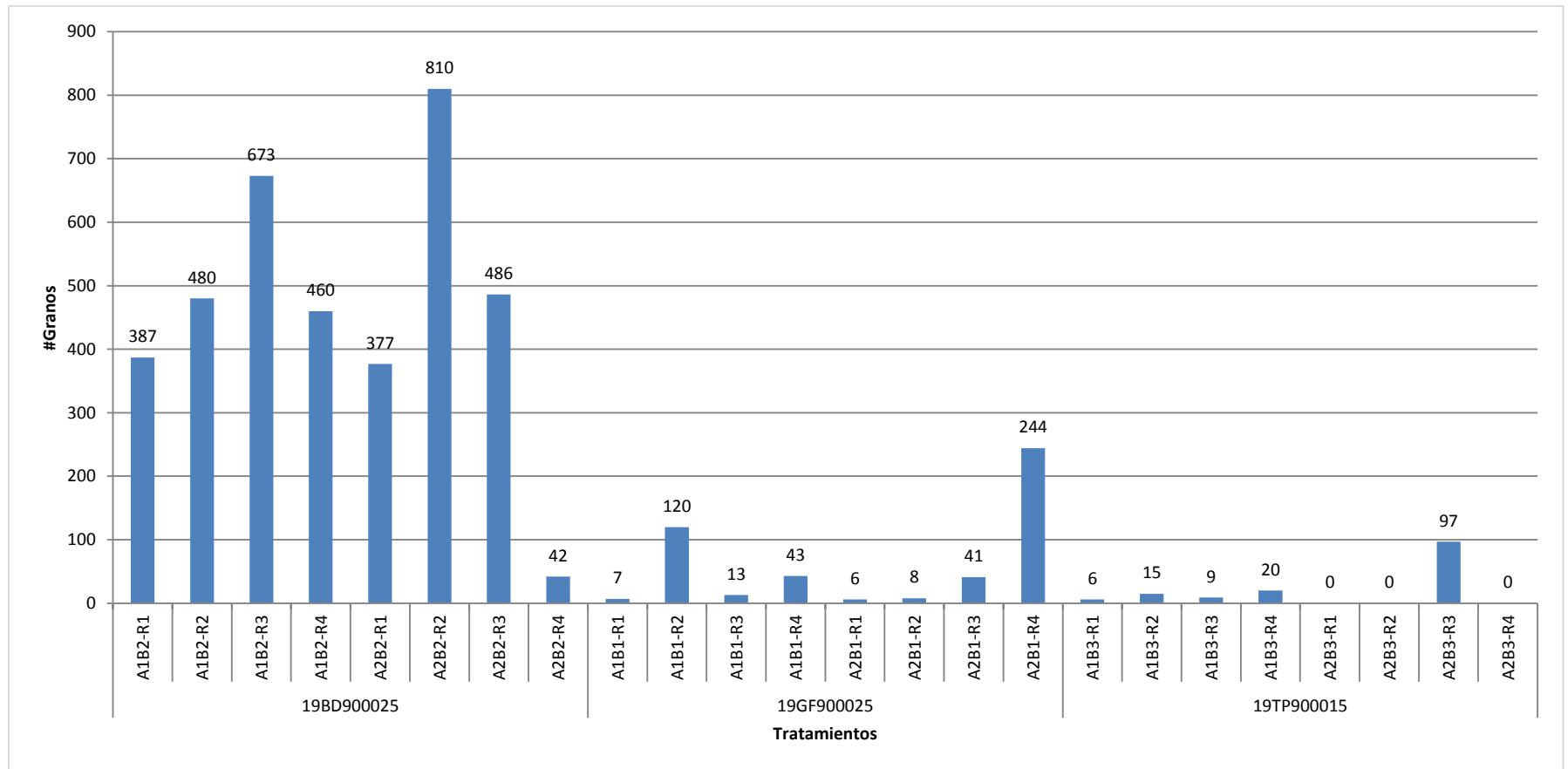


Figura 31. Producción total de granos en los tratamientos evaluados de cada línea.

En la figura 31 se presenta la producción del total de granos/mazorca de los tratamientos evaluados en base a días de preparación de los estigmas antes de la polinización en plantas doble haploides en maíz. De acuerdo con el gráfico anterior existe una mayor cantidad de granos en la línea 19BD900025 (de madurez intermedia) donde el tratamiento con mayor producción fueron A2B2-R2 con 810 granos y A1B2-R3 con 673 granos. en la figura 32 se presenta el total de granos por línea.

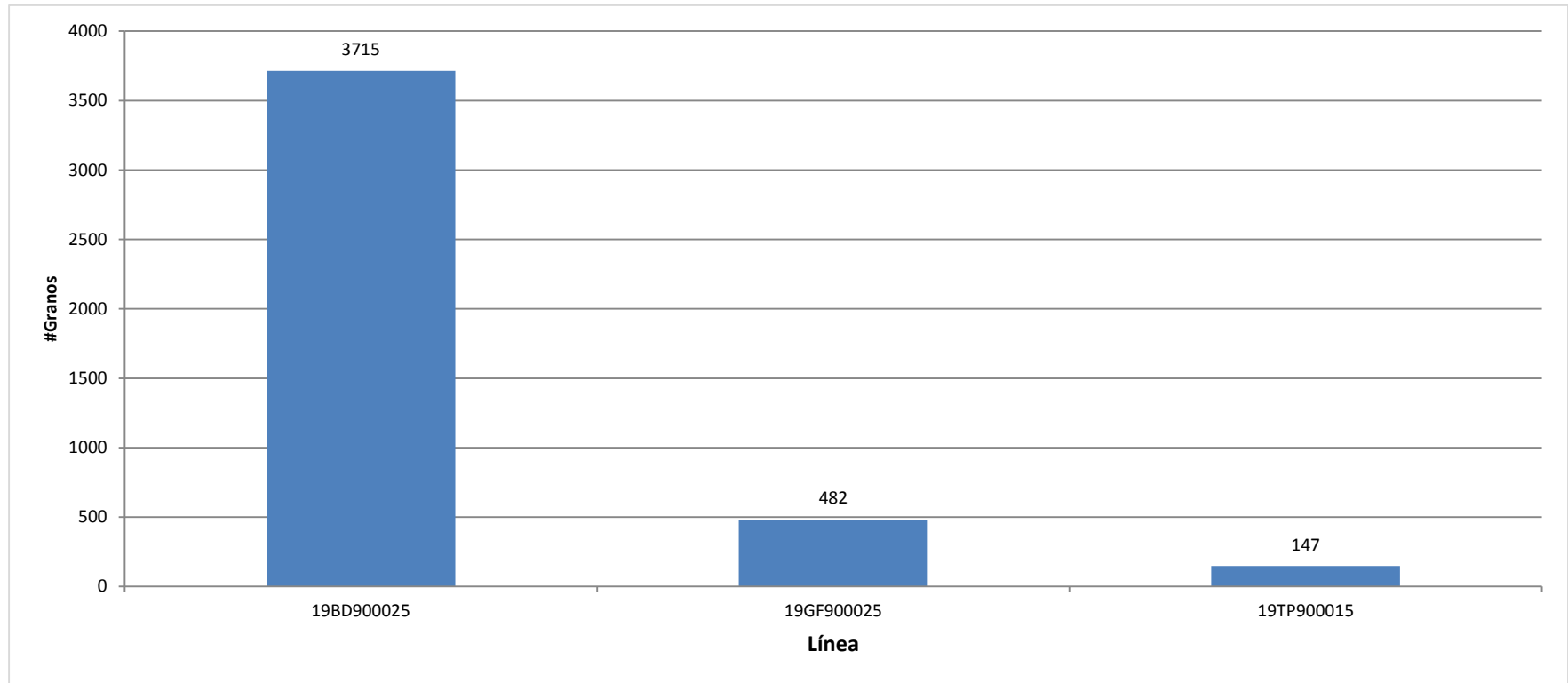


Figura 32. Producción total de granos por línea evaluada.

En la figura 32 se presenta la producción total del grano por línea se observa que la mayor cantidad de granos fue producida por la línea 19BD900025 (de madurez intermedia) con un total de 3,715 granos, en segundo lugar, la línea 19GF900025 (de madurez temprana) con un total de 482 granos y en tercer lugar la línea 19TP900015 (de madurez tardía) con una producción de 147 granos respectivamente.

En la figura 33 se presenta la producción total de mazorcas por tratamiento evaluado donde las mazorcas mayores a 50 granos por tratamiento.

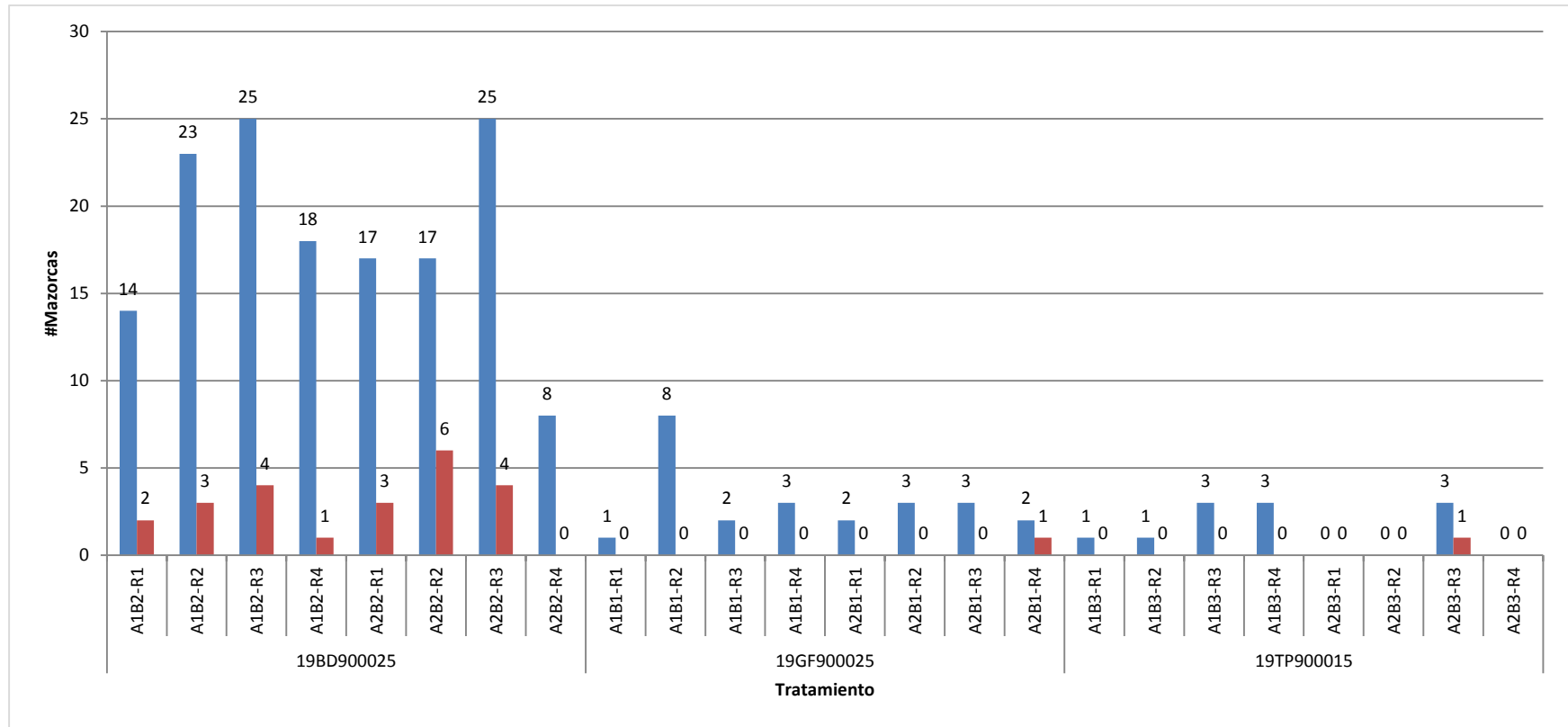


Figura 33. Producción total de mazorcas por tratamiento evaluado.

En la figura 33 se presenta la producción total de mazorcas por tratamiento evaluadas donde los valores en azul corresponden al total de mazorcas y los valores en rojo al total de mazorcas mayores a 50 gramos, donde los tratamientos que corresponden a la línea 19BD900025 (de madurez intermedia) presentan las mayores cantidades producidas de número de mazorcas y mazorcas mayores a 50 gramos. La producción de mazorcas por cada línea se encuentra en la figura 34 donde la línea 19BD900025 presentó las mayores cantidades.

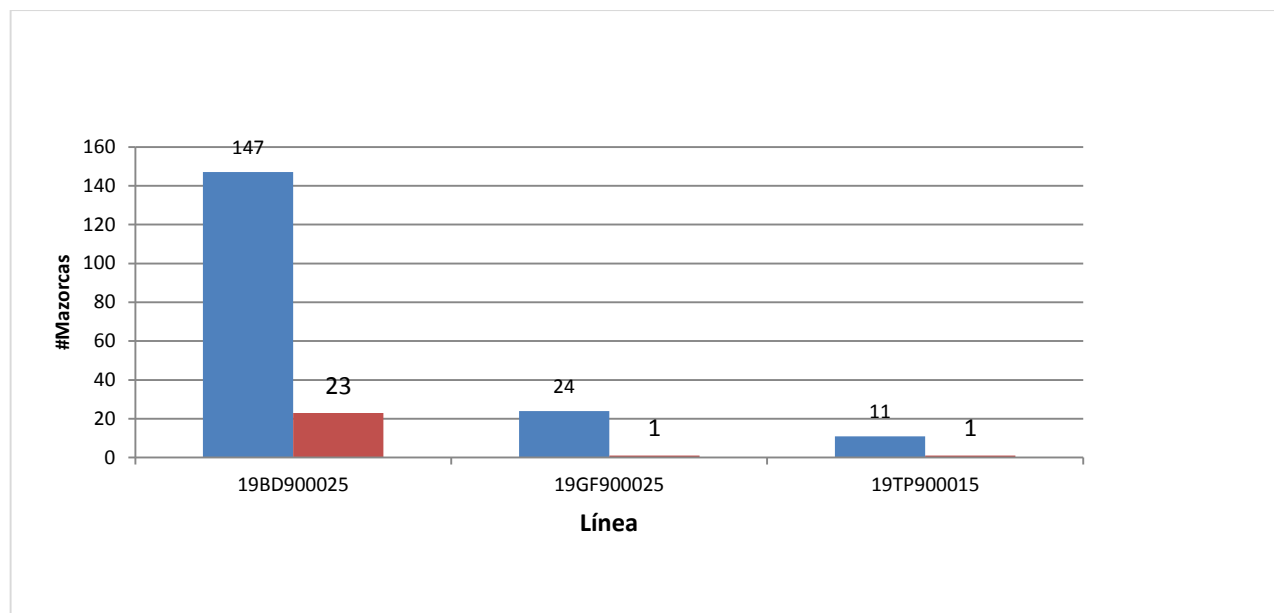


Figura 34. Producción total de mazorcas por tratamiento evaluado.

En la figura 34 se presentaron los resultados obtenidos de la producción total de mazorcas por tratamiento en el cual corresponde a la eficiencia en producción del número de granos por mazorca en base a días de preparación de los estigmas antes de la polinización en plantas doble haploides en maíz, Los valores en azul corresponden al total de mazorcas y los valores en rojo al total de mazorcas mayores a 50 granos.

