

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE LA SINCRONIZACIÓN DE LOS GAMETOS MASCULINOS Y FEMENINOS EN EL CRECIMIENTO DE DOBLES HAPLOIDES EN SEIS CULTIVARES DE MAÍZ (*Zea mays* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN SYNGENTA, JALAPA, GUATEMALA, C.A.

HOMERO JAVIER CASTAÑÓN MORÁN

GUATEMALA, MAYO DE 2021

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN “EVALUACIÓN DE LA SINCRONIZACIÓN DE LOS
GAMETOS MASCULINOS Y FEMENINOS EN EL CRECIMIENTO DE DOBLES
HAPLOIDES EN SEIS CULTIVARES DE MAÍZ (*Zea mays* L.), DIAGNÓSTICO Y
SERVICIOS REALIZADOS EN SYNGENTA, JALAPA, GUATEMALA, C.A. ”**

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

POR

HOMERO JAVIER CASTAÑÓN MORÁN

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, MAYO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



RECTOR EN FUNCIONES
M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL V	Br. Sergio Wladimir González Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Aroldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, MAYO DE 2021

Guatemala, mayo de 2021

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

Honorables miembros:

De conformidad 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 SINCRONIZACIÓN DE LOS GAMETOS MASCULINOS Y FEMENINOS EN EL CRECIMIENTO DE DOBLES HAPLOIDES EN SEIS CULTIVARES DE MAÍZ (Zea mays L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN SYNGENTA, JALAPA, GUATEMALA, C.A.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

HOMERO JAVIER CASTAÑÓN MORÁN

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios

Por acompañarme en cada una de mis etapas de formación y ser el equilibrio en mi vida.

Mis padres

Francisco Javier Castañón Quevedo y Mavis Icela Morán Rodríguez, por su amor, respeto y apoyo incondicional durante toda mi vida.

Mis hermanos

Sheyly Arabella Castañón de León, por ser como mi segunda madre, por la confianza, el respeto y amor. Julio Roberto, por el cariño fraternal y los momentos compartidos, también a Antonia Mayte por las pláticas al regresar a casa.

Mis sobrinos

Jorge Andrés G. Castañón, por ser el cómplice en cada una de mis aventuras, Luis Fernando S. Castañón, por ser ejemplo de un hermano mayor y Ronal Javier C. Girón. A los tres mosqueteros, por ser como mis hermanos, por el amor, las aventuras, el respeto y sobre todo el cariño con el que me ha acogido.

Mi familia

Tíos: Consuelo Morán, Marta M, Marta M. M., Misael M., Carlos M., Jose M., Aida M, Sara M, Gildardo, Dolores M. y Percy de León (Q.E.P.D.), German C., Olga C. Angelina. A mi abuela y primos por su apoyo, cariño en diferentes etapas de mi carrera.

Mis amigos

Le agradezco a las fuerzas que rigen la vida y que este hermoso universo haya conspirado para conocernos, por compartir todos estos años, su amor, alegría, apoyo, cariño, enojos, ambiciones, regaños y consejos. Por siempre y para siempre a mis queridos amigos: Alejandra Borón, Saúl Marín, Gabriela Soria, José Orlando, Amílcar García, Eddy, Eduardo Ramírez, José Blas,

Laura Batres, Lucia Cabrera, Katherine Patzán, Melissa Patzán, Yasmin Silvestre, Luis Castillo, Juan José Bautista, Danilo Camel, Víctor González, Byron López, Rony L., Albert de León, Keinsther R. y por estar incondicionalmente a mi lado: Staphanye Clarissa Paz Cruz.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

MI PATRIA QUERIDA, GUATEMALA

EL LUGAR QUE ME VIO CRECER, ALDEA SAN JERONIMO, EL TUMBADOR, SAN
MARCOS

LA GLORIOSA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

LA ESCUELA DE FORMACIÓN AGRÍCOLA, SAN MARCOS

AL CENTRO DE TELEEMATICA Y SUBÁREA DE MÉTODOS DE CUANTIFICACIÓN

EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE CULTIVOS (CIC)

MI QUERIDA FAMILIA

MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

AGRADECIMIENTOS

A:

- Dios** Por ser mi fortaleza en cada situación que me presento la vida y darme la tranquilidad para alcanzar esta meta.
- Mi patria** Guatemala, con gente maravillosa y lugares encantadores.
- Mi alma máter** Universidad de San Carlos de Guatemala por permitirme ser parte de esta gloriosa y máxima casa de estudios.
- Mi Facultad** Por brindarme las herramientas necesarias para mi formación como profesional.
- Mis profesores** PhD. Amilcar Sanchez, MsC Filadelfo Guevara, Dr. Byron López, Dr. Ezequiel López, MsC, Carlos Ardón. MsC. David Juárez, MsC Yasmin Silvestre, Por compartir de sus conocimientos y experiencias en el transcurso de la carrera.
- Mi supervisor** Ing. Agr. Freddy Hernández por su apoyo, alegría, experiencia y tiempo dedicado durante el proceso de EPS. También a Ing. Agr. Francisco Vazquez por su aporte científico, recomendaciones, colaboración, paciencia y apoyo en la elaboración de mi investigación
- Familia Castañón y Morán** Por su apoyo tan especial en diferentes etapas de mi vida.
- SYNGENTA R&D** Por abrirme las puertas de tan prestigiosa empresa y darme la oportunidad de realizar mi EPS. Especialmente a Ing. Ernesto España, Ing. Rosalba Ramírez, Dra. Sara Barrios, Dalia Pérez por las enseñanzas.

ÍNDICE GENERAL

TITULO	PÁGINA
CAPITULO I: DIAGNÓSTICO GENERAL REALIZADO EN LA FINCA ESQUEJES S. A. SYNGENTA, JALAPA, GUATEMALA C.A.	1
1.1 PRESENTACIÓN	3
1.2 MARCO REFERENCIAL	4
1.2.1 Localización de la finca.....	4
1.2.2 Ubicación.....	4
1.2.3 Agricultura.....	4
1.2.4 Condiciones edáficas.....	5
1.2.5 Fuente hídrica.....	5
1.2.6 Condiciones climáticas	5
1.3 OBJETIVOS.....	7
1.3.1 General	7
1.3.2 Específicos	7
1.4 METODOLOGÍA	8
1.4.1 Identificación de los procesos principales en la producción de dobles haploides de maíz	8
1.4.2 Identificación y determinación de la problemática en la producción de dobles haploides	9
1.5 RESULTADOS	10
1.5.1 Descripción del proceso de producción de semilla doble haploide de maíz.	10
1.5.2 Resultados del diagnóstico realizado en los procesos del área de producción de dobles haploides	14
1.5.3 Determinación de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas a la producción de dobles haploides	15
1.6 Descripción de las problemáticas que afectan la producción de dobles haploides de maíz.....	18
1.6.1 Árboles de problemas	18

	PÁGINA
1.6.2 Matriz de priorización de problemas.....	25
1.7 CONCLUSIONES.....	27
1.8 RECOMENDACIONES	28
1.9 BIBLIOGRAFÍA	29
CAPITULO II: EVALUACIÓN DE LA SINCRONIZACIÓN DE LOS GAMETOS	
MASCULINOS Y FEMENINOS EN EL CRECIMIENTO DE DOBLES HAPLOIDES	
EN SEIS CULTIVARES DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.), JALAPA, GUATEMALA, C.A	
	31
2.1 PRESENTACIÓN	33
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	35
2.2.1 El cultivo de maíz	35
2.2.2 Crecimiento y desarrollo del maíz	35
2.2.3 Requerimientos edafoclimáticos para el crecimiento del cultivo de maíz	37
2.2.4 Mejoramiento en cultivo de maíz.....	39
2.2.5 Obtención de líneas puras por método convencional.....	39
2.2.6 Línea pura	39
2.2.7 Híbrido.....	40
2.2.8 Plantas haploides	40
2.2.9 Individuo doble haploide.....	41
2.2.10 Tecnología de dobles haploides de maíz	41
2.2.11 La polinización.....	44
2.2.12 La fecundación y doble fecundación	44
2.2.13 Emergencia de panoja y liberación de polen.....	45
2.2.14 Sincronización de los gametos.....	48
2.2.15 Fisiología del polen y estigmas	49
2.2.16 Viabilidad de polen y receptividad de estigmas.....	50
2.2.17 Naturaleza del polen binucleado y trinucleado	55
2.3 OBJETIVOS	57
2.3.1 General.....	57