Donde la línea 19BD900025 (de madurez intermedia) presento las mayores cantidades tanto de granos como de mazorcas y de mazorcas mayores a 50 granos, visualizado por tratamientos. Para la producción de granos, dicha línea obtuvo una producción de granos total de 3,715 a comparación de las otras dos líneas 19GF900025 (de madurez temprana) y 19TP900015 (de madurez tardía) que obtuvieron una producción de 482 y 147 granos respectivamente. Esto conlleva a que exista una gran variación entre los resultados de los tratamientos y se refleja en el análisis de varianza con un coeficiente de variación de 156.36 %.

En la figura anterior se observa que la línea 19BD900025 obtuvo mejores resultados para las tres variables. Realmente la producción de granos y de mazorcas para las tres líneas fue escasa, ya que se espera que para cada material se logre cosechar un mínimo de 150

mazorcas del total de plantas trasplantadas en condiciones normales para producción de líneas doble haploides. Dado que las plantas correspondientes eran sobrantes, se realizó una comparación entre las plantas de la evaluación (sobrantes) con las plantas de producción.

2.7.2. Determinar la viabilidad del polen y la receptividad de estigmas en las líneas evaluadas

Los datos obtenidos para la toma de viabilidad de polen y receptividad de estigmas se encuentran en el cuadro 22, los valores de receptividad de estigmas de acuerdo con la escala de 0 a 4 fueron transformados a un valor de porcentaje.

Cuadro 22. Resultados de la toma de viabilidad de polen y receptividad de estigmas en la evaluación.

Línea	Tratamiento	VP* (%)	RE** (Valor de escala)	RE (%)
19BD900025	A2B2-R1	12.76	2.5333	63.33
19GF900025	A2B1-R1	13.07	2.7500	68.75
19TP900015	A2B3-R1	12.49	1.6333	40.83
19GF900025	A1B1-R1	11.74	1.6250	40.63
19BD900025	A1B2-R1	11.34	1.7778	44.44
19TP900015	A1B3-R1	14.45	1.3571	33.93
19GF900025	A1B1-R2	11.51	2.1667	54.17
19TP900015	A1B3-R2	11.21	1.6000	40.00
19BD900025	A1B2-R2	16.60	2.6000	65.00
19TP900015	A2B3-R2	12.76	1.7619	44.05
19GF900025	A2B1-R2	12.00	2.5000	62.50
19BD900025	A2B2-R2	14.72	1.6000	40.00
19BD900025	A2B2-R3	11.72	2.4333	60.83
19TP900015	A2B3-R3	10.88	1.7931	44.83
19GF900025	A2B1-R3	12.02	2.3000	57.50
19GF900025	A1B1-R3	12.97	1.5000	37.50
19BD900025	A1B2-R3	12.92	1.9333	48.33
19TP900015	A1B3-R3	14.30	2.0000	50.00
19TP900015	A1B3-R4	10.68	1.4783	36.96
19GF900025	A1B1-R4	15.62	2.3333	58.33
19BD900025	A1B2-R4	14.70	1.8667	46.67
19BD900025	A2B2-R4	12.54	1.9000	47.50
19TP900015	A2B3-R4	9.69	1.5000	37.50
19GF900025	A2B1-R4	13.30	1.7500	43.75

Nota:

*VP corresponde a los valores en porcentaje de viabilidad de polen.

**RE corresponde a los valores de receptividad de estigmas.

En el cuadro 23 se presenta el análisis de varianza para las variables de respuesta viabilidad de polen y receptividad de estigmas. El análisis de varianza para la viabilidad de polen se encuentra en el cuadro 24 y de la receptividad de estigmas en el cuadro 25.

Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable viabilidad de polen en la evaluación.

F.V.	SC	gl	CM	F	p - valor
Modelo.	19.8	11	1.8	0.5	0.8683
DAP	4.24	1	4.24	2.11	0.2421
Bloque	1.43	3	0.48	0.13	0.9387
DAP*Bloque	6.02	3	2.01	0.56	0.6517
Madurez	7.35	2	3.68	1.02	0.3882
DAP*Madurez	0.75	2	0.37	0.1	0.9017
Error	43.05	12	3.59		
Total	62.85	23			

C.V. 14.88.

En el cuadro 23 se presentan los resultados del análisis de varianza realizado con un nivel de significancia del 0.05 para la viabilidad de polen demostró que no existen diferencias significativas para ninguno de los factores ni en la interacción entre ambos factores. La hipótesis nula para la interacción y para ambos factores no se rechaza.

Cuadro 24. Análisis de varianza y comparación múltiple de medias (Scott & Knott) para la variable receptividad de estigmas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p - valor
Modelo.	1583.26	11	143.93	2.14	0.1038
DAP.	127.93	1	127.93	0.72	0.4598
Bloque	115.04	3	38.35	0.57	0.6456
DAP.*Bloque	536.57	3	178.86	2.66	0.0959
Madurez.	701.01	2	350.5	5.21	0.0236
DAP*Madures	102.72	2	51.36	0.76	0.4877
Error	807.99	12	67.33		
Total	2391.25	23			

C.V: 18.87.

En el cuadro 24 se presentó el análisis de varianza realizado con un nivel de significancia del 0.05 para la variable receptividad de estigmas demostró que existen diferencias significativas únicamente para el factor madurez mas no para la interacción ni para el factor días de aislado y preparado. Para la determinación de cuál de los niveles dentro del factor madurez obtuvo la mayor receptividad de estigmas se realizó la prueba de Scott & Knott con un nivel de significancia de 0.05.

Cuadro 25. Resumen de la prueba de Scott & Knott para la madurez.

Madurez	Medias	Scott & Knott
Temprana	52.89	A
Intermedia	52.01	A
Tardía	41.01	B

En el cuadro 25 se presenta el resumen del post-andeva donde la madurez temprana e intermedia con la mejor respuesta de receptividad de estigmas con una media de 52.89 %

y 52.01 % respectivamente, por otra parte, la madurez tardía obtuvo una media de 41.01 %, esta presentó la menor receptividad de estigmas quedando en último lugar.

La evaluación mostró diferencias significativas para el factor madurez, siendo la madurez intermedia la que obtuvo los mejores resultados para la variable receptividad de estigmas. Por otra parte, el factor días de aislado y preparado no reportó diferencias significativas para ninguna de las variables evaluadas, así como las interacciones entre los niveles de ambos factores. La producción total de las líneas evaluadas.

2.7.3. Comparar el efecto que produce los métodos de aislado y preparado y su respuesta en las madureces

Cuadro 26. Comparación entre las plantas correspondientes a la evaluación y de producción.

Línea	Plantas trasplantadas	Evaluación (Sobranje)			Producción real			
		Plantas fértiles	Plantas estériles	Mazorcas cosechadas	Plantas trasplantadas	Plantas fértiles	Plantas estériles	Mazorcas cosechadas
19GF900025	688	103	581	24	1112	137	903	24
19BD900025	688	326	341	147	1149	446	692	109
19TP900015	688	173	502	11	1148	575	562	111

En el cuadro 26 se presenta la comparación entre las plantas de cada línea correspondiente a la evaluación tuvo una población de 688 plantas, sin embargo, la población de cada línea en producción fue de más de 1,100 plantas. Para obtener una comparación más proporcional se obtuvieron los porcentajes de plantas polinizadas, estériles y el retorno (Mazorcas cosechadas) en la evaluación y en la producción real. Los resultados de tal comparación pueden apreciarse en el cuadro 27 y en la figura 35.

Cuadro 27. Comparación entre la evaluación y la producción en porcentajes.

Línea	Evaluación (Sobranter)			Producción real		
	Fer* (%)	Est* (%)	Cosecha* (%)	Fer* (%)	Est* (%)	Cosecha* (%)
19GF900025	14.97	84.45	3.49	12.32	81.21	2.16
19BD900025	47.38	49.56	21.37	38.82	60.23	9.23
19TP900015	25.15	72.97	1.60	50.09	48.95	9.67
Media	29.17	68.99	8.82	33.74	63.46	7.02

Nota:

*%Fer corresponde al porcentaje de plantas fértiles.

*% Est corresponde al porcentaje de plantas estériles.

*Cosecha corresponde al porcentaje de mazorcas cosechadas.

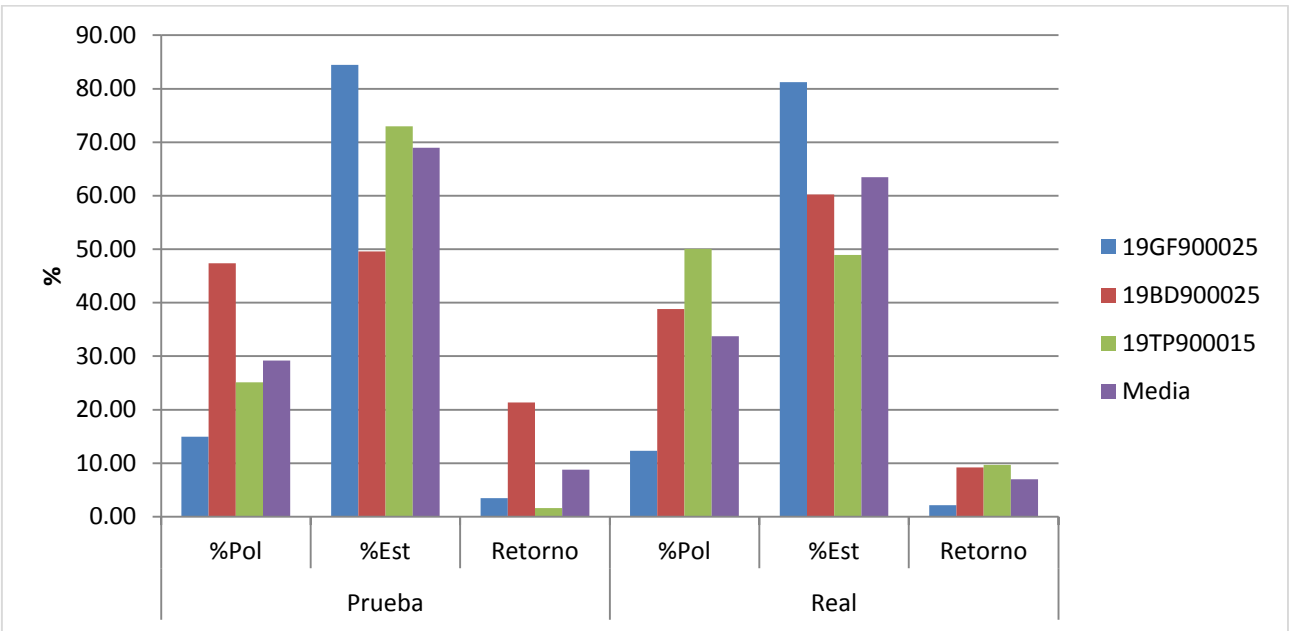


Figura 35. Comparación de porcentajes de polinización, esterilidad y retorno de la evaluación y la producción.

En el cuadro 27 y la figura 35, se presenta los resultados de las plantas correspondientes a la evaluación como las que pertenecieron a la producción obtuvieron valores similares en cuanto al porcentaje plantas polinizadas, plantas estériles y al retorno (mazorcas cosechadas). Esto nos indica que hubo un alto porcentaje de esterilidad y bajo porcentaje

de polinización y un retorno aún menor. Estos tres indicadores causaron la alta variación del número de granos y de mazorcas producidas.

La esterilidad tuvo una fuerte manifestación en las plantas. Su manifestación física en campo fue la detección de plantas con espigas que no expusieron anteras y espigas con anteras reseca, estas últimas no producían polen o la cantidad que producían era escasa. Una representación física de estas plantas estériles puede observarse en las figuras 36 y 37.



Figura 36. Espiga estéril encontrada en la evaluación.

En la figura 36 se presenta las espigas estériles donde la eficiencia en producción del número de granos por mazorca en base a días de preparación de los estigmas antes de la polinización en plantas doble haploides en maíz en la empresa. Una característica notable de estas espigas son las anteras reseca. Estas se encuentran distribuidas a lo largo de la espiga.



Figura 37. Resultado del aislamiento de una espiga estéril durante la evaluación.

En la figura 37 se presentan los resultados del aislamiento de una espiga estéril. La evaluación corresponde a la eficiencia en producción del número de granos por mazorca en base a días de preparación de los estigmas antes de la polinización en plantas doble haploides en maíz en la empresa Esquejes S.A., Jalapa, Jalapa durante el año 2019. Es común observar que estas espigas dejan únicamente las anteras, sin embargo, no producen polen y si llegan a producir es una cantidad minúscula.

2.8. CONCLUSIONES

1. Se evidencio que no existieron diferencias significativas en cuanto a la producción de granos de mazorcas aislando un día antes comparado con el mismo día de la liberación de polen.
2. Para la determinación de la producción del número de granos por mazorcas se obtuvo que la línea 19BD900025 (de madurez intermedia) donde el tratamiento con mayor producción fueron A2B2-R2 con 810 granos y A1B2-R3 con 673 granos, producción de granos total de 3,715 a comparación de las otras dos líneas 19GF900025 (de madurez temprana) y 19TP900015 (de madurez tardía) que obtuvieron una producción de 482 y 147 granos.
3. En cuanto a la viabilidad del polen no presentaron diferencia estadística significativa en cuanto a líneas y tratamientos, para la receptividad de estigmas en las líneas evaluadas si presentaron diferencia estadística únicamente el factor de madurez temprana (línea 19GF900025) e intermedia (línea 9BD900025) las que presentaron mayor grado de receptividad.
4. El efecto que produce los métodos de aislado y preparado y su respuesta en las madureces, la línea más favorecida fue la madurez intermedia (19BD900025) a comparación de la temprana (19GF900025) y la tardía (19TP900015), producto de la alta tasa de esterilidad presente en los materiales evaluados.

2.9. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda poder evaluar otras líneas que no tiendan a presentar una tasa de esterilidad elevada, debido que la esterilidad es un factor que afecta la producción.
2. Se recomienda incluir nuevas líneas de los mismos periodos de madurez abarcando distintas partes del mundo, no solo de Norte América.

2.10. BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson, S., Lauer, M., Schoper, J., & Shibles, R. 2004. Pollination timing effects on kernel set and silk receptivity in four maize hybrids.
2. Bewley, J., & Black, M. 1994. Seeds: germination, structure and composition. New York: Plenum.
3. Cárcova, J., Uribelarrea, M., Borrás, L., Otegui, M., & Westgate, M. 2007. Synchronous Pollination within and between Ears Improves Kernel Set in Maize. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
4. CIMMYT. (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México) 2012. CIMMYT. (en línea). Uso de doble haploides en el mejoramiento del maíz: <https://www.cimmyt.org/es/2012/07/04/uso-de-dobles-haploides-en-el-mejoramiento-de-maiz/>
5. CONAP. (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala) 2007. Mapa de zonas de vida de Holdridge, República de Guatemala.
6. Cortbaoui, P. 2005. Assessment of precooling technologies for sweet corn. Montreal: McGill University.
7. Domínguez Salazar, P. 2017. Actividades relizadas en el cultivo de maíz (*Zea mayz* L.) en Centro de Investigación de Cultivos, Syngenta, Finca Esquejes S.A., Jalapa, Jalapa. Bárcenas: ENCA.
8. Fakorede, M., Oluwaranti, A., Badu-Apraku, B., & Menkir, A. 2011. Classification of Maize Into Maturity Groups. Ile-Ife: Department of Crop Production and Protection.
9. Fassio, A., Carriquiry, A. I., Tojo, C., & Romero, R. 1998. Maíz: aspectos sobre feonología. Montevideo: INIA.
10. González Lemus, S. S. 2004. Comercialización (Producción y empaque de elote dulce), municipio de Jalapa, departamento de Jalapa. USAC.
11. Gramene Zea. 2006. Gramene Zea. Obtenido de Zea taxonomy: goo.gl/w2SNCU
12. Gupta, H. (s.f.). Biology Discussion (en línea). Obtenido de Orden Graminales, Family-GRAMINEAE. The Monocotyledones: <http://www.biologydiscussion.com/plants/flowering-plants/order-graminales-family-gramineae-the-monocotyledones/19852>
13. ICAR. (Consejo Indio de Investigación Agrícola, India) 2020, de Maize Biology: (en línea) <https://iimr.icar.gov.in/maize-biology/?fbclid=IwAR1xBrbuQdsR2IFLrFAS6ruPGG2QJNfGXRY84XnUVXyAdx08toV9nKUp6So>
14. Kiesselbach, T. 1980. The structure and reproduction of corn.



15. Licht, M. (s.f.). Iowa State University. 2020, de Corn Growth Stages: (en línea) <https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/corn-growth-stages?fbclid=IwAR0Fb48UQsodCrImXaP3V0AzLMBazH8ubEKwHqq1PCL4-ukauPRBWMsZbaA>
16. Nafziger, E. (s.f.). Illinois Agronomy Handbook (en línea). Obtenido de Corn: <http://extension.cropsciences.illinois.edu/handbook/pdfs/chapter02.pdf>
17. Nielsen, R. 2016. Silk Development and Emergence in Corn. West Lafayette: Purdue University.
18. Paliwal, R., Granados, G., Lafitte, H. R., & Violic, A. 2001. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Roma: FAO.
19. Pioneer. 2015. Du Pont-Pioneer. Obtenido de Maíz: crecimiento y desarrollo (en línea). https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile
20. Prasanna, B., Chaikam, V., & Mahuku, G. 2013. Tecnología de dobles haploides en el mejoramiento de maíz: teoría y práctica. México DF: CIMMYT.
21. Reed, H. 2020. PennState University (en línea) de Corn Growth Stages: <https://extension.psu.edu/corn-growth-stages>
22. Ritchie, S., Hanway, J., & Benson, G. 1986. How a corn plant develops. Ames: Iowa State University.
23. Rojas, A., & Casas, G. 1987. Desarrollo de la planta y ciclo del cultivo. AACREA-Cargill.
24. SAGARPA (Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, México) y SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, México). 2018. Manual de plagas y enfermedades en maíz (en línea). Guanajato, (en línea) México. http://cesaveg.org.mx/boletines/manual_maiz.pdf
25. Shen, S., Zhang, L., Liang, X., Zhao, X., Lin, S., Qu, L., y otros. 2018. Delayed pollination and low availability of assimilates are major factors causing maize kernel abortion. Journal of Experimental Botany.
26. Simmons, C. 1959. Clasificación de reconocimiento de suelos de la República de Guatemala. Ciudad de Guatemala: Pineda Ibarra.
27. Sugandha, G. (s.f.). Biology Discussion. Obtenido de Pollen Viability in Plants: Variations and Factors: (en línea) <http://www.biologydiscussion.com/palynology/pollen-viability-in-plants-variations-and-factors/64581>
28. Syngenta. 2013. Guía práctica del cultivo del maíz. Colombia.
29. PUC. (Pontificia Universidad Católica de Chile). 2008 Obtenido de Maíz (en línea). http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/maiz.htm



30. Wartha, C., Cargnelutti Filho, A., Lúcio, A., & Follmann, D. 2016. Sample sizes to estimate mean values for tassel traits in maize genotypes. Santa Maria: Department de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
31. Weber, D. 2014. Today's Use of Haploids in Corn Plant Breeding. Illinois: Academic Press.
32. Wiebold, W. 2012a. Corn Pollination (en línea). Obtenido de Part 1: The Male Role: <https://ipm.missouri.edu/IPCM/2012/7/Corn-Pollination-the-Good-the-Bad-and-the-Ugly-Pt-1/>
33. Wiebold, W. 2012b. Corn Pollination (en línea). Obtenido de Part 2: The Female Role: <https://ipm.missouri.edu/IPCM/2012/7/Corn-Pollination-the-Good-the-Bad-and-the-Ugly-Pt-2/>
34. Wiebold, W. 2012c. Corn Pollination (en línea). Obtenido de Part 3: Boy Meets Girl: <https://ipm.missouri.edu/IPCM/2012/7/Corn-Pollination-the-Good-the-Bad-and-the-Ugly-Pt-3/>
35. Yanzhe, W., Yanhong, C., Lihua, Z., Jincai, L., Jianfeng, L., & Ronghuan, W. 2007. Effects of synchronization between silk receptivity and pollen vigor on kernel sets of corn (*Zea mays* L.). China: Higher Press Education.





3.1. PRESENTACIÓN

Los servicios presentados en este informe fueron realizados en la empresa Esquejes S.A., municipio de Jalapa, departamento de Jalapa. El objetivo de los servicios es brindar alternativas, estrategias, métodos y técnicas que ayuden a resolver los problemas presentes en el sitio. Los servicios realizados fueron enfocados a las actividades realizadas en campo dentro de la empresa.

El primer servicio consistió en la evaluación de la receptividad de estigmas en seis germoplasmas con cuatro madureces y dos tipos de preparado en el área de inducción de haploides y como resultados obtenidos se logró de la receptividad del estigma para el preparado de seda y el de jilote son los días 3 y 4 respectivamente.

El segundo servicio fue evaluación de tres densidades de siembra en cuatro germoplasmas en el área de inducción de haploides, los resultados obtenidos fueron los cuatro germoplasmas presentaron en su mayoría mejores resultados en sus variables biométricas en la densidad de siembra a 0.18 m. y su mayoría la cantidad de granos por mazorca se presentó en la densidad siembra normal a 0.18 m.

El tercer servicio fue Evaluación de la viabilidad de polen en distintos de antigüedad del en cuatro germoplasmas en el área de inducción de haploides y como logro se obtuvo de los resultados se observó que el día que presenta la mayor viabilidad de polen es el día 1 con 167 embriones extraídos y la tendencia que presenta la viabilidad de polen en el inductor de característica de anillo definido es decreciente.

3.2. SERVICIO 1. Evaluación de la receptividad de estigmas en seis germoplasmas con cuatro madureces y dos tipos de preparado en el área de inducción de haploides

3.2.1. Marco teórico

A. Receptividad de estigma

La preparación del estigma para producir mazorcas con haploidía inducida tiene una gran importancia ya que a través de esta técnica puede estimularse el estigma para que sea más receptivo y lograr que la polinización tenga una distribución uniforme en toda la seda. Esta técnica suele realizarse de dos maneras, la primera es el preparado de seda el cual consiste en recortar la seda emergida con el fin de atrasar el crecimiento de la misma logrando que la polinización sea uniforme tanto en la seda como en todas las plantas de una población. Por otra parte, se realiza el preparado de jilote, este consiste en recortar el jilote cerca del olote con el fin de que la seda atrasada pueda emerger, de esta forma la seda puede adquirir una longitud adecuada para que la polinización se lleve a cabo de una manera uniforme en toda la seda.

Ambos tipos de preparado presentan días de diferencia entre ellas. En este periodo de tiempo la receptividad de la seda va cambiando. Por consiguiente, la probabilidad de que una mazorca con haploidía inducida alcance los rendimientos esperados por el área va cambiando conforme avanzan los días de antigüedad de la seda en ambos tipos de preparado. Los cambios en la receptividad de la seda se ven reflejados en el granado.

La presente evaluación tiene el objetivo de determinar el día en el que la seda presente mayor receptividad. Para tal efecto se han evaluado seis germoplasmas utilizando cinco distintos días de antigüedad de la seda en ambos tipos de preparado. Esto sustentado con un método de estimación de la receptividad y el granamiento real de los germoplasmas en los distintos días de antigüedad de la seda.

B. Madurez germoplasma

El tipo de madurez es la característica que hace referencia a la duración del ciclo del maíz desde la emergencia hasta la senescencia. La existen distintos tipos de madurez, en cual se describe los cuatro tipos de madurez: muy precoz, precoz, intermedia y tardía. Cada una de estas madureces van acompañadas de la duración de su ciclo en días y de su descripción.

C. Inducción de haploide

La inducción de haploides paternos (androgénicos) se basa en un gene mutante, *ig1* (gametofito indeterminado), que puede aumentar la frecuencia de haploides en su progenie (Kermicle, 1969, 1971; Lin, 1981)

3.2.2. OBJETIVO

Evaluar la receptividad del estigma en seis germoplasmas empleando dos tipos de preparación del estigma (de seda y jilote).

3.2.3. METODOLOGÍA

Para la evaluación fueron tomados en cuenta seis germoplasmas, en el cuadro 28 se presenta las características generales de los germoplasmas seleccionados.

Cuadro 28. Características generales de los germoplasmas seleccionados para la evaluación

Germoplasma	Código	Grado de madurez	Tipo de madurez	Región
19PT900010	PT	14	Tropical	APAC
19JR900018	JR	8	Tardía	NOAM
19GU900024	GU	4	Intermedia	NOAM
19LR900019	LR	7	Tardía	NOAM
19FP900013	FP	2	Temprana	EAME
19FP900021	FP	2	Temprana	EAME

Fuente: Syngenta (s.f.).

A. Delimitación de la evaluación

Los germoplasmas seleccionados se encontraban distribuidos en los invernaderos D4, D5, D9 y D11. Para delimitar la evaluación se dejaron dos estacas en cada material, cada una indicaba el tipo de preparado (de seda y de jilote). Para cada tipo de preparado fueron seleccionadas 25 plantas con *rowband* verde.

B. Preparado y polinización

En las plantas seleccionadas se efectuaron los dos tipos de preparados. Las plantas pertenecientes al preparado de seda fueron seleccionadas con la característica de que todas tuvieran una seda uniforme, por otra parte, las plantas que pertenecían al preparado de seda fueron seleccionadas con la característica de que la *seda* (conjunto de estigmas) no hubiera emergido. Cada cinco plantas pertenecían a un distinto día de antigüedad de la seda o jilote preparado como puede observarse en el cuadro 29.

Cuadro 29. Identificación de las plantas pertenecientes a la evaluación para cada tipo de preparado

Plantas	Antigüedad de la seda del preparado de seda	Antigüedad de la seda del preparado de jilote
1 – 5	Día 0*	Día 1**
6 – 10	Día 1	Día 2
11 – 15	Día 2	Día 3
16 – 20	Día 3	Día 4
21 – 25	Día 4	Día 5

Fuente: elaboración propia, 2019.

Nota:

*El día 0 corresponde al mismo día que se efectuó el preparado de seda

**El día 1 corresponde al día siguiente de haberse efectuado el preparado de jilote

Para las plantas pertenecientes al preparado de seda, cada día se preparaban y se polinizaban cinco plantas con un día distinto de antigüedad de la seda. Por otra parte, en el preparado de la semana ya que ninguna planta tenía la seda emergida todas fueron preparadas el mismo día, pero fueron polinizadas cinco plantas cada día con un día distinto de antigüedad de la seda. Todas las plantas fueron polinizadas con polen homogéneo del inductor, es decir que no se buscaba que el inductor tuviera una característica específica en la espiga. El programa de polinizaciones para cada germoplasma puede apreciarse en los cuadros 31 y 32.

Cuadro 30. Programa de polinizaciones para los germoplasmas 19LR900019, 19PT900010 y 19JR900018

Día		Plantas	19LR900019		19PT900010		19JR900018	
Jilote	Seda		Jilote	Seda	Jilote	Seda	Jilote	Seda
1	0	1 - 5	24-may	27-may	31-may	30-may	25-may	24-may
2	1	6 - 10	25-may	28-may	01-jun	31-may	26-may	25-may
3	2	11 - 15	26-may	29-may	02-jun	01-jun	27-may	26-may
4	3	16 - 20	27-may	30-may	03-jun	02-jun	28-may	27-may
5	4	21 - 25	28-may	31-may	04-jun	03-jun	29-may	28-may

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 31. Programa de polinizaciones para los germoplasmas 19GU900024, 19FP900013 y 19FP900021

Día		Plantas	19GU900024		19FP900013		19FP900021	
Jilote	Seda		Jilote	Seda	Jilote	Seda	Jilote	Seda
1	0	1 - 5	04-jun	04-jun	09-jul	08-jul	09-jul	08-jul
2	1	6 - 10	05-jun	05-jun	10-jul	09-jul	10-jul	09-jul
3	2	11 - 15	06-jun	06-jun	11-jul	10-jul	11-jul	10-jul
4	3	16 - 20	07-jun	07-jun	12-jul	11-jul	12-jul	11-jul
5	4	21 - 25	08-jun	08-jun	13-jul	12-jul	13-jul	12-jul

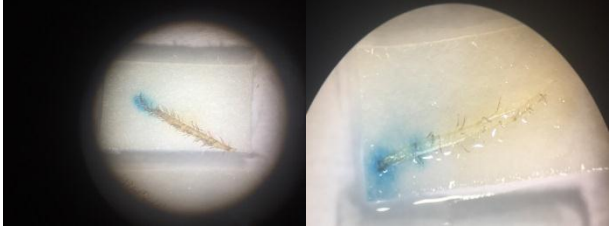
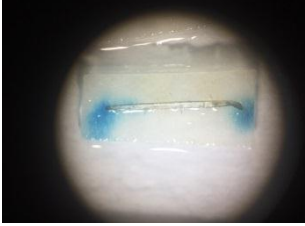
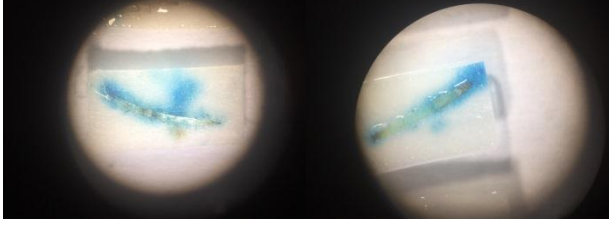
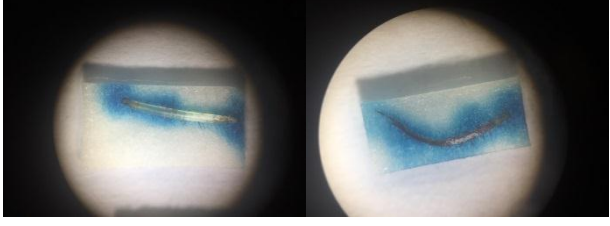
Fuente: elaboración propia, 2019.

C. Estimación de la receptividad de estigmas

La receptividad de estigmas pudo estimarse a través del método de la tinción con láminas de *Peroxtesmo Ko*. Este método consiste en colocar una muestra del estigma sobre estas láminas, luego se aplica agua desmineralizada y la lámina se tiñe con una coloración azul. La coloración indica el grado de receptividad según la intensidad del color. Si la tinción muestra una coloración azul tenue, esto conlleva a que el estigma posee una receptividad baja, por otra parte, si el color azul es fuerte la receptividad es alta; puede presentarse el caso de que la lámina no muestre tinción alguna, esto indica que definitivamente el estigma

no es receptivo. Con los criterios de intensidad de la tinción se ha establecido una escala de 0 a 4 para estimar la receptividad del estigma como puede apreciarse en el cuadro 32.

Cuadro 32. Escala ordinal para la clasificación de la receptividad del estigma.

Categoría	Descripción	Representación física
0	Receptividad nula.	
1	Receptividad mayoritariamente baja.	
2	Receptividad minoritariamente baja.	
3	Receptividad minoritariamente alta.	
4	Receptividad mayoritariamente alta.	

Fuente: elaboración propia, 2019.