2.3.2	Específicos	57
2.4	METODOLOGÍA	58
2.4.1	Metodología experimental.....	58
2.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
2.5.1	Variable número de frutos por mazorca.....	69
2.5.2	Variable porcentaje de eficiencia de polinización	73
2.6	CONCLUSIONES	77
2.7	RECOMENDACIONES.....	78
2.8	BIBLIOGRAFÍA.....	79
2.9	ANEXOS.....	84
CAPITULO III: SERVICIOS PROFESIONALES REALIZADOS EN FINCA ESQUEJES, SYNGENTA, JALAPA, GUATEMALA C.A.		89
3.1	PRESENTACIÓN	91
3.2	Servicio 1: Determinación de la viabilidad de polen a lo largo de la fase reproductiva en 3 cultivares de maíz, y su relación con la temperatura y humedad al momento de la colecta de la muestra	92
3.2.1	OBJETIVOS.....	92
3.2.2	METODOLOGÍA	93
3.2.3	RESULTADOS	96
3.2.4	EVALUACIÓN DEL SERVICIO.....	100
3.3	Servicio 2: Determinación de número de autopolinización en cuatro cultivares de maíz para la producción de dobles haploides.	101
3.3.1	OBJETIVOS.....	101
3.3.2	METODOLOGÍA	101
3.3.3	RESULTADOS	104
3.3.4	EVALUACIÓN DEL SERVICIO.....	106
3.4	BIBLIOGRAFÍA.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Climadiagrama del entorno del Centro de Investigación de Cultivos, Jalapa 2017.....	6
Figura 2. Aplicación de agua a los surcos para la reducción de concentración de sales al trasplante	10
Figura 3. Aislamiento de las inflorescencias. A) Aislamiento de la inflorescencia femenina. B) Aislamiento de la inflorescencia masculina.....	11
Figura 4. Preparación de la inflorescencia femenina. A) Eliminación de las brácteas. B) Estigmas y estilos listos para la polinización.	12
Figura 5. Proceso de polinización.	13
Figura 6. Árbol de problemas al momento de la autopolinización.....	19
Figura 7. Árbol de problemas de baja producción de frutos por mazorca.	21
Figura 8. Árbol de problemas de baja producción de frutos por mazorca.....	23
Figura 9. Esquema de inducción de haploidía en cultivo de maíz.....	42
Figura 10. Esquema de la inflorescencia masculina del cultivo de maíz.	47
Figura 11. Esquema de la inflorescencia femenina de la planta de maíz.	47
Figura 12. Distribución de los invernaderos del CIC en la finca Esquejes y sombreada el área de evaluación.	60
Figura 13. Esquema de la distribución de las plantas de maíz en cada unidad experimental.....	62
Figura 14. Aleatorización de los tratamientos y croquis de campo.	63
Figura 15. Conteo de frutos por mazorca e identificación respectiva por tratamiento.....	65
Figura 16. Escala diagramática para identificar la cantidad de polen aplicada al momento de la polinización, siendo: A = 4; B = 3; C = 2 y D = 1.	66
Figura 17. Diagrama del manejo del experimento para el incremento de dobles haploides.....	68
Figura 18. Efecto de la temperatura en los diferentes horarios de polinización para la producción de frutos por mazorca y viabilidad de polen.....	71
Figura 19. Identificación del día a polinizar después de la actividad de preparado y el cultivar de mayor producción respecto al número de frutos por mazorca.	72

Figura 20. Agrupación de medias bajo el criterio de Scott Knott, del factor días a polinizar después de la actividad de preparado de la inflorescencia femenina, sobre la variable eficiencia de polinización.	75
Figura 21. Efecto de los diferentes días de polinización después del preparado en la efectividad de dicha práctica y su interacción con la evaluación (cantidad) de polen.	76
Figura 22A. Supuesto de heterocedasticidad perturbado, para los residuos de la variable frutos por mazorca (sin transformar) y residuos ordinarios ajustados a una distribución normal de dicha variable (derecha).	84
Figura 23A. Supuesto de heterocedasticidad sin perturbación (izquierda), para los residuos de la variable frutos por mazorca (transformada). Y residuos ordinarios ajustados a una distribución normal, de dicha variable (derecha).	84
Figura 24A. Supuesto de heterocedasticidad sin perturbación (izquierda), para los residuos de la variable eficiencia (transformada). Y residuos ordinarios ajustados a una distribución normal, de dicha variable (derecha).	85
Figura 25A. Plantas con presencia de granos, identificadas con etiquetas amarillas.	87
Figura 26A. Sensor de temperatura, humedad relativa, conductividad eléctrica, registrando 35.8 °C en el invernadero.	87
Figura 27. Porcentaje de viabilidad de polen para cada día de liberación evaluado.	97
Figura 28. Porcentaje de viabilidad de polen acumulado en siete diferentes días de liberación de polen.	98
Figura 29. Gráfica de distribución de la viabilidad de polen y su relación con la temperatura y humedad relativa.	99

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Características de los dos pozos mecánicos para la extracción de agua.	5
Cuadro 2. Condiciones climáticas del año 2017 en el Centro de Investigación de Cultivos.	6
Cuadro 3. Análisis FODA de la producción de dobles haploides de maíz.	16
Cuadro 4. Matriz FODA, estrategias en la producción de dobles haploides de maíz.	17
Cuadro 5. Matriz de priorización de problemas.....	25
Cuadro 6. Requerimiento hídrico (mm) de maíz.	37
Cuadro 7. Horarios de polinización con intervalo de 1.5 h de trabajo netas.	58
Cuadro 8. Días a polinización después de la preparación de la inflorescencia femenina.	59
Cuadro 9. Cultivares de maíz utilizados en la evaluación y sus diferentes tipos de maduración.	59
Cuadro 10. Análisis de la varianza para la variable granos por mazorca.	69
Cuadro 11. Análisis de la covarianza para la variable número de frutos por mazorca y la covariable temperatura (°C).....	70
Cuadro 12. Prueba múltiple de medias de la variable frutos por mazorca bajo el criterio de Scott Knott.....	72
Cuadro 13. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de eficiencia de la polinización.	73
Cuadro 14. Análisis de la covarianza para la variable porcentaje de eficiencia de la polinización.....	74
Cuadro 15. Prueba múltiple de medias de la variable porcentaje de eficiencia de polinización bajo el criterio de Scott Knott.....	75
Cuadro 16A. Prueba de normalidad bajo el criterio de Shapiro-Wilk para los residuos ordinarios de la variable frutos por mazorca.....	85
Cuadro 17A. Prueba de Homocedasticidad bajo el criterio de Levene para los residuos ordinarios de la variable frutos por mazorca.....	85

Cuadro 18A. Prueba de normalidad bajo el criterio de Shapiro-Wilk para los residuos ordinarios de la variable porcentaje (%) de eficiencia de polinización.....	86
Cuadro 19A. Prueba de homocedasticidad bajo el criterio de Levene para los residuos ordinarios de la variable porcentaje (%) de eficiencia de polinización.....	86
Cuadro 20. Cultivares de maíz utilizados en la evaluación y sus diferentes tipos de maduración.....	93
Cuadro 21. Análisis de la varianza para la variable porcentaje viabilidad.	96
Cuadro 22. Análisis de correlación de la variable temperatura, humedad relativa versus viabilidad de polen	99
Cuadro 23. Cultivares de maíz utilizados en la evaluación y sus diferentes tipos de maduración.....	102
Cuadro 24. Análisis de la varianza para la variable número de mazorcas.	104
Cuadro 25. Análisis de la varianza para la variable número de mazorcas.	105

EVALUACIÓN DE LA SINCRONIZACIÓN DE LOS GAMETOS MASCULINO Y FEMENINO EN EL CRECIMIENTO DE DOBLES HAPLOIDES EN SEIS CULTIVARES DE MAÍZ (*Zea Mays L.*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PROFESIONALES PRESTADOS EN SYNGENTA, FINCA ESQUEJES S.A., JALAPA, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

El presente documento contiene el informe integrado del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA) durante el periodo de febrero a noviembre de 2018, en el municipio de Jalapa, departamento de Jalapa con el apoyo de la empresa SYNGENTA, finca Esquejes S. A. Este documento contiene las actividades de diagnóstico en el área de producción de dobles haploides, una investigación titulada “Evaluación de la sincronización de los gametos masculino y fememnino en el crecimiento de dobles haploides de Maiz (*Zea mays L.*) Determinación del requerimiento nutricional del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) y servicios realizados en dicha la finca.

El primer capítulo se detalla el diagnóstico de la situación actual de la empresa, para detectar los principales problemas en los diferentes procesos de la tecnología de dobles haploides de maíz (*Zea mays L.*), en el área de producción de dobles haploides. Se procedió a realizar un recopilar información mediante recorridos de campo, entrevistas con el personal operativo y administrativo, así como la ejecución de las actividades en dicha área. La información recopilada se procedió a procesar mediante un análisis FODA, análisis causa-efecto, mediante arboles de problemas y matriz de jerarquización de problemas. Definiendo los problemas de mayor importancia, bajo los criterios de: importancia, frecuencia y factibilidad. Se identificaron los siguientes problemas: no sincronización de gametos masculino y femenino, efecto de frecuencia de autopolinizaciones en la producción de dobles haploides y determinación de la viabilidad de polen.