El muestreo de estigmas fue realizado para ambos tipos de preparado. Las muestras fueron tomadas justo antes de que la polinización se llevase a cabo. Por cada planta se tomaron

tres muestras del estigma, una en la parte apical de la seda, otra en la parte media y la última en la parte basal. Con las tres muestras mencionadas anteriormente se pretende tener una representación de la receptividad en todo el olote.

D. Determinación del número de granos por mazorca

Dado que los seis germoplasmas fueron trabajados bajo condiciones normales de inducción, estos fueron cosechados en el estadio fenológico reproductivo R3. Las mazorcas correspondientes a la evaluación fueron ingresadas al laboratorio con su respectivo comentario. El dato considerado como número de granos por mazorca fue el número de embriones extraídos (correspondientes a cada prueba).

3.2.4. RESULTADOS

A. Estimación de la receptividad de estigmas

Los resultados de la receptividad estimada del estigma encontrados en el preparado de seda pueden apreciarse en el cuadro 33 y los resultados para el preparado de jilote en el cuadro 34.

Cuadro 33. Resultados de la estimación de la receptividad de estigmas en el preparado de seda.

Día	#Planta	19FP900013			19FP900021			19LR900019			19PT900010			19GU900024			19JR900018		
		A*	M**	B***	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B
0	1	0	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	1	1	1	1	1	0
	2	2	2	2	3	2	3	1	2	3	1	2	4	1	3	2	0	2	1
	3	2	1	2	3	3	3	3	4	1	1	1	4	2	1	1	1	0	0
	4	3	2	3	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	0	1	0
1	5	1	2	1	2	2	3	1	3	1	1	2	3	2	1	1	2	1	1
	6	1	2	2	1	1	1	3	2	3	1	0	1	1	1	3	2	3	0
	7	3	2	1	1	0	4	1	3	3	1	1	1	2	2	1	0	0	0
	8	2	3	1	2	3	3	0	3	2	2	2	1	1	1	2	3	0	1
	9	2	1	3	0	3	3	3	3	2	2	3	2	3	0	1	2	2	0
2	10	2	2	3	3	2	3	2	4	2	1	1	1	1	1	2	4	3	4
	11	3	3	3	4	4	4	4	4	3	1	1	2	0	1	2	0	1	3
	12	2	1	3	2	2	2	0	3	1	1	1	2	1	1	3	3	2	0
	13	1	2	1	2	2	2	3	3	3	1	2	2	0	1	1	2	4	2
	14	3	3	3	2	2	3	3	2	2	1	2	2	3	3	3	4	4	0
3	15	3	4	4	2	2	2	3	3	3	2	2	1	2	2	3	3	3	2
	16	2	3	3	3	4	4	1	1	2	1	3	2	2	2	3	1	0	3
	17	3	3	3	2	2	3	3	2	1	0	1	1	2	2	2	3	4	4
	18	1	0	2	2	2	3	3	3	3	1	1	2	1	4	1	1	1	2
	19	3	3	4	2	2	3	2	1	1	1	2	3	1	1	1	4	4	4
4	20	3	4	3	2	2	2	2	1	0	1	1	1	1	4	1	4	3	4
	21	3	2	4	1	1	1	2	2	3	3	4	0	1	4	3	0	1	1
	22	3	3	3	1	1	1	3	3	1	0	3	3	1	2	4	4	0	4
	23	1	1	2	1	1	2	3	4	3	4	4	3	2	3	4	4	4	3
	24	1	2	2	1	1	2	1	2	3	2	3	2	3	2	2	2	3	2
	25	2	2	2	2	1	2	2	0	1	1	0	1	4	2	3	3	0	0

Fuente: elaboración propia, 2019.

Nota:

*Muestras de estigmas correspondientes a la región apical de la seda.

**Muestras de estigmas correspondientes a la parte media de la seda.

***Muestras de estigmas correspondientes a la parte basal de la seda.

Cuadro 34. Resultados de la estimación de la receptividad de estigmas en el preparado de jilote.

Día	#Planta	19FP900013			19FP900021			19LR900019			19PT900010			19GU900024			19JR900018		
		A*	M**	B***	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B
1	1	3	2	2	1	0	3	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1
	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	0	0	2	1	3	2	1	3	2
	3	1	1	1	3	1	1	2	2	3	0	1	1	1	0	3	1	0	3
	4	1	1	3	1	1	3	2	2	2	1	1	2	0	0	2	0	0	2
	5	1	3	1	1	1	2	1	2	1	0	2	1	0	1	2	0	1	2
2	6	1	4	2	3	2	1	0	1	1	1	0	2	1	2	0	1	2	0
	7	1	2	2	2	2	2	2	1	3	1	1	2	3	0	1	3	0	1
	8	1	3	2	1	1	2	0	0	1	3	1	1	4	2	3	4	2	3
	9	2	2	1	2	1	2	1	0	2	1	0	1	3	3	2	3	3	2
	10	3	1	2	1	2	2	1	1	0	1	1	1	2	3	1	2	3	1
3	11	1	3	1	3	2	2	0	0	2	0	1	2	1	2	2	1	2	2
	12	2	1	2	1	1	0	0	1	0	1	0	1	4	3	3	4	3	3
	13	2	3	2	1	1	1	2	1	0	2	1	0	4	2	2	4	2	2
	14	2	2	2	1	1	2	0	3	1	0	2	2	3	0	3	3	0	3
	15	2	2	2	2	2	1	2	1	0	1	1	2	3	3	3	3	3	3
4	16	3	3	3	2	2	2	1	0	4	1	1	1	2	1	4	2	1	4
	17	3	3	1	3	4	3	4	4	0	1	1	1	4	3	4	4	3	4
	18	4	3	4	2	3	2	3	3	3	1	1	1	2	1	3	2	1	3
	19	3	3	2	3	4	2	3	2	3	1	1	1	0	2	1	0	2	1
	20	2	4	3	2	2	1	2	2	2	1	0	3	2	1	2	2	1	2
5	21	4	4	4	3	2	3	2	1	3	2	2	2	2	1	1	2	1	1
	22	4	4	4	2	3	2	1	3	2	0	1	2	4	4	4	4	4	4
	23	3	4	4	3	3	2	3	3	1	2	1	1	4	2	4	4	2	4
	24	1	2	3	3	3	2	1	2	0	2	2	2	4	1	1	4	1	1
	25	3	4	3	2	4	3	2	4	1	1	2	3	4	0	4	4	0	4

Fuente: elaboración propia, 2019.

Nota:

*Muestras de estigmas correspondientes a la región apical de la seda.

**Muestras de estigmas correspondientes a la parte media de la seda.

***Muestras de estigmas correspondientes a la parte basal de la seda.

B. Determinación del número de granos por mazorca

Los resultados de la cantidad de embriones extraídos por parte del laboratorio se encuentran en el cuadro 35.

Cuadro 35. Cantidad de embriones extraídos de los seis germoplasmas evaluados.

7	Germoplasma	Número mazorcas	Número embriones extraídos	Número de granos/mazorca	Tipo de preparado	Día
28/06/2019	19GU900024	5	629	126	Preparado de seda	Día 0
28/06/2019	19GU900024	5	1123	225	Preparado de seda	Día 1
28/06/2019	19GU900024	5	1103	221	Preparado de seda	Día 2
28/06/2019	19GU900024	5	888	178	Preparado de seda	Día 3
28/06/2019	19GU900024	5	700	140	Preparado de seda	Día 4
28/06/2019	19GU900024	5	720	144	Preparado de jilote	Día 1
28/06/2019	19GU900024	5	1040	208	Preparado de jilote	Día 2
28/06/2019	19GU900024	5	857	171	Preparado de jilote	Día 3
28/06/2019	19GU900024	5	1074	215	Preparado de jilote	Día 4
28/06/2019	19GU900024	5	837	167	Preparado de jilote	Día 5
22/06/2019	19JR900018	4	341	85	Preparado de seda	Día 0
22/06/2019	19JR900018	5	248	50	Preparado de seda	Día 1
23/06/2019	19JR900018	5	379	76	Preparado de seda	Día 2
23/06/2019	19JR900018	4	510	128	Preparado de seda	Día 3
23/06/2019	19JR900018	5	585	117	Preparado de seda	Día 4
22/06/2019	19JR900018	5	324	65	Preparado de jilote	Día 1
23/06/2019	19JR900018	5	316	63	Preparado de jilote	Día 2
23/06/2019	19JR900018	5	290	58	Preparado de jilote	Día 3
23/06/2019	19JR900018	4	373	93	Preparado de jilote	Día 4
23/06/2019	19JR900018	4	200	50	Preparado de jilote	Día 5
25/06/2019	19LR900019	5	875	175	Preparado de seda	Día 0
25/06/2019	19LR900019	5	903	181	Preparado de seda	Día 1
25/06/2019	19LR900019	5	753	151	Preparado de seda	Día 2
25/06/2019	19LR900019	5	1146	229	Preparado de seda	Día 3
25/06/2019	19LR900019	5	1028	206	Preparado de seda	Día 4
25/06/2019	19LR900019	5	755	151	Preparado de jilote	Día 1
25/06/2019	19LR900019	5	842	168	Preparado de jilote	Día 2
25/06/2019	19LR900019	5	925	185	Preparado de jilote	Día 3
25/06/2019	19LR900019	5	1009	202	Preparado de jilote	Día 4
25/06/2019	19LR900019	5	1103	221	Preparado de jilote	Día 5
26/06/2019	19PT900010	5	1217	243	Preparado de seda	Día 0
26/06/2019	19PT900010	5	1091	218	Preparado de seda	Día 1
26/06/2019	19PT900010	5	1339	268	Preparado de seda	Día 2
26/06/2019	19PT900010	5	1169	234	Preparado de seda	Día 3
26/06/2019	19PT900010	5	1165	233	Preparado de seda	Día 4
26/06/2019	19PT900010	5	388	78	Preparado de jilote	Día 1
26/06/2019	19PT900010	5	615	123	Preparado de jilote	Día 2
26/06/2019	19PT900010	5	684	137	Preparado de jilote	Día 3
26/06/2019	19PT900010	5	886	177	Preparado de jilote	Día 4
26/06/2019	19PT900010	5	873	175	Preparado de jilote	Día 5
03/08/2019	19FP900013	5	912	182	Preparado de seda	Día 0
03/08/2019	19FP900013	5	1224	245	Preparado de seda	Día 1
03/08/2019	19FP900013	5	1339	268	Preparado de seda	Día 2
03/08/2019	19FP900013	5	1392	278	Preparado de seda	Día 3
03/08/2019	19FP900013	5	1270	254	Preparado de seda	Día 4
03/08/2019	19FP900013	5	952	190	Preparado de jilote	Día 1
03/08/2019	19FP900013	5	957	191	Preparado de jilote	Día 2
03/08/2019	19FP900013	5	1013	203	Preparado de jilote	Día 3
03/08/2019	19FP900013	4	923	231	Preparado de jilote	Día 4
03/08/2019	19FP900013	5	1072	214	Preparado de jilote	Día 5
03/08/2019	19FP900021	5	964	193	Preparado de seda	Día 0
03/08/2019	19FP900021	5	1165	233	Preparado de seda	Día 1
03/08/2019	19FP900021	5	1138	228	Preparado de seda	Día 2
03/08/2019	19FP900021	5	1168	234	Preparado de seda	Día 3
03/08/2019	19FP900021	5	1046	209	Preparado de seda	Día 4
03/08/2019	19FP900021	5	1199	240	Preparado de jilote	Día 1
03/08/2019	19FP900021	5	1214	243	Preparado de jilote	Día 2
03/08/2019	19FP900021	5	1061	212	Preparado de jilote	Día 3
03/08/2019	19FP900021	5	1210	242	Preparado de jilote	Día 4
03/08/2019	19FP900021	5	1204	241	Preparado de jilote	Día 5

Fuente: Laboratorio, 2019.

Nota: Los valores máximos aparecen subrayados en amarillo.

C. Preparado de seda

En el cuadro 36 puede observarse el resumen de la toma de receptividad de estigmas.

Cuadro 36. Resumen de la estimación de receptividad de estigmas en el preparado de seda en los seis germoplasmas evaluados.

Día	19FP900013	19FP900021	19LR900019	19PT900010	19GU900024	19JR900018	Σ	μ
0	28	33	33	29	21	11	155	26
1	30	30	36	20	22	24	162	27
2	36	37	40	23	26	33	195	33
3	40	38	26	21	28	42	195	33
4	33	19	33	33	40	31	189	32

Fuente: elaboración propia, 2019.

Nota: los valores máximos aparecen subrayados en rojo.

Según el cuadro 36, el estigma presento mayor receptividad en el día 3 para los germoplasmas 19FP900013, 19FP900021 y 19JR900018. Los germoplasmas 19PT900010 y 19GU900024 presentaron mayor receptividad en el día 4. Por último, el germoplasma 19LR900019 presento mayor receptividad en el día 2. De forma global la mayor receptividad se estima en los días 2 y 3.

En el cuadro 37 se presenta el resumen de la cantidad de embriones extraídos.

Cuadro 37. Resumen de la cantidad de embriones extraídos en el preparado de seda en los seis germoplasmas evaluados.

Día	19FP900013	19FP900021	19LR900019	19PT900010	19GU900024	19JR900018	Σ	μ
0	182	193	175	243	126	85	1005	167
1	245	233	181	218	225	50	1152	192
2	268	228	151	268	221	76	1211	202
3	278	234	229	234	178	128	1280	213
4	254	209	206	233	140	117	1159	193

Fuente: elaboración propia, 2019.

Nota: los valores máximos aparecen subrayados en rojo.

Según el cuadro 37 las mayores cantidades de embriones fueron en el día 3 para los germoplasmas 19FP900013, 19FP900021, 19LR900019, 19JR900018. Únicamente los materiales 19PT900010 y 19GU900024 obtuvieron la mayor cantidad de embriones extraídos en los días 2 y 1 respectivamente. En general el día 3 resulto ser el día donde hubo mayor receptividad y consecuentemente el mayor número de embriones extraídos.

D. Preparado de jilote

En el cuadro 38 se presenta el resumen de la toma de receptividad de estigmas de forma de totales.

Cuadro 38. Resumen de la estimación de receptividad de estigmas en el preparado de jilote en los seis germoplasmas evaluados.

Día	19FP900013	19FP900021	19LR900019	19PT900010	19GU900024	19JR900018	Σ	μ
1	25	24	25	14	22	19	129	22
2	29	26	14	17	25	30	141	24
3	29	21	13	16	20	38	137	23
4	40	37	36	16	36	32	197	33
5	51	40	29	25	34	40	219	37

Fuente: elaboración propia, 2019.

Nota: los valores máximos aparecen subrayados en rojo

En el cuadro 38 se presenta el resumen del estigma presento mayor receptividad en el día 4 para los germoplasmas 19LR900019 y 19GU900024. Los germoplasmas 19FP900013, 19FP900021, 19PT900010 y 19JR900018 presentaron mayor receptividad en el día 5. De forma global la mayor receptividad se estima en el día 4.

En el cuadro 39 se presenta el resumen de la cantidad de embriones extraídos.

Cuadro 39. Resumen de la cantidad de embriones extraídos en el preparado de jilote en los seis germoplasmas evaluados.

Día	19FP900013	19FP900021	19LR900019	19PT900010	19GU900024	19JR900018	Σ	μ
1	190	240	151	78	144	65	867	145
2	191	243	168	123	208	63	996	166
3	203	212	185	137	171	58	966	161
4	231	242	202	177	215	93	1160	193
5	214	241	221	175	167	50	1067	178

Fuente: elaboración propia, 2019.

Nota: los valores máximos aparecen subrayados en rojo

En el cuadro 39 se presenta el resumen de las mayores cantidades de embriones fueron en el día 4 para los germoplasmas 19PT900010, 19GU900024, 19JR900018. Por otra parte, los germoplasmas 19FP900013, 19FP900021 y 19LR900019 obtuvieron la mayor cantidad de embriones extraídos en los días 4, 2 y 5 respectivamente. De forma global el día 4 resulto

ser el día donde hubo mayor receptividad y consecuentemente el mayor número de embriones extraídos.

E. Determinación del día de mayor receptividad

Los días estimados en donde se presenta la mayor receptividad del estigma para el preparado de seda son los días 2 y 3. Por otra parte el día estado de mayor receptividad para el preparado de jilote fue el día 5. El comportamiento de la receptividad puede observarse en la figura 38.

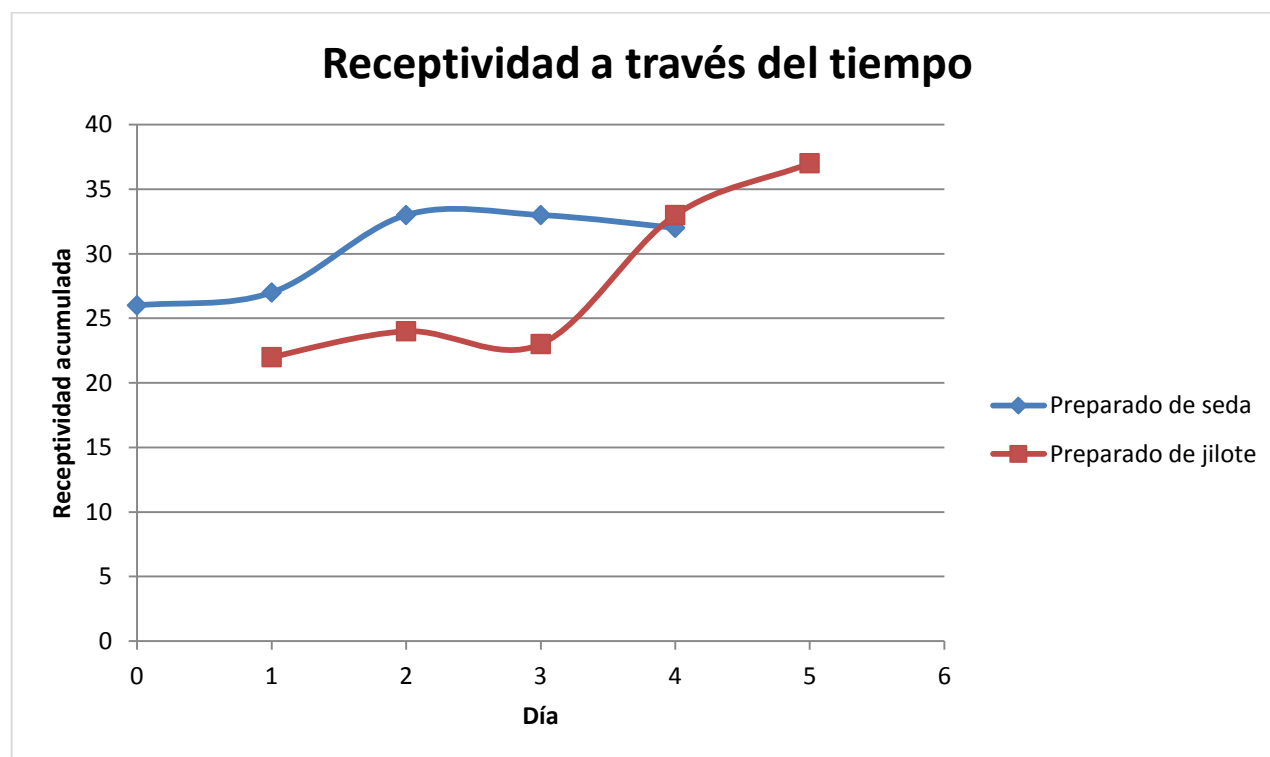


Figura 38. Estimación de la receptividad a través del tiempo.

En el preparado de seda, se presentó la mayor receptividad del estigma en el día 3 ya que se registraron 213 embriones extraídos. Por otra parte, en el preparado del jilote, la mayor receptividad del estigma se presentó en el día 4, en este día se registraron 193 embriones extraídos. El comportamiento del número de granos por mazorca en los días de antigüedad de la seda en ambos tipos de preparado puede observarse en la figura 39.

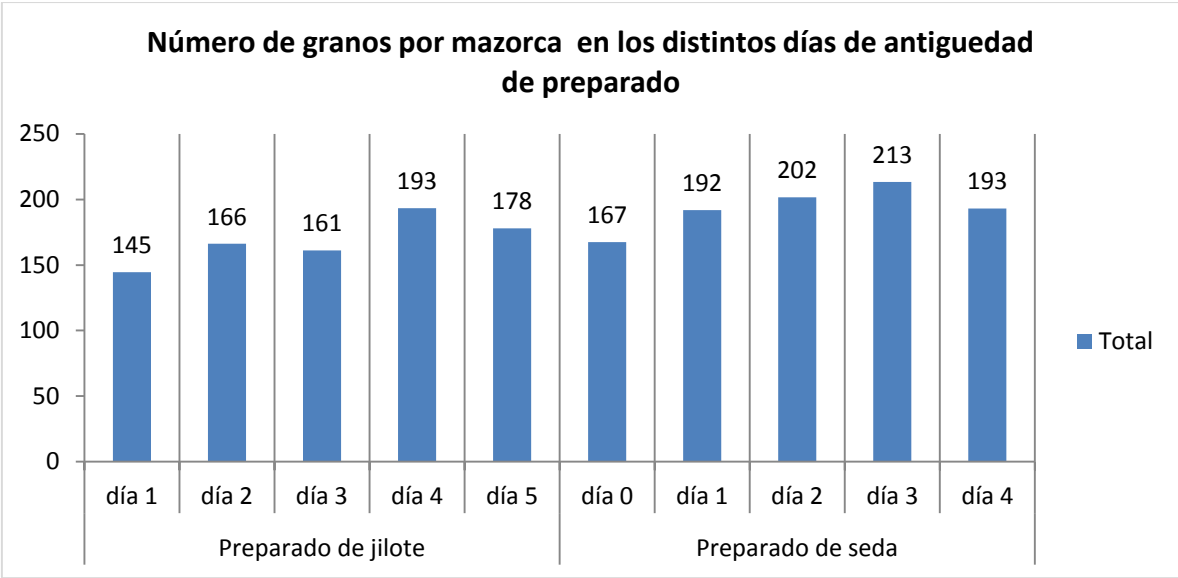


Figura 39. Resultados de la cantidad de embriones extraídos a través del tiempo.

3.2.5. CONCLUSIONES

Como logro de la receptividad del estigma para el preparado de seda y el de jilote son los días 3 y 4 respectivamente, los días estimados donde se presentaría la mayor receptividad del estigma para el preparado de seda y de jilote fueron los días 3 y 5 respectivamente y la estimación acertó para el preparado de seda, en la otra mano el preparado de jilote la mayor viabilidad se presentó en el día 5 según la estimación, no obstante, la mayor receptividad se presentó en el día 4.

3.2.6. BIBLIOGRAFÍAS

1. Kermicle JL (1969) Androgenesis conditioned by a mutation in maize. Science 166: 1422–1424.
2. Kermicle JL (1971) Pleiotropic effects on seed development of the indeterminate gametophyte gene in maize. Am. J. Bot. 58: 1–7



3.3. SERVICIO 2. Evaluación de tres densidades de siembra en cuatro germoplasmas en el área de inducción de haploides

3.3.1. Marco conceptual

A. Densidad de siembra

De acuerdo con diferentes evaluaciones se han encontrado densidades óptimas que favorecen a que los genotipos puedan mostrar su potencial de rendimiento y puedan adaptarse a las condiciones de manejo de los agricultores. Para siembras manuales, las distancias recomendadas son de 75 cm a 80 cm entre surcos y 40 cm - 50 cm entre postura, colocando dos y tres granos por postura en forma alterna (Fuentes, 2002).

La disponibilidad de espacio en los invernaderos de la finca se ha visto reducida debido a varios factores dentro de los cuales pueden mencionarse las temporadas de alta producción y la construcción de nuevos invernaderos que remplacen a los invernaderos actuales. Esto conlleva a tomar medidas que logren albergar la mayor cantidad de plantas en los espacios destinados para el área de inducción de haploides. Para evaluar que tan viable es reducir el espacio entre planta para incrementar la población de plantas dentro de un invernadero se han evaluado cuatro germoplasmas en tres distintas densidades de siembra monitoreando el desarrollo de la planta a través de variables biométricas y comparando el número de granos por mazorca en las tres densidades evaluadas (Fuentes, 2002).

B. Inducción de haploide

Estos inductores son cepas genéticas especializadas a modo de que cuando son cruzadas con una planta diploide de maíz el resultado es una mazorca segregada. Se entiende por mazorca segregada a aquella que tiene en una parte granos diploides ($2n$) y haploides (n). Los granos que presenten haploidía se caracterizan por tener un endospermo triploide regular ($3n$), esto provoca que su germinación sea similar a los embriones diploides. La inducción de haploidía suele ser una técnica in vivo para esto los progenitores maternos

suelen tener un marcador a base de antocianina en la capa de aleurona del endospermo del maíz y en el embrión (Prasanna, Chaikam, & Mahuku, 2013)

3.3.2. OBJETIVOS

Evaluar tres densidades de siembra en el área de inducción de haploides.

3.3.3. METODOLOGÍA

Para la evaluación fueron tomados en cuenta cuatro germoplasmas, en el cuadro 40 se presenta las características generales de los germoplasmas.

Cuadro 40. Características generales de los germoplasmas seleccionados para la evaluación.

Germoplasma	Código	Grado de madurez	Tipo de madurez	Región
19UA900032	UA	4	Intermedia	EAME
19IT900067	IT	7	Tardía	EAME
19UA900036	UA	4	Intermedia	EAME
19IT900068	IT	7	Tardía	EAME

Fuente: Syngenta (s.f.)

A. Delimitación de la evaluación

Los germoplasmas seleccionados se encontraban localizados en el invernadero C4. Para delimitar la evaluación, los primeros tres plots (espacio delimitado dentro del material con una longitud de cinco metros) fueron destinados para establecer las densidades evaluadas, estas fueron las siguientes: siembra a 0.15 m, al tresbolillo, y siembra normal a 0.18 m; para identificar la evaluación dentro del material se colocó una estaca por plot asignado a cada densidad. Todas las plantas dentro de la evaluación fueron trabajadas bajo condiciones normales del área de inducción de haploides.

B. Toma de variables biométricas

En cada densidad a evaluar dentro de cada germoplasma se tomaron datos de tres variables biométricas para monitorear el desarrollo de la planta. Las variables biométricas fueron altura, diámetro de tallo y número de hojas. Para la toma de estas tres variables se seleccionaron 15 plantas al azar de cada densidad evaluada. Estos datos fueron tomados con una frecuencia de 15 días realizándose cinco muestreos a lo largo de la evaluación. La programación de la toma de datos de las variables mencionadas puede observarse en el cuadro 41.

Cuadro 41. Programación de la toma de datos de las variables biométricas en los cuatro germoplasmas evaluados.

Número de muestreo	Fecha
1	17/06/2019
2	02/07/2019
3	15/07/2019
4	29/07/2019
5	12/08/2019

Fuente: elaboración propia, 2019.

C. Comparación del número de granos por mazorca

Dado que los cuatro germoplasmas fueron trabajados bajo condiciones normales de inducción, estos fueron cosechados en el estadio fenológico reproductivo R3. Las mazorcas correspondientes a la evaluación fueron ingresadas al laboratorio con su respectivo comentario. El dato considerado como número de granos por mazorca fue el número de embriones extraídos (correspondientes a cada prueba).

3.3.4. RESULTADOS

A. Variables biométricas

Los datos extraídos de las tres variables biométricas fueron copilados en los cuadros 42, 43 y 44.

Cuadro 42. Resumen de la variable biométrica “diámetro en centímetros” de los germoplasmas evaluados en sus distintas densidades.

Germoplasma	Densidad	Diámetro (cm)				
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5
		17/06/2019	02/07/2019	15/07/2019	29/07/2019	12/08/2019
19UA900032	0.15 m	0.42	1.84	2.21	2.46	2.53
	Tresbolillo	0.39	1.67	2.19	2.29	2.21
	0.18 m	0.38	1.83	2.35	2.53	2.55
19IT900067	0.15 m	0.38	2.02	2.56	2.66	2.54
	Tresbolillo	0.41	2.02	2.52	2.53	2.55
	0.18 m	0.39	2.05	2.57	2.64	2.65
19UA900036	0.15 m	0.35	1.69	2.15	2.09	2.01
	Tresbolillo	0.36	1.61	2.09	2.09	1.95
	0.18 m	0.32	1.52	2.27	2.23	2.31
19IT900067	0.15 m	0.37	1.72	2.51	2.34	2.39
	Tresbolillo	0.34	1.62	2.45	2.37	2.39
	0.18 m	0.37	1.72	2.61	2.57	2.61

Cuadro 43. Resumen de la variable biométrica “altura en centímetros” de los germoplasmas evaluados en sus distintas densidades.

Germoplasma	Densidad	Altura (cm)				
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5
		17/06/2019	02/07/2019	15/07/2019	29/07/2019	12/08/2019
19UA900032	0.15 m	5.47	22.04	182.17	243.3	251.25
	Tresbolillo	5.31	20.71	150.7	220.33	225.83
	0.18 m	5.15	21.45	168.74	237.17	243.07
19IT900067	0.15 m	5.77	27.47	168.99	230.52	242.92
	Tresbolillo	5.69	26.21	172.35	228.75	242.24
	0.18 m	5.21	25.95	178.22	231.47	244.9
19UA900036	0.15 m	4.3	22.41	168.58	196.02	198.33
	Tresbolillo	4.45	23.47	179.79	214.02	216.11
	0.18 m	3.47	20.21	157.38	194	196.53
19IT900067	0.15 m	6.36	25.5	184.81	218.37	219.59
	Tresbolillo	5.71	24.53	174.03	214.94	219.52
	0.18 m	6.08	24.93	181.52	218.43	219.95

Cuadro 44. Resumen de la variable biométrica “número de hojas” de los germoplasmas evaluados en sus distintas densidades.

Germoplasma	Densidad	#Hojas				
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5
		17/06/2019	02/07/2019	15/07/2019	29/07/2019	12/08/2019
19UA900032	0.15 m	4	10	12	13	12
	Tresbolillo	4	10	12	12	12
	0.18 m	4	10	13	14	12
19IT900067	0.15 m	4	10	15	15	13
	Tresbolillo	4	10	12	15	12
	0.18 m	4	10	12	15	13
19UA900036	0.15 m	4	11	12	14	9
	Tresbolillo	4	11	13	14	10
	0.18 m	4	11	13	14	11
19IT900067	0.15 m	4	10	13	13	12
	Tresbolillo	4	9	12	12	12
	0.18 m	4	9	13	13	12

B. Embriones extraídos

Los datos correspondientes a embriones extraídos por parte del laboratorio pueden apreciarse en el cuadro 20.

Cuadro 1. Resumen de embriones extraídos en los cuatro germoplasmas evaluados.