En el capítulo dos: la producción de dobles haploides se ve afectada por la no sincronización de los gametos reproductivos, siendo un problema común, ya que dichas plantas han perdido su aptitud biológica por el proceso que implica la tecnología de dobles haploides. Por tanto, se consideraron los siguientes factores: climaticos (temperatura y humedad relativa), reproductivos (viabilidad de polen y receptividad de estigmas), manejo de

polinización manual (horario, día de polinización y preparación de la inflorescencia femenina), para mejorar la producción de frutos por mazorca y número de mazorcas.

Se realizó la evaluación considerando: el horario de polinización (8:00 h– 10:30 h; 10:31h a 12:00 h; 13:00 h a 14:30 h y de 14:31 h a 16:00 h), el día de polinización después de la actividad de preparado de la inflorescencia femenina (3,4 y 5 días) y diferentes cultivares (6 cultivares). Para esto se utilizó un diseño en bloques al azar con arreglo en parcelas subdivididas, con tres repeticiones, utilizando 72 unidades experimentales, cada unidad experimental con 10 plantas. Las variables respuesta fueron: eficiencia de la polinización en la producción de mazorcas y número de frutos por mazorca.

Los horarios de polinización de 13:00 h a 14:30 h y 14:31 h a 16:00 h, presentaron 61 y 64 frutos por mazorca, respectivamente; los días 3 y 4 de polinización después del preparado de la flor femenina, con 67 y 54 frutos por mazorca. La producción de frutos por mazorca se encuentra relacionada con la temperatura. La polinización realizada 3 días después de preparada la flor femenina, reportó un 67.26 % de eficiencia en la producción de mazorcas por plantas polinizadas.

En el tercer capítulo se presentan los servicios profesionales realizados en la Finca Esquejes S.A. En los servicios realizados, se determinó la viabilidad de polen a lo largo de la fase reproductiva en 3 cultivares de maíz, así como su relación con la temperatura. .El segundo servicio realizado, determina el efecto del número de autopolinizaciones en cuatro cultivares de maíz, para la producción de dobles haploides.



**1. CAPITULO I: DIAGNÓSTICO GENERAL REALIZADO EN LA FINCA ESQUEJES,
SYNGENTA, JALAPA, GUATEMALA C.A.**

1.1 PRESENTACIÓN

Como parte de la primera fase del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se realizó el diagnóstico sobre la situación actual de febrero 2018 a marzo 2018 en la finca Esquejes S. A. propiedad de la empresa SYNGENTA, que dedicada a la producción de semillas dobles haploide del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) que contribuye en una fase del mejoramiento genético de maíz para la obtención de líneas puras. Este diagnóstico fue elaborado con el objetivo principal de conocer la importancia de los procesos involucrados en la producción de semilla doble haploides de maíz.

La finca Esquejes S.A. de SYNGENTA, dedica a una fase del mejoramiento genético de maíz, el 90 % de sus actividades agrícolas es destinada al proceso de mejoramiento, mediante el uso de la técnica de dobles haploides (DH), para la obtención de líneas endogámicas, dicha técnica es eficiente respecto al mejoramiento convencional, por dos principales razones: reducción de tiempo para la producción de líneas endogámicas, a dos generaciones, provenientes de poblaciones segregantes, lo que implica la rápida homogenización y estabilización genética segregantes y estabilización genética (Jobet, Zuñiga, & Campos de Quiroz, 2003) Y CIMMYT, 2012).

La metodología empleada en dicha institución consta de cuatro fases, 1) inducción in vivo de haploidía; 2) identificación, selección y duplicación de cromosomas haploides; 3) aclimatación de las doble haploides; 4) producción de las plantas dobles haploides para la generación de semillas endogámicas.

El presente trabajo se enfoca en el diagnóstico de problemas para describir la situación actual en el área de producción de dobles haploides, con el objetivo de identificar los principales problemas que afronta la tecnología de dobles haploides en el mejoramiento genético de maíz. Después de una jerarquización de problemas se identificaron los siguientes problemas: no sincronización de gametos masculino y femenino, efecto de frecuencia de autopolinizaciones en la producción de dobles haploides y determinación de la viabilidad de polen. Que se abordan en los capítulos II y III, respectivamente.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Localización de la finca

El Centro de Investigación de Cultivos (CIC), Esquejes S. A., se encuentra ubicado en el kilómetro (km) 165.5 de la ruta Jutiapa a Jalapa a una altitud de 1,360 m s.n.m., en el municipio de Jalapa, a una distancia de 100 km de la ciudad capital. La extensión de la finca es de 41 ha, donde 35 ha se encuentra bajo condiciones de invernadero. (Syngenta, Centro de Investigación de Cultivos -CIC-, 2017)

1.2.2 Ubicación

El CIC se encuentra ubicado en el departamento de Jalapa, en la parte central, en la región Sur-Oriental (IV) a una latitud de 14°35'42.38" N y una longitud de 89° 57'56.75" O. Limita al Norte con los municipios de Guastatoya y El Jícara (Progreso); al Sur con los municipios de Monjas, San Carlos Alzatate y Mataquescuintla (Jalapa); al Este con los municipios de San Pedro Pinula y San Manuel Chaparrón (Jalapa); y al Oeste con los municipios de Sanarate y Sanzare (Progreso). (WikiGuate, 2016)

1.2.3 Agricultura

A nivel departamental para la agricultura existen 6 niveles de capacidad productiva e acuerdo con estudios de capacidad de uso del suelo que son: 1) nivel III, tierras cultivables sueltas a medianas limitaciones, aptas para riego, con topografía ondulada a plana, de las cuales se encuentran en la Finca Esquejes S. A.; 2) nivel IV, tierras cultivables con limitaciones perennes, no aptas para riego, con condiciones controladas, topografía plana o inclinada, productividad media baja; 3) nivel V, con tierras no cultivables factores limitantes como drenaje y pedregosidad con topografía plana inclinada; 4) nivel VI, prácticamente tierras no cultivables, solo para explotación forestal o pastizales con factores severos como profundidad y rocosidad, de topografía ondulada fuerte y quebrada; 5) nivel VI y VII, tierras aptas solo para recreación y vida silvestre. (WikiGuate, 2016)

1.2.4 Condiciones edáficas

Los suelos en la finca están formados por 52 % de arcilla, 13 % de limo y 35 % de arena, definido como clase textural arcillosa. La densidad que presenta es de 1.08 g/cm³. (CIC, 2017)

1.2.5 Fuente hídrica

El recurso hídrico de la finca es extraído de dos pozos, cuyas características se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características de los dos pozos mecánicos para la extracción de agua.

Pozo	Voltaje de operación	Profundidad (m)	Potencia de bomba (Hp)	Potencia del motor (Hp)	Caudal (gal/min)
1	460	213.41	30	40	365
2	460	152.44	20	20	220

Fuente: Con base en CIC, (2017).

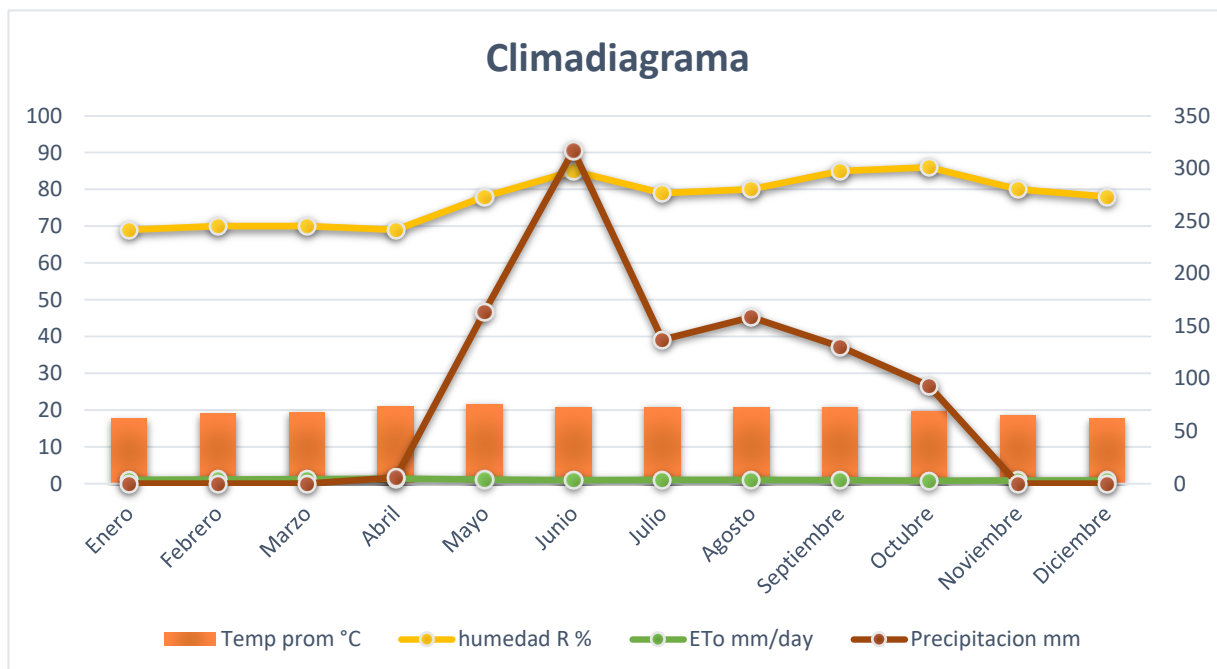
1.2.6 Condiciones climáticas

De acuerdo con lo reportado del Centro de Investigación de Cultivos (CIC), 2017, las condiciones climáticas del entorno de la finca se presentan en el cuadro 2 y en la figura 1 (página 6).