Germoplasma	Fecha de cosecha	Fecha de desinfección	Fecha de extracción	Mazorcas	Embriones extraídos	Número granos/mazorcas	Densidad
19UA900032	17/08/2019	21/08/2019	22/08/2019	33	6061	184	0.15 m
				32	5281	165	Tresbolillo
				32	5434	170	0.18 m
19UA900036	16/08/2019	21/08/2019	21/08/2019	33	2549	77	0.15 m
			21/08/2019	31	2575	83	Tresbolillo
			21/08/2019	35	3467	99	0.18 m
19IT900067	21/08/2019	26/08/2019	26/08/2019	33	8052	244	0.15 m
			26/08/2019	32	7321	229	Tresbolillo
			27/08/2019	33	7861	238	0.18 m
19IT900068	22/08/2019	26/08/2019	27/08/2019	33	8240	238	0.15 m
				33	29922	250	Tresbolillo
				32	7869	244	0.18

C. Germoplasma 19UA900032

El comportamiento de las variables biométricas diámetro en centímetros, altura en centímetros y número de hojas puede observarse en las figuras 40, 41 y 42.

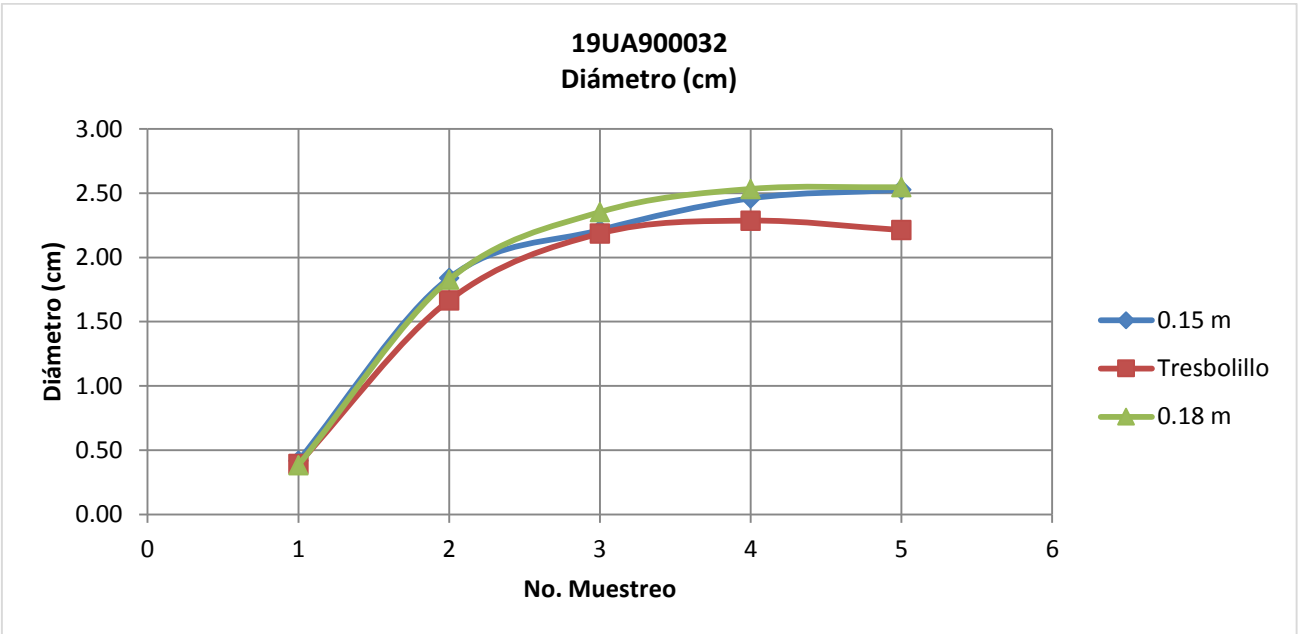


Figura 40. Comportamiento de la variable biométrica “diámetro en centímetros” del germoplasma 19UA900032.

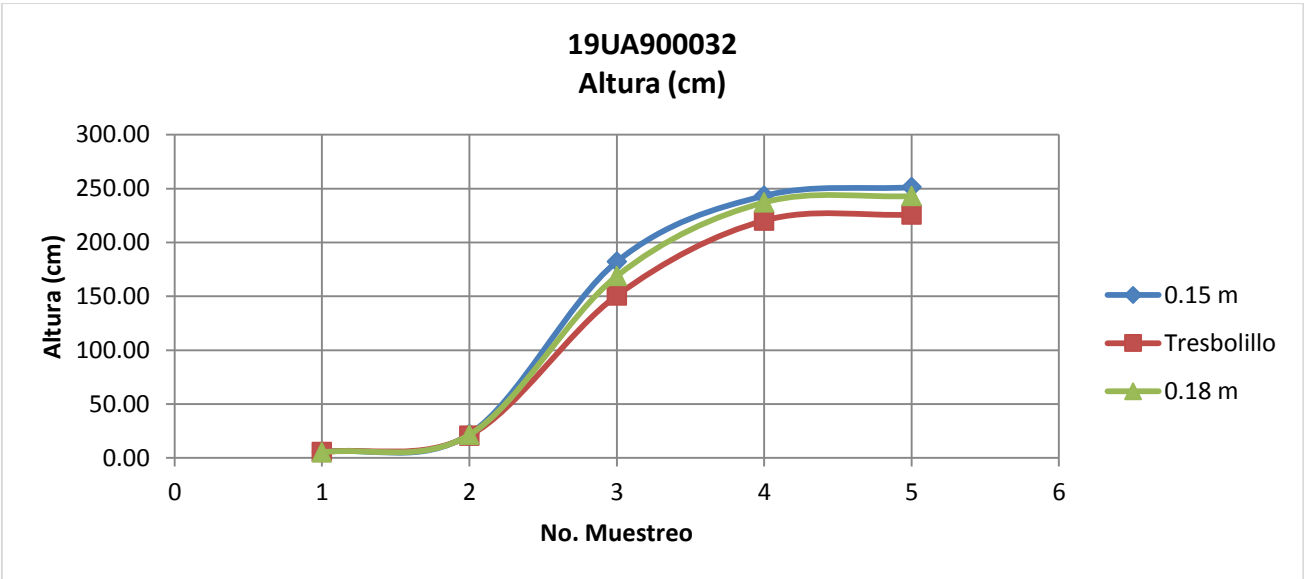


Figura 41. Comportamiento de la variable biométrica “altura en centímetros” del germoplasma 19UA900032.

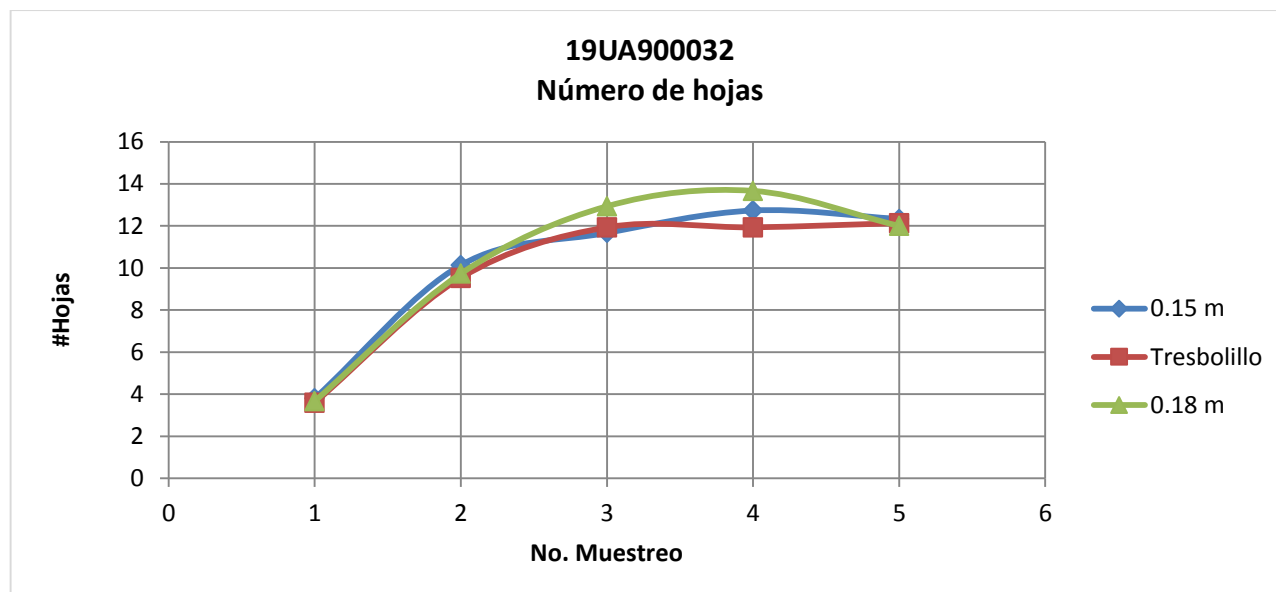


Figura 42. Comportamiento de la variable biométrica “número de hojas” del germoplasma 19UA900032.

Para la variable diámetro en centímetros se presentó una mejor respuesta en la densidad de siembra de 0.18 m con un valor de 2.55 cm. Respecto a la variable altura en centímetros la densidad de 0.15 m tuvo una mejor respuesta ya que esta alcanzó un valor de 251.25 cm. En la variable número de hojas las tres densidades obtuvieron 12 hojas al último muestreo.

D. Germoplasma 19IT900067

El comportamiento de las variables biométricas diámetro en centímetros, altura en centímetros y número de hojas puede observarse en las figuras 43, 44 y 45.

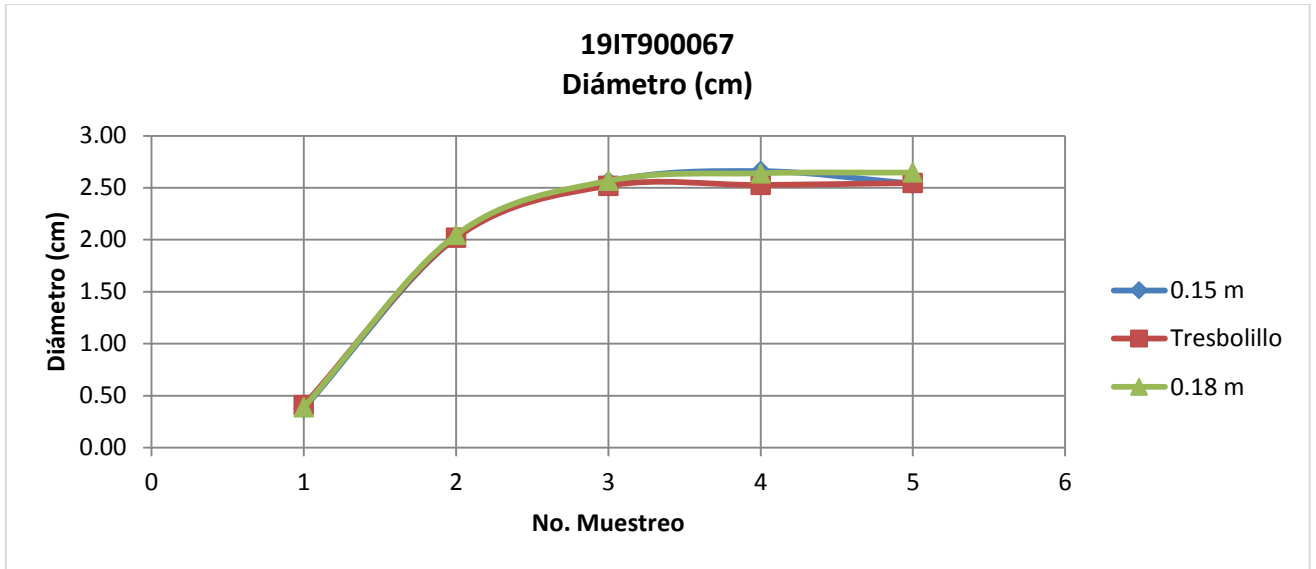


Figura 43. Comportamiento de la variable biométrica “diámetro en centímetros” del germoplasma 19IT900067.

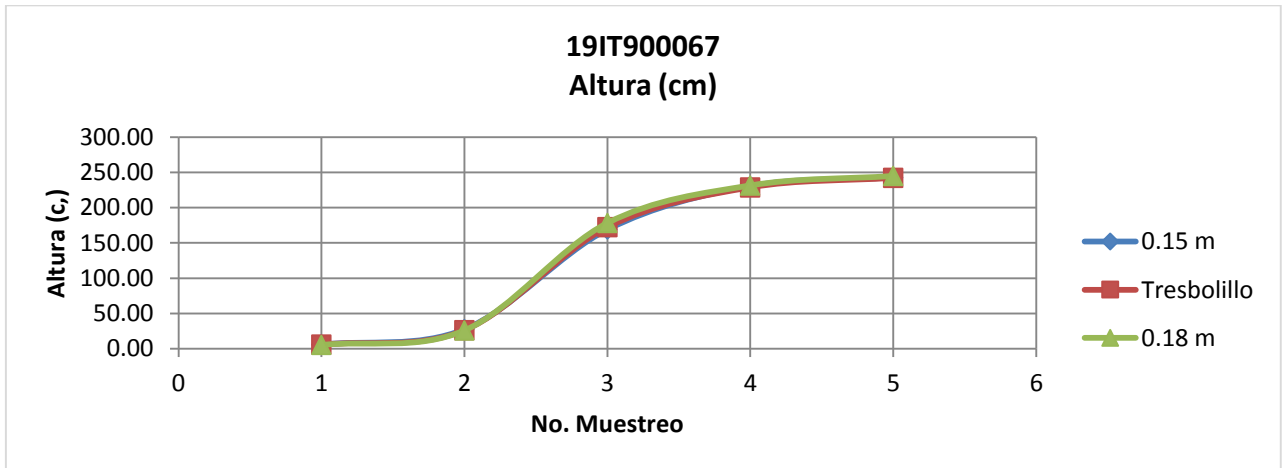


Figura 44.. Comportamiento de la variable biométrica “altura en centímetros” del germoplasma 19IT900067.

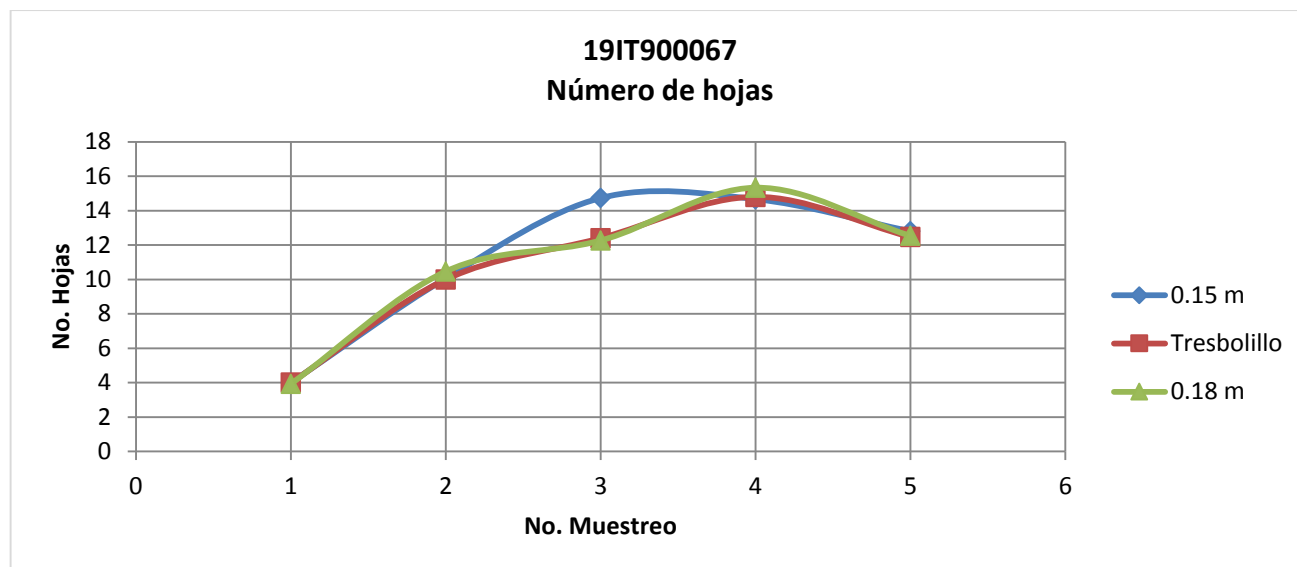


Figura 45. Comportamiento de la variable biométrica “número de hojas” del germoplasma 19IT900067.