Cuadro 2. Condiciones climáticas del año 2017 en el Centro de Investigación de Cultivos.

Mes	Temp Min (°C)	Temp Max (°C)	Temp promedio (°C)	Velocidad del viento (km/h)	Humedad relativa (%)	Evapotranspiración (mm/día)	Precipitación (mm)
Enero	11.6	23.7	17.7	9.1	69	0.51	0
Febrero	13	25	19.0	8.3	70	3.85	0
Marzo	14	24.4	19.2	10.1	70	4.1	0
Abril	14.6	27.2	20.9	7.6	69	4.7	5.8
Mayo	17.2	25.9	21.6	5.8	78	3.9	163.6
Junio	17.4	24	20.7	4.9	85	3.26	317.1
Julio	16.9	24.6	20.75	8.1	79	3.69	137
Agosto	16.4	24.8	20.6	6.4	80	3.7	158.4
Septiembre	17	24.5	20.75	5	85	3.29	130.3
Octubre	16.6	22.8	19.7	7.1	86	2.75	93
Noviembre	14.7	22.4	18.55	10	80	2.88	0
Diciembre	13.4	21.8	17.6	10.6	78	2.82	0

Fuente: con base en CIC, (2017).



Fuente: con base en CIC, (2017).

Figura 1. Climadiagrama del entorno del Centro de Investigación de Cultivos, Jalapa 2017.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

- Diagnosticar la situación actual en el proceso de producción de líneas endogámicas para el mejoramiento genético de maíz (*Zea mays L.*) en finca Esquejes S. A.

1.3.2 Específicos

1. Identificar los principales procesos en el área producción dobles haploides para conocer la situación actual.
2. Definir los problemas que se presenta en los principales procesos de la producción de dobles haploides para la realización de investigaciones para realizar mejoras en dichos procesos.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Identificación de los procesos principales en la producción de dobles haploides de maíz

La información recopilada para generar el presente diagnóstico se obtuvo a través de la capacitación y realización de cada una de las labores, en diferentes etapas para la producción de dobles haploides de maíz, con una duración de dos meses, donde la observación y los registros personales fueron fundamentales. De manera adicional, la observación, recorridos de campo y entrevistas realizadas a los agrónomos de producción, fueron necesarias para recopilar la información detallada.

A. Recorridos de campo

Para conocer la ubicación de cada una de las áreas, así como las actividades que se realizan en cada una de ellas a través de la capacitación e inclusión en dichas actividades de producción.

B. Observación

Esta técnica se realizó en todas las áreas de trabajo en la tecnología de DH para conocer los principales procesos y condiciones.

C. Diálogos

Técnica utilizada con la persona que brindaban la capacitación práctica, técnica y científica de cada proceso, como: supervisores, líderes de equipo de cada área y operarios para una amplia visión de la situación en la que se encontraba. Utilizando temas de conversación como: principales procesos, comportamiento de los diferentes germoplasmas en campo,

mejoras que se han realizado, investigaciones y una pregunta frecuente en cada actividad, siendo esta “¿cómo se podría mejorar el proceso de producción de líneas endogámicas?”.

1.4.2 Identificación y determinación de la problemática en la producción de dobles haploides

Para la obtención de esta información se aplicaron los métodos antes descritos, con anterioridad, donde se relacionó toda la información obtenida. Seguido de realizar un análisis FODA y la interpretación de los mismos con el objetivo de identificar los problemas de mayor magnitud, para la realización de un árbol de problemas, con el objetivo de identificar el alcance de cada problema y el origen del mismo. Por ultimo realizando una jerarquización de la problemática.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Descripción del proceso de producción de semilla doble haploide de maíz.

A. Trasplante de plantas doble haploide a campo definitivo.

Previo al trasplante, el terreno se encuentra preparado con surcos de 80 m de longitud y 0.90 m entre cada uno, también con conductividad eléctrica de 1 ds/m^2 , donde se ha aplicado una alta intensidad de riego con el objetivo de disminuir la concentración de sales perjudiciales para la planta al momento del trasplante, como se visualiza en la figura 2.

Las plantas después de pasar 25 días en aclimatación se proceden a trasplantar dentro del invernadero a una distancia de 0.20 m al tresbolillo, densidad baja debido a la poca vigorosidad de las plantas doble haploide. Al momento de la siembra se trasplantan diferentes germoplasmas debidamente identificados.



Figura 2. Aplicación de agua a los surcos para la reducción de concentración de sales al trasplante

B. Eliminación de plantas diploides

Esta actividad consiste en recorrer la plantación de maíz doble haploide, donde las plantas que presente color verde oscuro, entrenudos y nudos de mayor diámetro que el convencional, hojas anchas, en resumen, una planta vigorosa es tomada como diploide. La cual se procede a eliminar desde la base, para evitar contaminación por medio del polen, de germoplasma diploide a germoplasma haploide.

C. Aislamiento de la inflorescencia femenina de maíz

Tiene como objetivo aislar la inflorescencia femenina de maíz, como se visualiza en la figura 3, a través de una bolsa de papel, cubierta con cera, para que no se deteriore con la humedad. Dicha bolsa de papel se le conoce como glassine, la cual genera un microclima en su interior, así como condensación por el proceso de evapotranspiración de la planta, alargando la aparición de estilo y estigma (seda). Adicionalmente al emerger el estilo y estigma la planta es susceptible a la polinización con germoplasma no deseado. Hay que recordar que se busca la autopolinización para el incremento de semilla doble haploide.



Figura 3. Aislamiento de las inflorescencias. A) Aislamiento de la inflorescencia femenina. B) Aislamiento de la inflorescencia masculina.

D. Aislamiento de la inflorescencia masculina (panoja)

Al igual que el aislamiento de la inflorescencia femenina se aísla por medio del glassine, como se aprecia en la figura 3, presentado las mismas dificultades de intercambio gaseoso, por la membrana impermeable, así como la luminosidad. Esta actividad se realiza aproximadamente 8 días después del aislamiento de la inflorescencia femenina, con el objetivo de evitar la liberación de polen al aire libre. Técnicamente se aísla cuando las glumas se abren en un 25 % aproximadamente.

E. Preparación de la inflorescencia femenina

Dicha actividad consiste en la eliminación de 0.025 m a 0.050 m del ápice de las brácteas que recubren la inflorescencia femenina, por medio de una tijera, previo a la liberación de polen. Con el propósito que el conjunto estigmático y estiloso (seda) emerja, y así estar preparado para la autopolinización manual. Esta actividad se aprecia en la figura 4.



Figura 4. Preparación de la inflorescencia femenina. A) Eliminación de las brácteas. B) Estigmas y estilos listos para la polinización.

F. Autopolinización

Esta actividad consiste en la recolección de polen y la llegada de este hacia los estigmas receptivos de la misma planta, para la fecundación. Además, se realiza en horarios comprendidos desde las 8:00 h en adelante, con dos a tres días de preparación de la flor femenina, y esto varía de acuerdo con el criterio del polinizador. En la figura 5 se presenta la distribución del polen a lo largo del estigma.



Figura 5. Proceso de polinización.

G. Eliminación de brácteas y eliminación de mazorcas no viables

Esta actividad se realiza a los quince días, en dicha actividad se revisa las mazorcas, una a una, para identificar las que presentan granos y las que no, así mismo se eliminan las mazorcas que no presentan granos, (donde no existió fecundación). Las brácteas que recubren dichos granos son eliminadas, para evitar la pudrición de los granos, así mismo se coloca de glassine con agujeros que facilita la aireación en la mazorca.

1.5.2 Resultados del diagnóstico realizado en los procesos del área de producción de dobles haploides

A. Diálogos con personal de trabajo

Se presentan las preguntas realizadas en las entrevistas realizadas al personal encargado de la supervisión de los procesos del área de producción de dobles haploides.

a. ¿Cuáles son los procesos que se realizan en el área de producción de dobles haploides de maíz?

Los procesos que realiza dicha área son los siguientes: Trasplante, eliminación de plantas diploides, aislamiento de inflorescencia masculina y femenina, preparado de inflorescencia femenina, polinización, eliminación de brácteas (destusado)

b. ¿Cuáles son los problemas que se presentan en los procesos descritos con anterioridad?

Baja producción de mazorcas, dicho parámetro se mide de acuerdo con el número de mazorcas cosechadas entre el número de plantas trasplantadas. Conocido como “retorno”, expresándose en porcentaje (%). Para el 2017 el % de retorno es del 22 %. Debido a la alta esterilidad en las plantas, así como la sincronización. También la pudrición de mazorcas, por la humedad generada en el glassine y hongos establecidos en los restos de cosecha, que reducen las semillas dobles haploide. Actualmente el promedio de semillas por mazorca es de 50. Además de problemas de registro de altas temperaturas dentro del invernadero.

c. ¿Cuáles son los problemas que se presentan con los diferentes cultivares de maíz en la producción de dobles haploides?

Los problemas comunes en los cultivares es la sincronización de los gametos masculino y femenino, respecto al tipo de madurez reproductiva, ya que los cultivares tempranos o precoces presentan una alta esterilidad y baja sincronización, lo que afecta en el porcentaje de retorno, a diferencia de los cultivares de maduración tardía, presentan sincronización en la mayoría de las plantas y sus características reproductivas son relativamente mas vigorosas que los cultivares de maduración temprana.

d. ¿Qué investigaciones se han realizado que beneficien la producción de dobles haploides de maíz?

Se ha establecido un nuevo protocolo ya que, en otras regiones del mundo, dicho protocolo presenta mejores resultados en el % de retorno, evaluación de programas de fertilización que favorezcan la viabilidad de los granos de polen y la receptividad de estigmas durante un periodo de tiempo más largo y en óptimas condiciones.

e. ¿Cómo se podría mejorar el proceso de producción dobles haploides de maíz?

Es posible mejorar las actividades previo a la polinización, así como al momento de la misma, específicamente en tiempo, para favorecer el número de granos por mazorca y el número de mazorcas cosechadas. Así como la identificación del número de polinizaciones adecuadas para incrementar el número de frutos (semillas) en la mazorca.

1.5.3 Determinación de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas a la producción de dobles haploides

Mediante la ejecución de las actividades anteriores se logró recopilar la información necesaria para el análisis FODA en el área de producción de dobles haploides. En el

cuadro 3 se detallan las diferentes características del área de producción de dobles haploides, dichas características se clasifican en característica de origen interno: fortalezas y debilidades; también las de origen externo: oportunidades y amenazas.

Cuadro 3. Análisis FODA de la producción de dobles haploides de maíz.

Fortalezas	Oportunidades
Disciplina del personal de trabajo.	Tecnificación de los procesos de polinización dirigida.
Buena comunicación entre el personal y supervisores de cada proceso.	Capacitaciones constantes al personal de trabajo, con énfasis en los procesos que se realizan en la producción en campo.
Instalaciones adecuadas, tecnificadas y sofisticadas.	Mejoramiento de las condiciones de los invernaderos
Experiencia de manejo de cultivares con diferente tipo de maduración reproductiva.	Personal activo.
Debilidades	Amenazas
Reducidas capacitaciones informativas de los procesos de polinización.	Alta variabilidad en la madurez reproductiva de los cultivares.
Poca investigación científica en los procesos de producción de dobles haploides.	No sincronización de los gametos masculino y femenino.
Porcentaje de retorno inferior al 25 %.	Baja respuesta de la infraestructura a factores climáticos.
Técnica de polinización no estandarizada.	Alto número de plantas estériles

El cuadro anterior describe las características de la situación del área de producción de dobles haploides de maíz. En las fortalezas se colocaron los elementos que dicha área tiene bajo control, también las ventajas o beneficios presentes, en el apartado de debilidades se establecieron las deficiencias o carencias que son un obstáculo para la consecución de los objetivos en la producción. El apartado de oportunidades abarca circunstancias del entorno que son potencialmente favorables para la finca. Por último, para las amenazas, se identificaron los factores que ponen en riesgo el cumplimiento de los objetivos establecidos por dicha área de trabajo.

En el cuadro 4. Se presentan la matriz FODA, donde se presentan estrategias para cada aspecto considerado en el cuadro 3.

Cuadro 4. Matriz FODA, estrategias en la producción de dobles haploides de maíz.

<p>Matriz FODA: producción de plantas doble haploides</p>	<p>Fortalezas (F)</p> <p>F1. Disciplina del personal de trabajo F2. Buena comunicación entre el personal y supervisores de cada proceso. F3. Instalaciones adecuadas, tecnificadas y sofisticadas. F4. Experiencia de manejo de cultivares con diferente tipo de maduración reproductiva.</p>	<p>Debilidades (D)</p> <p>D1. Reducidas capacitaciones informativas de los procesos de polinización. D2. Poca investigación científica en los procesos de producción de dobles haploides. D3. Porcentaje de retorno inferior al 25 %. D4. Técnica de polinización no estandarizada.</p>
<p>Oportunidades (O)</p> <p>O1. Tecnificación de los procesos de polinización dirigida. O2. Capacitaciones constantes al personal de trabajo, con énfasis en los procesos que se realizan en la producción en campo. O3. Mejoramiento de las condiciones de los invernaderos O4. Personal activo.</p>	<p>Estrategia FO</p> <p>O1,O2,F1,F2. La producción puede incrementar al tecnificar los procesos de polinización, a través de la capacitación técnica del personal, acompañado de disciplina de trabajo y comunicación del personal. O4,F4. La experiencia y la motivación del personal ayuda a mejorar la producción de manera sustancial.</p>	<p>Estrategias OD</p> <p>O1, O2, D1, D3. Las capacitaciones en los procesos de polinización presentaran mejores resultados en la producción. O1, O2, O4, D3 D4. La investigación científica mejorara los procesos de polinización a través de capacitaciones al personal.</p>
<p>Amenazas (A)</p> <p>A1. Alta variabilidad en la madurez reproductiva de los cultivares. A2. No sincronización de los gametos masculino y femenino. A3. Baja respuesta de la infraestructura a factores climáticos. A4. Alto número de plantas estériles</p>	<p>Estrategias FA</p> <p>A1, Definir características morfológicas de la planta para determinar el tipo de maduración reproductiva para un mejor manejo de la plantación respecto a la fase reproductiva. A3. Realizar mejoras a la infraestructura de los invernaderos para condiciones aptas. A4. Implementación de nuevos protocolos en la obtención de dobles haploides, que disminuyan la esterilidad</p>	<p>Estrategias DA</p> <p>Identificar aspectos en el manejo de las polinizaciones, que puedan mejorar la producción doble haploides a través de investigación, posteriormente la capacitación y la estandarización de dichos procesos.</p>

1.6 Descripción de las problemáticas que afectan la producción de dobles haploides de maíz

Con la información recopilada con las distintas fuentes y técnicas, se procedió a exponer las problemáticas y dar a conocer posibles alternativas (recomendaciones) para mejorar el entorno del cultivo y aumentar la producción. Dentro de las principales problemáticas identificadas se pueden nombrar las siguientes:

- No sincronización de los gametos masculino y femenino, que afecta en la producción de frutos (semilla) por mazorca, así como el número de mazorcas.
- Identificación del número de polinizaciones para el aumento de frutos por mazorca.
- Pudrición de frutos (semillas) en campo.

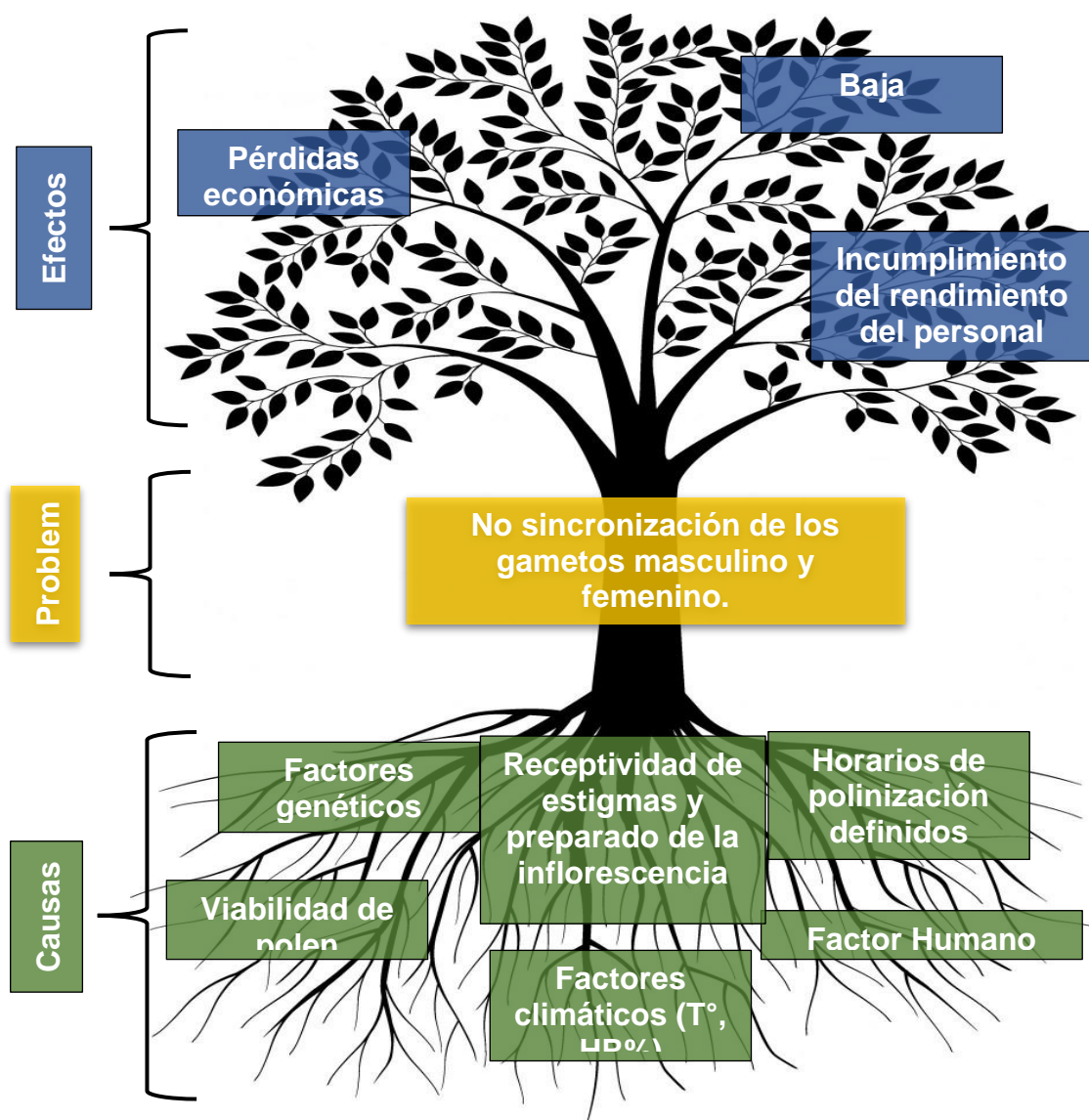
Los problemas mencionados anteriormente presentan causas y efectos que ponen en riesgo la producción de dobles haploides de maíz. Por lo cual cada uno de ellos será detallado en árboles de problemas presentados en las figuras 6, 7, y 8.