Para la variable *diámetro en centímetros* se presentó una mejor respuesta en la densidad de siembra de 0.18 m con un valor de 2.65 cm. De igual forma en la densidad de siembra de 0.18 m, la variable *altura en centímetros* obtuvo la mejor respuesta con un valor de 244.9 cm. Por último, en la variable *número de hojas* las mejores respuestas fueron en las densidades de siembra de 0.15 m y 0.18 m, ambas con un valor de 13 hojas.

E. Germoplasma 19UA900036

El comportamiento de las variables biométricas diámetro en centímetros, altura en centímetros y número de hojas puede observarse en las figuras 46, 47 y 48.

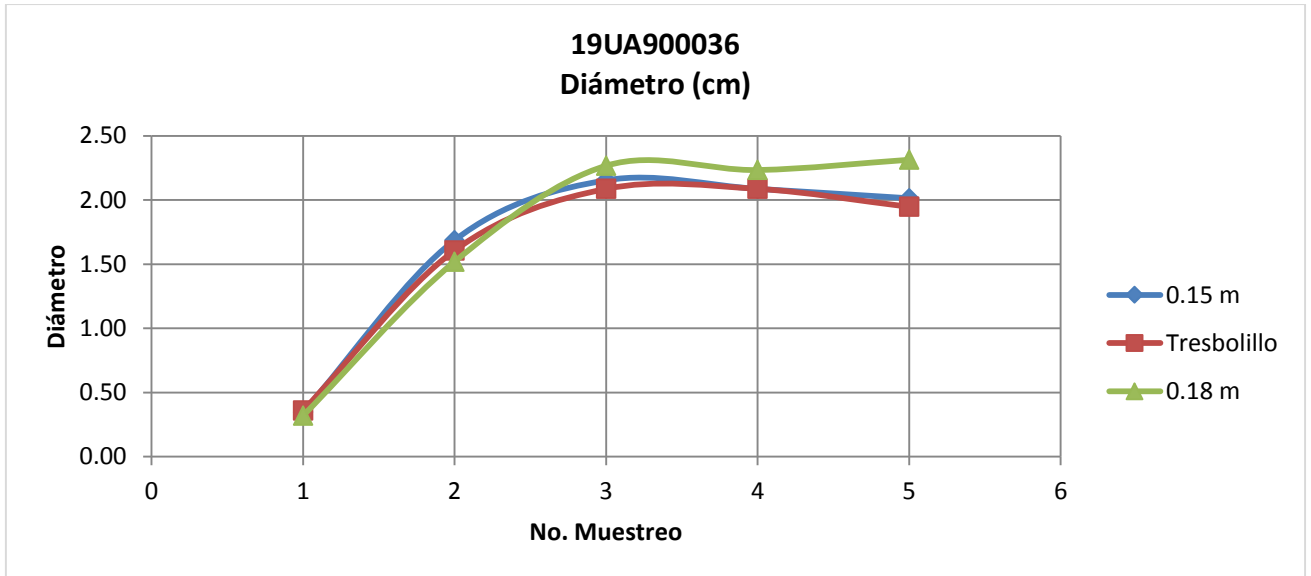


Figura 46. Comportamiento de la variable biométrica “diámetro en centímetros” del germoplasma 19UA900036.

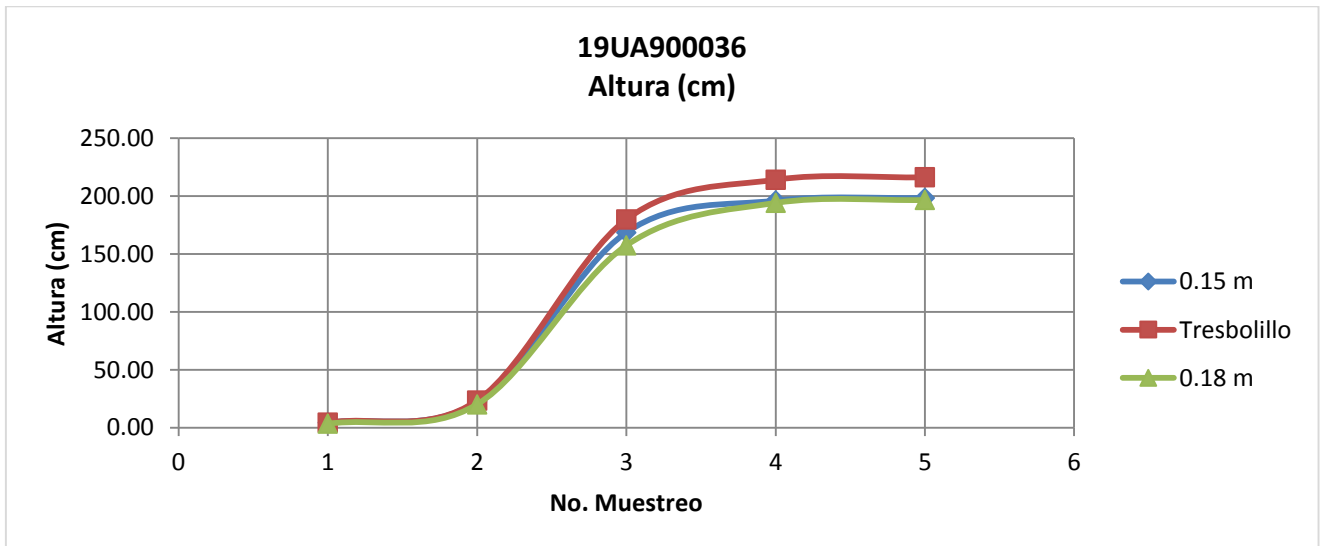


Figura 47. Comportamiento de la variable biométrica “altura en centímetros” del germoplasma 19UA900036.



Figura 48. Comportamiento de la variable biométrica “número de hojas” del germoplasma 19UA900036.

Para la variable *diámetro en centímetros* se presentó una mejor respuesta en la densidad de siembra de 0.18 m con un valor de 2.31 cm. La densidad de siembra al tresbolillo presento el mejor resultado respecto a la variable *altura en centímetros*, esta con un valor de 216.11 cm. En la variable *número de hojas* la densidad de siembra de 0.18 m presento el mejor resultado con un valor de 11 hojas.

F. Germoplasma 19IT900068

El comportamiento de las variables biométricas diámetro en centímetros, altura en centímetros y número de hojas puede observarse en las figuras 49, 50 y 51.

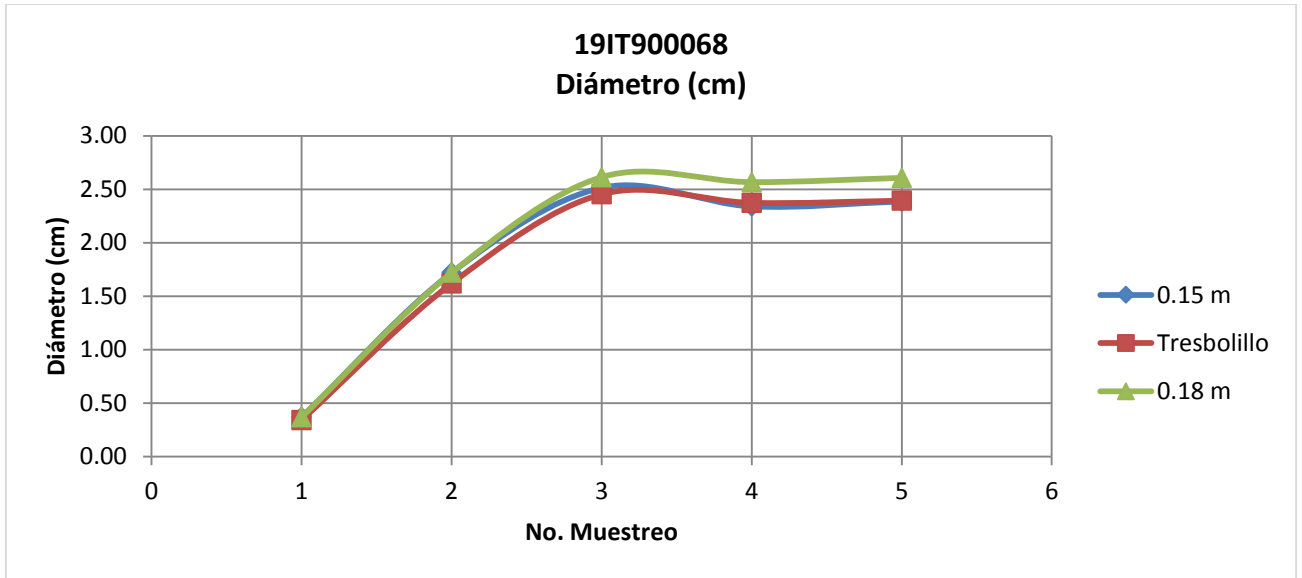


Figura 49. Comportamiento de la variable biométrica “diámetro en centímetros” del germoplasma 19IT900068.

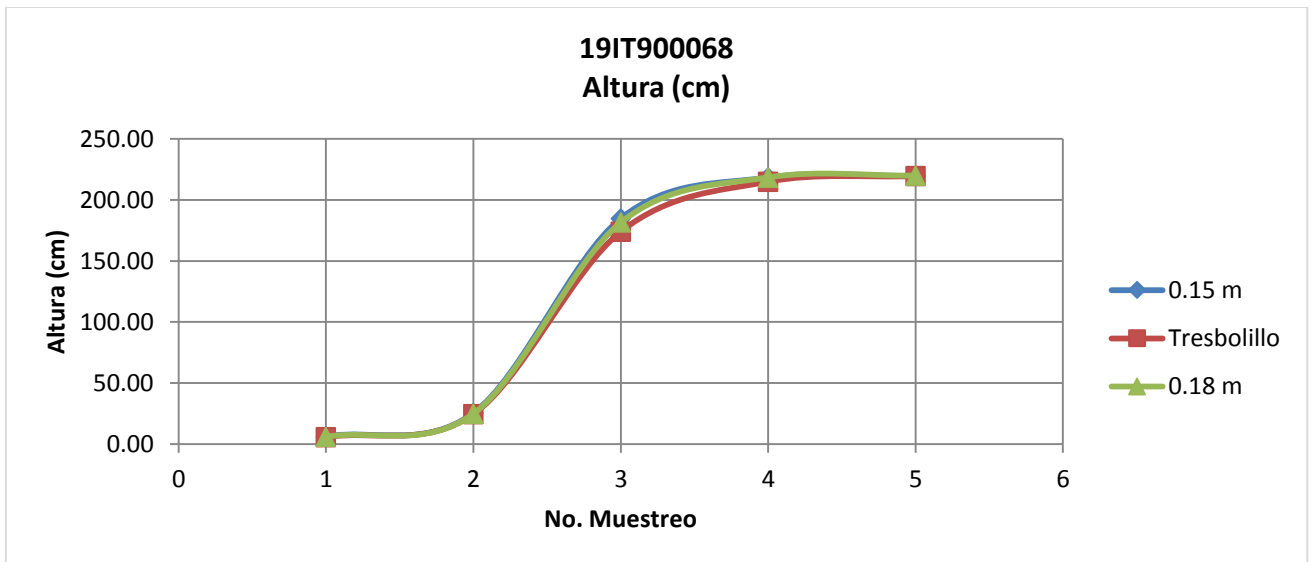


Figura 50. Comportamiento de la variable biométrica “altura en centímetros” del germoplasma 19IT900068.

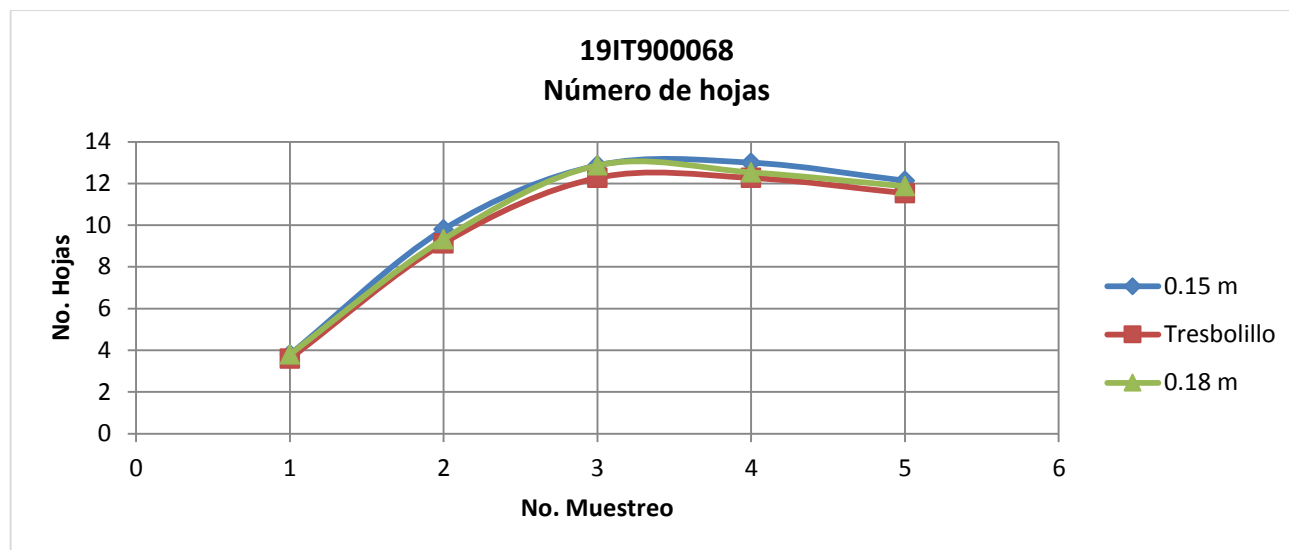


Figura 51. Comportamiento de la variable biométrica “número de hojas” del germoplasma 19IT900068.

Para la variable diámetro en centímetros las densidades de siembra de 0.18 m con un valor de 2.61 cm. Respecto a la variable *altura en centímetros* la densidad de 0.18 m obtuvo una mejor respuesta con un valor de 219.95 cm. Finalmente en la variable *número de hojas* las tres densidades obtuvieron 12 hojas al último muestreo.

G. Embriones extraídos

Los cuatro germoplasmas en sus distintas densidades fueron resumidos en el cuadro 52 y su comportamiento puede observarse en la figura 53.

Figura 52. Resumen de embriones extraídos.