1.6.1 Árboles de problemas

A continuación, se presenta de forma gráfica un análisis por medio de la herramienta de árboles de problemas, donde, se identifican los efectos y causas de los problemas previamente identificados con las técnicas demostradas con anterioridad de mayor potencial.

A. Árbol de problema para la no sincronización de los gametos masculino y femenino

En la figura 6, se observa la importancia que tiene la sincronización de los órganos reproductivos de la planta y su efecto en la producción de semilla doble haploide de maíz.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 6. Árbol de problemas al momento de la autopolinización.

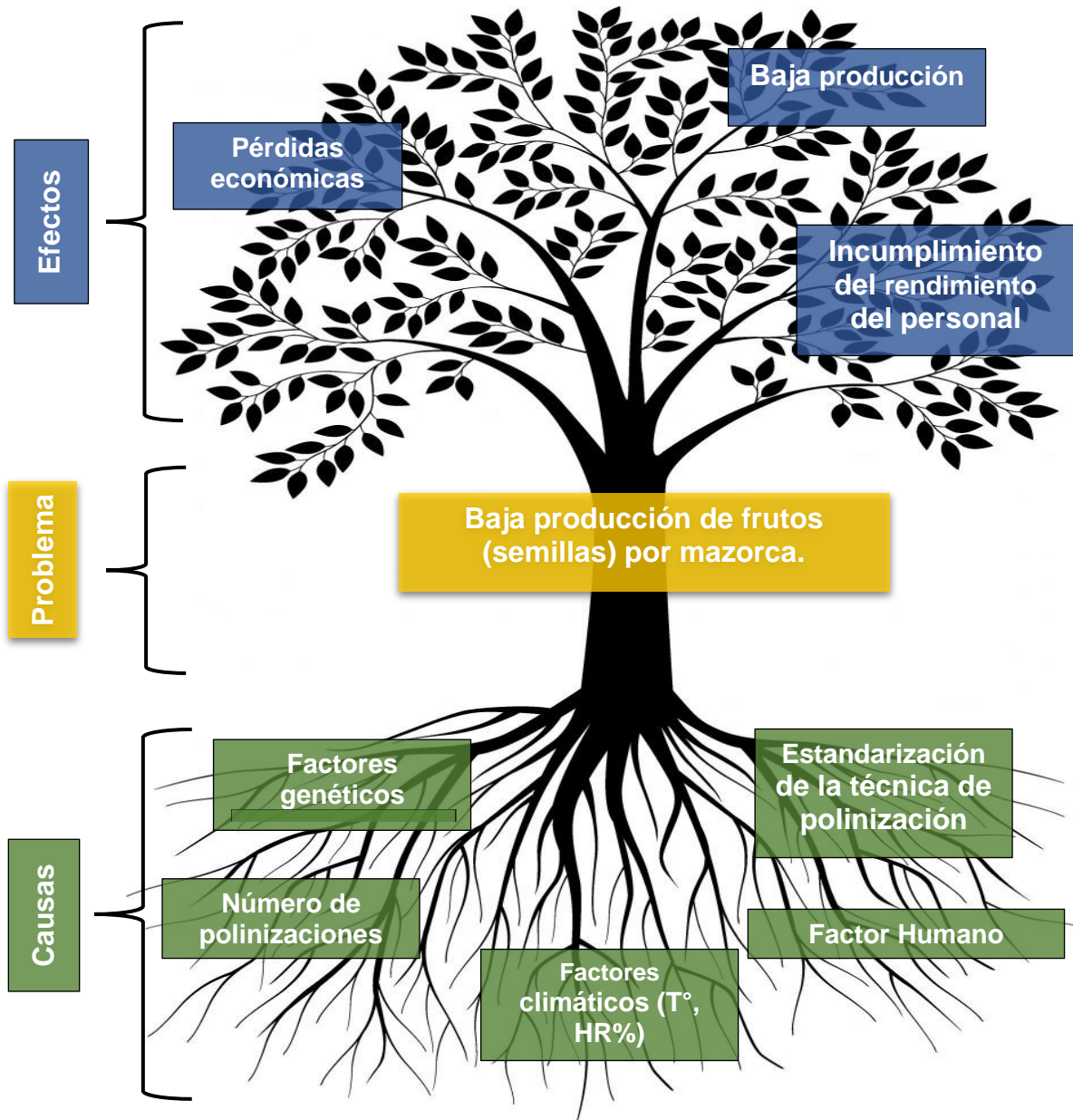
a. Análisis causa-efecto

De acuerdo con la figura 6, se establece que la no sincronización reduce el número de semillas por mazorca cosechada, así como el número de mazorcas, también afecta en las metas establecidas por la empresa, como también en el desempeño de cada colaborador. Principalmente en el aspecto económico.

Las causas que generan dicho problema son varias, pero, existen factores en el manejo de la polinización que pueden ser modificados para incrementar la producción. Dentro de los factores que pueden evaluarse son: horarios de polinización. Preparación de la inflorescencia femenina previo a la polinización. Así como técnicas utilizadas en la polinización.

B. Árbol de problema para la baja producción de frutos por mazorca

En la figura 7, se observa la importancia que tiene el número de frutos por mazorca y su efecto en la producción de semilla doble haploide de maíz.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 7. Árbol de problemas de baja producción de frutos por mazorca.

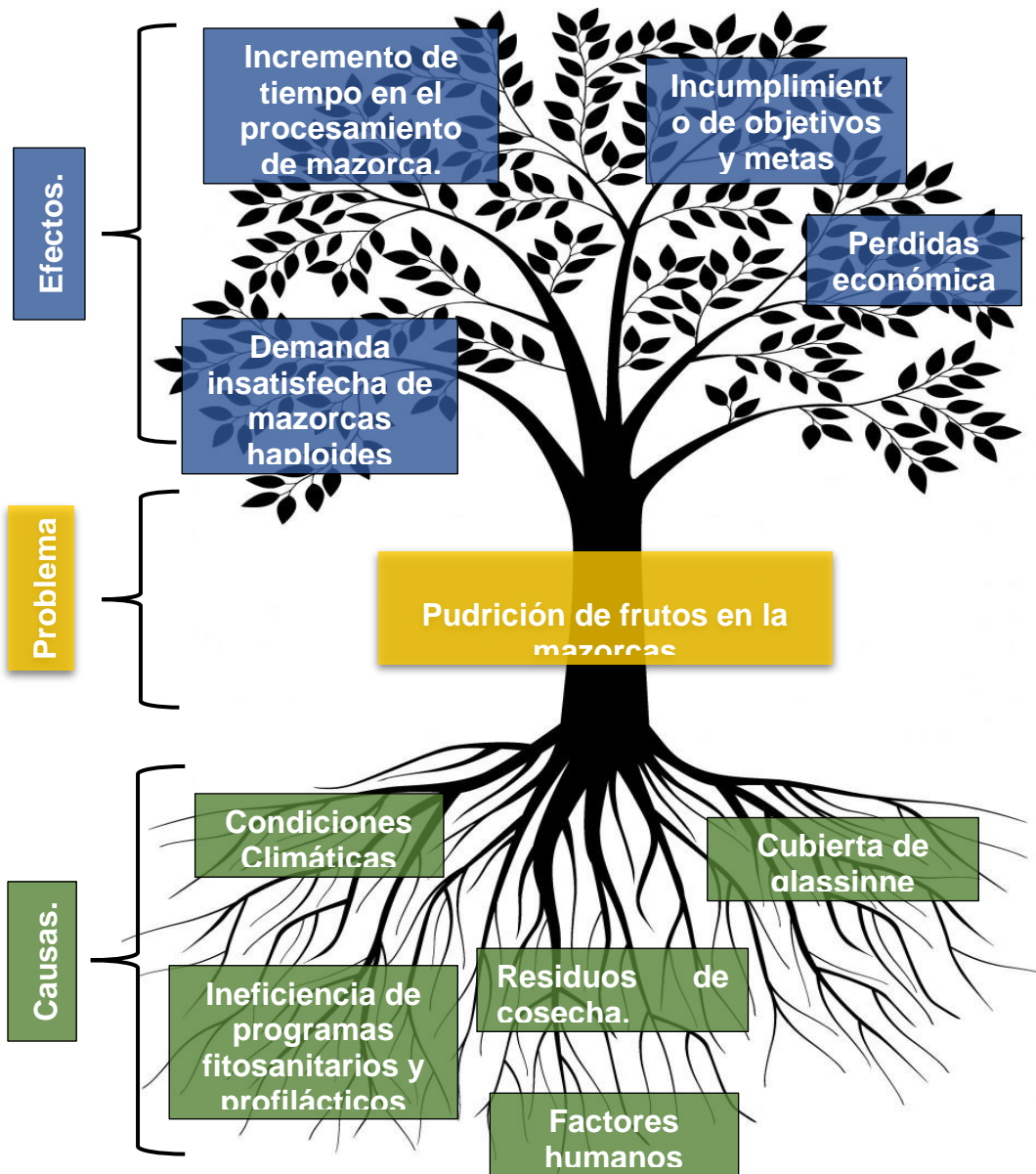
a. Análisis causa-efecto

Actualmente la media de frutos por mazorca es de 50. La baja producción de estos afecta considerablemente en el rendimiento del personal, desfavoreciendo el cumplimiento de metas de trabajo, también pérdidas económicas.

En la figura 7, se demuestran las causas que generan dicho problema, siendo varias, a continuación, se presentan las que se encontraron potenciales, principalmente factores previos a la polinización, se espera incrementar la producción al modificar los factores. Siendo los siguientes: horarios de polinización, preparación de la inflorescencia femenina previo a la polinización. Así como técnicas utilizadas en la polinización y número de polinizaciones durante el día.

C. Árbol de problema para la pudrición de mazorcas

En la figura 8, se aprecia los efectos que genera la pudrición de mazorcas, así como las causas en la actividad de producción de semilla doble haploide de maíz



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 8. Árbol de problemas de baja producción de frutos por mazorca.

a. Análisis causa-efecto

Anteriormente se menciona la media de la producción, con un valor de 50 frutos por mazorca. La pudrición de mazorcas desfavorece dicha variable productiva, las mazorcas al encontrarse muy dañada por hongos se descarta, desfavoreciendo el cumplimiento de metas de trabajo.

Las causas que generan dicho problema se observan en la figura 8, a continuación, se presentan las que se encontraron potenciales, principalmente factores post-polinización, debido que al cubrir la mazorca polinizada con glassine, con el objetivo de proteger de agentes contaminantes (polen de diferentes cultivares). Dicha a bolsa genera un microclima, favoreciendo la humedad dentro de la bolsa del glassine, dicha bolsa no transpira.

Además, los residuos de polen, que presenta alto contenido de nutrientes favorecen la inoculación del conjunto de hongos y por medio de los estigmas se transporta al interior de la mazorca. Para incrementar la producción, al modificar los factores, como: productos sistémicos, desinfección de suelo, utilizar cubiertas transpirables.

1.6.2 Matriz de priorización de problemas

Los problemas en la producción de dobles haploides se evaluaron en una matriz de priorización (cuadro 5), ordenados del más al menos importante, calificando aspectos de importancia en la producción, la frecuencia en los procesos productivos y factibilidad de solución durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), dando valores de 1 a 10 puntos a cada uno. La sumatoria de los parámetros (30 pts) de evaluación ayudara a identificar los problemas que pueden ser solucionados.

El siguiente cuadro presenta una matriz de los problemas planteados anteriormente con la finalidad de establecer el de mayor importancia.

Cuadro 5. Matriz de priorización de problemas

No.	Problema	Importancia en la producción DH (1-10)	Frecuencia del problema en la producción DH (1-10)	Factibilidad para la producción de DH (1-10)	Total
1	No sincronización al momento de la polinización	7	8	6	21
2	Identificación del número de polinizaciones	4	4	4	16
3	Pudrición de frutos por mazorca y mazorca	7	4	5	16
4	Relación de la temperatura y horarios para la polinización	4	4	4	16

Fuente: elaboración propia, 2018.

Con base a la matriz anterior se determinó que el problema de mayor impacto en el área de producción de dobles haploides dentro de la finca Esquejes S.A., propiedad de Syngenta,

es la baja producción de dobles haploides, debido a la no sincronización de los gametos masculino y femenino, este problema se puede manejar modificando ligeramente los factores previos a la polinización.

El segundo problema en importancia es la falta de un manejo integrado de plagas y enfermedades por lo que es necesario poder analizarlas, tomando en cuenta todos los factores que intervienen y así poder establecer prácticas ayuden a la disminución de los daños que estas ocasionan.

Finalmente se determinó que el tercer problema importante es la falta de departamentos establecidos dentro de la finca, tomando en cuenta los efectos que este presenta en la producción de ejote de ejote francés, se sugiere establecer una organización por departamentos dentro de la finca y poder mejorar los procesos en cada área.

1.7 CONCLUSIONES

Se identificaron los siguientes procesos en el área de producción de dobles haploides: Dentro de las actividades que se realizan: Preparación del suelo previo al trasplante (por medio del área de Agronomy), asilamiento de inflorescencia femenina, masculina, preparado de la inflorescencia femenina para la sincronización, polinización. En el manejo agronómico (riego, fertilización, aplicación de fungicidas) es ejecutado por el área de Agronomy.

Las problemáticas que afectan la producción de dobles haploides son: la no sincronización de los gametos masculino y femenino, número de polinizaciones indefinidas, pudrición de mazorcas, identificación del efecto de la temperatura y humedad relativa en el horario de polinización.

1.8 RECOMENDACIONES

1. Identificar los factores que intervienen al momento de la polinización y previo a dicha actividad.
2. Establecer el número de polinizaciones adecuados para mejorar la producción de dobles haploides.
3. Realizar investigación en la implementación de la actividad de preparado de inflorescencia femenina y su efecto en la producción de granos.