Densidad	Embriones extraídos
0.15 m	186
Tresbolillo	182
0.18 m	188

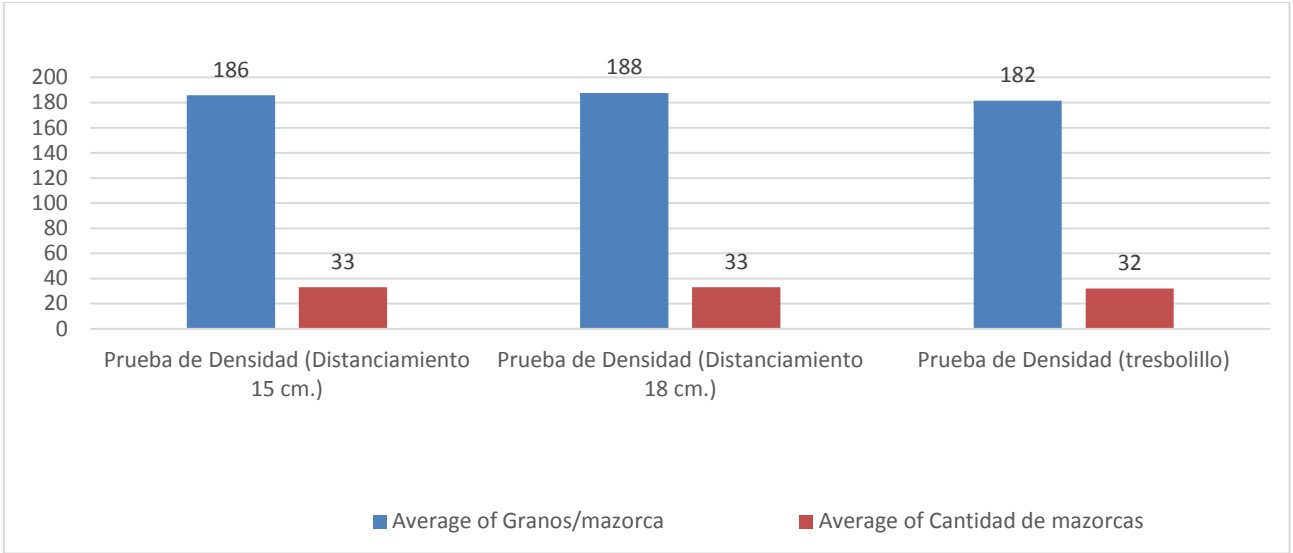


Figura 53. Comparación de número de granos por mazorca y mazorcas en las tres densidades de siembra evaluadas.

De acuerdo con la figura 53, la mayor cantidad de embriones extraídos se presentó en la densidad de siembra normal de 0.18 m con un valor de 188 granos por mazorca (embriones extraídos) y 33 mazorcas producidas.

Para las variables biométricas los mejores resultados fueron para la densidad de siembra normal de 0.18 m con valores de 1.92 cm de diámetro y 10.45 hojas, por otra parte, la mejor altura fue para la densidad de 0.15 m habiéndose reportado un valor de 131.21 como se presenta en la figura 16.

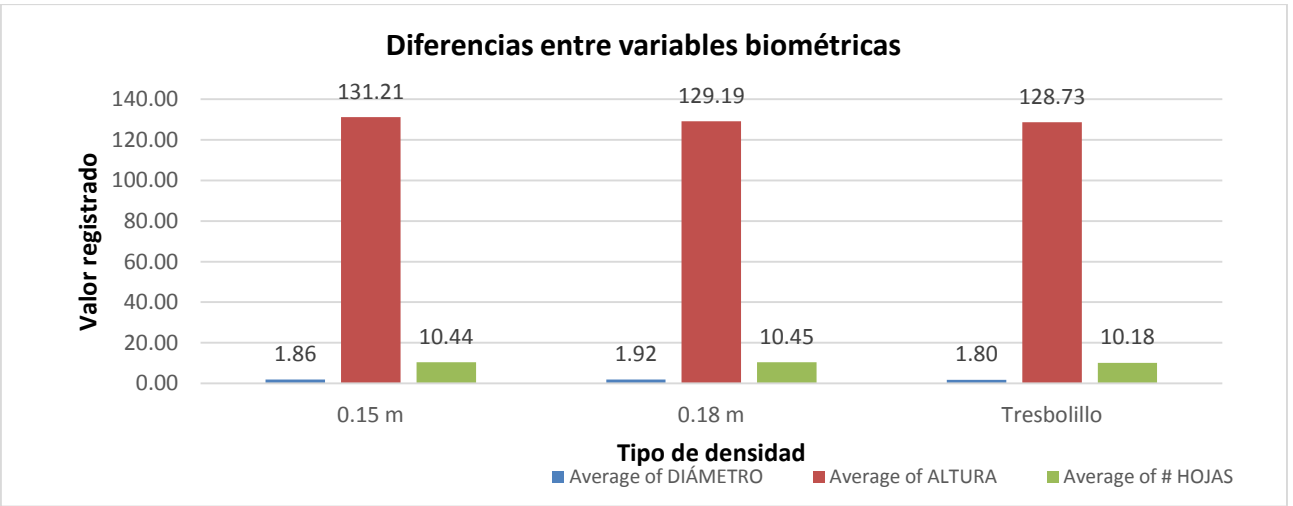


Figura 54. Comparación de las variables biométricas en las tres densidades de siembra evaluadas.

	19IT900067	19IT900068	19UA900032	19UA900036
1*				
2**				
3***				

Figura 55. Mazorcas cosechadas de los cuatro germoplasmas en las tres densidades de siembra evaluadas.

Nota:

*Las imágenes de la fila corresponden a la densidad de siembra a 0.15 m.

** Las imágenes de la fila corresponden a la densidad de siembra al tresbolillo.

*** Las imágenes de la fila corresponden a la densidad de siembra a 0.18 m.

3.3.5. CONCLUSIONES

Como logró obtenidos de los resultados de los cuatro germoplasmas presentaron en su mayoría mejores resultados en sus variables biométricas en la densidad de siembra a 0.18 m. y su mayoría la cantidad de granos por mazorca se presentó en la densidad siembra normal a 0.18 m.

3.3.6. BIBLIOGRAFÍAS

1. Fuentes López, MR. 2002. El cultivo de maíz en Guatemala: una guía para su manejo agronómico (en línea). Guatemala, ICTA. 45 p. Consultado 3 jun. 2017. Disponible en <http://www.funsepa.net/guatemala/docs/cultivoMaizManejoAgronomico.pdf>
2. Prasanna, B., Chaikam, V., & Mahuku, G. 2013. Tecnología de dobles haploides en el mejoramiento de maíz: teoría y práctica. México DF: CIMMYT.



3.4. SERVICIO 3. Evaluación de la viabilidad de polen en distintos de antigüedad del en cuatro germoplasmas en el área de inducción de haploides

3.4.1. Marco conceptual

A. Viabilidad de polen

La viabilidad de polen es un indicador de su calidad y su vigor. La viabilidad del polen varia a través del tiempo y depende del estado taxonómico de la planta y de las condiciones ambientales. Para preservar la viabilidad son requeridas condiciones de almacenamiento especiales. Otras causas por las cuales pueden presentarse perdidas en la viabilidad de polen son las deficiencias en la respiración del sustrato, incapacidad para soportar la desecación y la pérdida de integridad de la membrana (Sugandha, s.f.).

B Inducción de haploides

Para producir una línea de plantas doble haploides, es necesario tener una planta haploide, estas se caracterizan por ser más pequeñas y menos vigorosas que las plantas diploides, sin embargo, morfológicamente son similares. Las plantas haploides también suelen caracterizarse por tener hojas más cortas y por tener esterilidad en la inflorescencia masculina. La esterilidad no estará presente en los sectores diploides que se encuentren en la planta o en los sectores cuyos cromosomas estén doblados (pasen de haploides a doble haploides) (Weber, 2014).

3.4.2. OBJETIVOS

- 1.** Determinar el día de antigüedad de polen que presente la mayor viabilidad.
- 2.** Establecer una tendencia para la viabilidad de polen a través de los días de antigüedad de este.

3.4.3. METODOLOGÍA

Para la evaluación fueron tomados en cuenta cuatro germoplasmas, la descripción de estos se encuentra en el cuadro 56.

Figura 56. Características generales de los germoplasmas seleccionados para la evaluación.

Germoplasma	Código	Grado de madurez	Tipo de madurez	Región
19GW900040	GW	2	Temprana	EAME
19GW900042	GW	2	Temprana	EAME
19FP900035	FP	2	Temprana	EAME
19FP900036	FP	2	Temprana	EAME

A. Del germoplasma

La evaluación fue identificada dentro del material con una estaca al inicio y al final de la prueba. Las plantas seleccionadas para la evaluación fueron identificadas con una *rowband* (cinta utilizada para identificar una planta con la información deseada) verde indicando la antigüedad del polen correspondiente. Para cada germoplasma fueron seleccionadas 30 plantas, de las cuales 5 correspondían a cada día de antigüedad del polen.

B. Del inductor

De los invernaderos donde había inductor disponible, se empezaron seleccionando cinco plantas de cada día. Las plantas se identificaron desde el día que empezó la liberación del polen hasta el sexto día de antigüedad de la espiga con el fin de obtener polen con distintos días de antigüedad. A partir del séptimo día de antigüedad de la espiga, la cantidad de polen que esta liberaba era escasa. Las plantas de inductor seleccionadas todas poseían la característica del anillo definido.

C. Polinización

Las treinta plantas de cada germoplasma fueron polinizadas el mismo día. De esas treinta plantas, cinco fueron polinizadas con un día distinto de antigüedad del polen. Estas aparecen en el cuadro 57.

Figura 57. Identificación de las plantas dentro de la evaluación.

Plantas	Tipo de polen (antigüedad)	Comentario
1 – 5	Polen del día 1	Inicio de la liberación del polen en la espiga
6 – 10	Polen del día 2	-
11 – 15	Polen del día 3	-
16 – 20	Polen del día 4	-
21 – 25	Polen del día 5	-
26 – 30	Polen del día 6	Finalización de la liberación del polen en la espiga

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cada germoplasma fue polinizado en distintas fechas como se ven en el cuadro 58.

Figura 58. Fechas de polinización correspondientes a cada germoplasma evaluado.

Germoplasma	Fecha de polinización
19GW900040	14/08/2019
19GW900042	14/08/2019
19FP900035	15/08/2019
19FP900036	16/08/2019

Fuente: elaboración propia, 2019.

D. Determinación del número de granos por mazorca

Dado que los cuatro germoplasmas fueron trabajados bajo condiciones normales de inducción, estos fueron cosechados en el estadio fenológico reproductivo R3. Las mazorcas

correspondientes a la evaluación fueron ingresadas al laboratorio con su respectivo comentario. El dato considerado como número de granos por mazorca fue el número de embriones extraídos (correspondientes a cada prueba).

3.4.4. RESULTADOS

Los resultados por parte del laboratorio pueden apreciarse en el cuadro 59.

Figura 59. Cantidad de embriones extraídos correspondientes a los cuatro germoplasmas evaluados.

Germoplasma	Fecha de cosecha	Fecha de desinfección	Fecha de extracción	Embriones extraídos	Granos/Mazorca	Tipo de prueba
19GW900040	02/09/2019	07/09/2019	17/09/2019	1078	216	Polen día 1
				994	199	Polen día 2
				1043	209	Polen día 3
				820	164	Polen día 4
				428	86	Polen día 5
				132	26	Polen día 6
19GW900042	02/09/2019	09/09/2019	09/09/2019	958	192	Polen día 1
				996	199	Polen día 2
				769	154	Polen día 3
				544	109	Polen día 4
				135	34	Polen día 5
				196	49	Polen día 6
19FP900035	04/09/2019	10/09/2019	11/09/2019	539	108	Polen día 1
				543	109	Polen día 2
				444	89	Polen día 3
				630	126	Polen día 4
				485	97	Polen día 5
				526	105	Polen día 6
19FP900036	02/09/2019	09/09/2019	09/09/2019	757	151	Polen día 1
				398	100	Polen día 2
				542	108	Polen día 3
				493	123	Polen día 4
				541	108	Polen día 5
				128	32	Polen día 6

En el cuadro 60 pueden observarse los datos resumidos de los distintos días de antigüedad de polen en los cuatro germoplasmas evaluados.

Figura 60. Tabla resumen de los resultados de la evaluación.

Tipo de prueba	Embriones extraídos		Número granos/mazorca	
	Total	Media	Total	Media
Polen día1	3332	833	666	167
Polen día 2	2931	733	606	152
Polen día 3	2798	700	560	140
Polen día 4	2487	622	522	131
Polen día 5	1589	398	325	81
Polen día 6	982	246	213	53

3.4.5. CONCLUSIONES

Como logro obtenido de los resultados se observó que el día que presenta la mayor viabilidad de polen es el día 1 con 167 embriones extraídos y la tendencia que presenta la viabilidad de polen en el inductor de característica de anillo definido es decreciente.

3.4.6. BIBLIOGRAFÍA

1. Sugandha, G. (s.f.). Biology Discussion. Obtenido de Pollen Viability in Plants: Variations and Factors: (en línea) <http://www.biologydiscussion.com/palynology/pollen-viability-in-plants-variations-and-factors/64581>
2. Weber, D. 2014. Today's Use of Haploids in Corn Plant Breeding. Illinois: Academic Press.





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA-FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES- IIA-



REF. Sem. 79/2021

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:

"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN PRODUCCIÓN DEL NÚMERO DE GRANOS POR MAZORCA CON BASE A DÍAS DE PREPARACIÓN DE LOS ESTIGMAS ANTES DE LA POLINIZACIÓN EN PLANTAS DOBLE HAPLOIDES EN MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LA EMPRESA ESQUEJES S.A., DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE:

JOSÉ RICARDO RAMÍREZ CASTAÑEDA

CARNÉ:

201317745

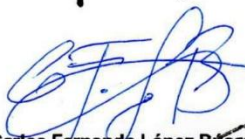
HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:

Ing. Agr. Walter Reyes Sanabria
Dr. Amílcar Sánchez Pérez
Ing. Agr. Fredy Rolando Hernández Ola

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.


Dr. Amílcar Sánchez Pérez
ASESOR ESPECÍFICO


Ing. Agr. Fredy Rolando Hernández Ola
DOCENTE-ASESOR ERS


Ing. Agr. Carlos Fernando López Balcázar
DIRECTOR DEL IIA



CFLB/nm
c.c. Archivo

Ref. SAIEPSA.14.2023
Guatemala, 11 de mayo de 2023

TRABAJO DE GRADUACIÓN: EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN PRODUCCIÓN DEL NÚMERO DE GRANOS POR MAZORCA CON BASE A DÍAS DE PREPARACIÓN DE LOS ESTIGMAS ANTES DE LA POLINIZACIÓN EN PLANTAS DOBLE HAPLOIDES EN MAÍZ (*Zea mays* L.) DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN LA EMPRESA ESQUEJES S.A., DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: José Ricardo Ramírez Castañeda

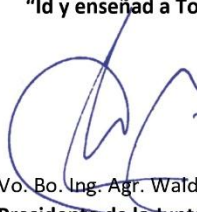
No. CARNÉ 201317745

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN PRODUCCIÓN DEL NÚMERO DE GRANOS POR MAZORCA CON BASE A DÍAS DE PREPARACIÓN DE LOS ESTIGMAS ANTES DE LA POLINIZACIÓN EN PLANTAS DOBLE HAPLOIDES EN MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LA EMPRESA ESQUEJES S.A., DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A.

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Walter García
Ing. Fredy Hernández
Dr. Agr. Amilcar Sánchez

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“Id y enseñad a Todos”


Vo. Bo. Ing.-Agr. Waldemar Nufio
Presidente de la Junta Directiva



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Hereditada Internacionalmente



Ref.: DA.08.2024

Trabajo de Graduación:

"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN PRODUCCIÓN DEL NÚMERO DE GRANOS POR MAZORCA CON BASE A DÍAS DE PREPARACIÓN DE LOS ESTIGMAS ANTES DE LA POLINIZACIÓN EN PLANTAS DOBLE HAPLOIDES EN MAÍZ (*Zea mays* L.) DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN LA EMPRESA ESQUEJES, S.A., DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A."

Estudiante:

José Ricardo Ramírez Castañeda

Carné:

201317745

"IMPRÍMASE"


Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
DECANO