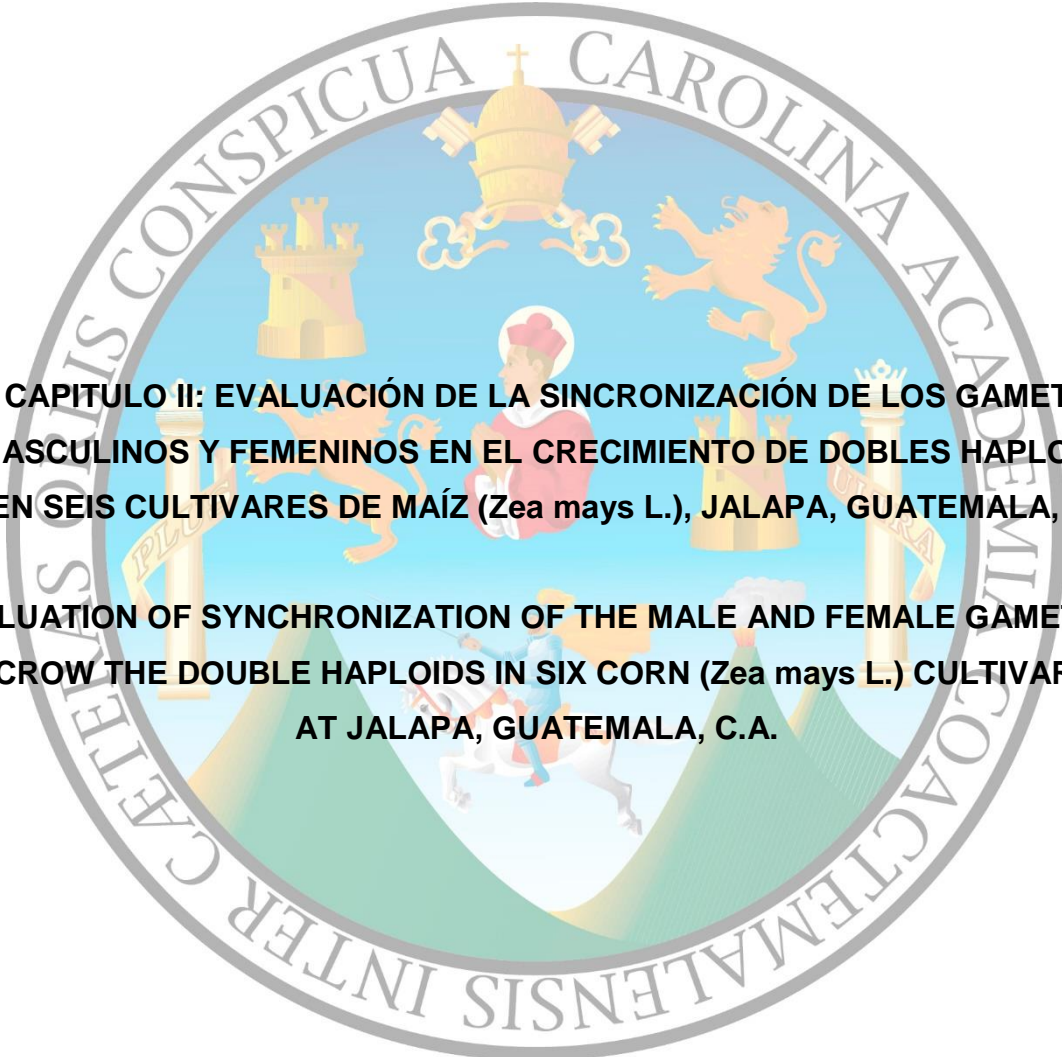
1.9 BIBLIOGRAFÍA

Jobet, C., Zuñiga, J., & Campos de Quiroz, H. (2003). Plantas doble haploides generadas por cruza intergenérica de trigo x maíz. *Agricultura Técnica*, 63(3). Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072003000300012

Syngenta, Centro de Investigación de Cultivos, Guatemala (CIC). (2017). Condiciones climáticas de finca Esques, S. A., Jalapa, Guatemala, (hoja Exel). Jalapa, Guatemala.

WikiGuate. (2016). *Jalapa*. Obtenido de Wikiguate: <https://wikiguate.com.gt/jalapa/>



The seal of the University of the Pacific, Costa Rica, is a circular emblem. It features a central figure of a woman in a red dress and white headscarf, holding a book. Above her is a golden crown with a cross on top. To the left is a golden castle tower, and to the right is a golden lion rampant. The background is a light blue sky with a green hill at the bottom. The seal is surrounded by a grey border with the Latin text "SOCIETAS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA SOCRATEM MALENSIS INTER CETERAS" in a circular arrangement.

CAPITULO II: EVALUACIÓN DE LA SINCRONIZACIÓN DE LOS GAMETOS MASCULINOS Y FEMENINOS EN EL CRECIMIENTO DE DOBLES HAPLOIDES EN SEIS CULTIVARES DE MAÍZ (*Zea mays* L.), JALAPA, GUATEMALA, C.A.

EVALUATION OF SYNCHRONIZATION OF THE MALE AND FEMALE GAMETS IN THE GROWING OF DOUBLE HAPLOIDS IN SIX CORN (*Zea mays* L.) CULTIVARS AT JALAPA, GUATEMALA, C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

El Centro de Investigación de Cultivos –CIC- de la finca Esquejes de SYNGENTA S.A. se dedican a una fase del mejoramiento genético de maíz, en un 90 % de sus actividades, utilizando la técnica de dobles haploides –DH-, con el objetivo de desarrollar líneas endogámicas, haciendo que el mejoramiento genético de maíz sea más eficiente por dos principales razones: reducción de tiempo en la producción de líneas endogámicas, en dos generaciones, provenientes de poblaciones segregan tés, lo que implica una rápida homogenización y estabilización genética en comparación del mejoramiento convencional. (Jobet, Zuñiga, & Campos de Quiroz, 2003; Prassana, Chaikam, & Mahuku, 2012)

Dentro de la empresa esta metodología se desarrolla en cuatro fases: 1) inducción in vivo de haploidía; 2) identificación, selección y duplicación de cromosomas haploides; 3) aclimatación de las doble haploides; 4) incremento de dobles haploides, para la generación de semillas endogámicas.

El problema en dicha tecnica de mejoramiento genetico, repercute en el incremento de plantas dobles haploides, debido a que en la fase de duplicacion cromosomica, donde se define la fertilidad de dicho individuo, las células reproductivas no logran duplicarse, esto da origen al problema de esterilidad y sincronización. La sincronizacion es un factor desconocido para el área de incremento de dobles haploides, para dicha evaluacion se considero tomar en cuenta factores: climaticos (temperatura y humedad relativa), reproductivos (viabilidad de polen y receptividad de estigmas), manejo de polinización manual (momento de aislar el polen y preparación de la inflorecencia femenina), para mejorar la producción de frutos por mazorca y número de mazorcas.

Actualmente la polinización inicia desde las 8:00 horas y finaliza a las 14:00 horas donde las condiciones climáticas no son favorables para esta actividad (Sanchinel, 2018). A causa de esto surge la necesidad de evaluar diferentes horarios para la polinización y días después del preparado de la inflorecencia femenina de maiz, para establecer un

momento adecuado en la polinización y fecundación, además se evaluarán 6 cultivares de maíz.

La investigación sugiere que al realizar la polinización el día 3 despues de la actividad de preparado se obtiene una mayor eficiencia en la producción de mazorcas, en el día 3 y 4 se obtuvo un mayor número de frutos por mazorca, así mismo se demuestra que la temperatura alta disminuye considerablemete la produccion de frutos por mazorca.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 El cultivo de maíz

Mesoamérica se considera centro de origen del cultivo de maíz, a nivel mundial la diversidad genética es amplia, ya que existen más de 250 razas clasificadas y 10,000 en bancos de germoplasma, en Guatemala se han clasificado 13 razas, que van desde 1 m de altura, con 8-9 hojas y madurez de 60 días hasta plantas de 5 m de altura, con 40-42 hojas, de 340 días de madurez. Dicho cultivo es una gramínea, monoica debido que presenta inflorescencia masculina en el parte superior conocido como panoja y femenina en la parte inferior lateral conocida como mazorca (espiga); protándrica donde el sexo masculino madura antes que la inflorescencia femenina, de polinización libre y cruzada, fruto denominado cariósipide y presenta metabolismo fotosintético C4. (Fuentes López, 2002 & DuPont, 2015).

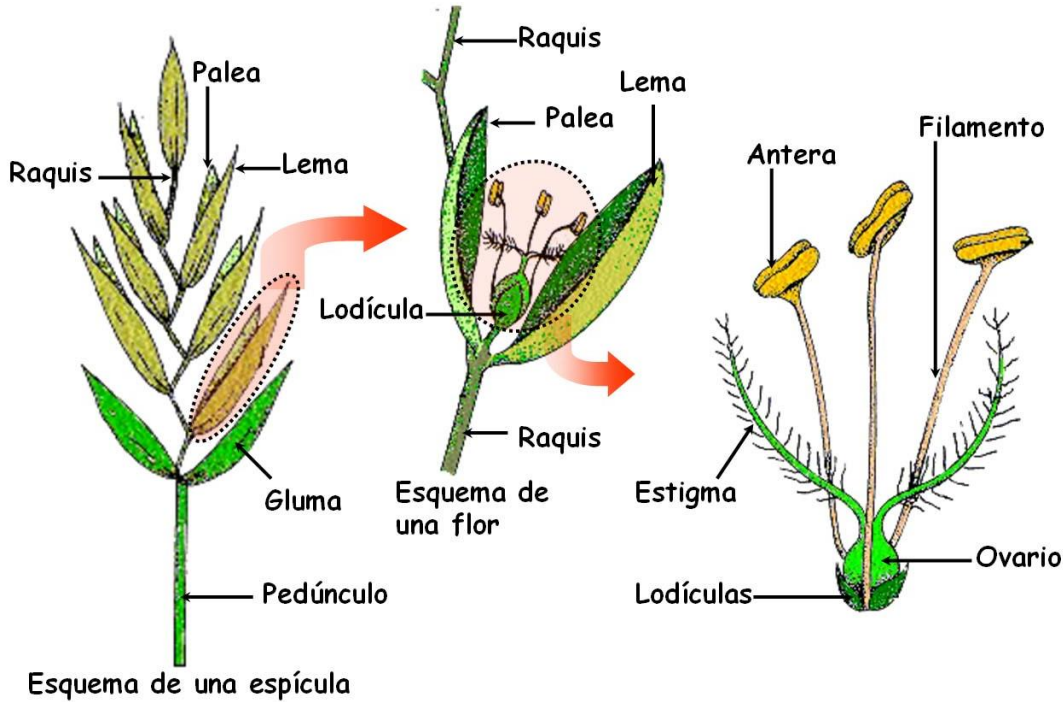
2.2.2 Crecimiento y desarrollo del maíz

El crecimiento del cultivo de maíz se comporta de diferente manera, dependiendo de las condiciones de humedad, temperatura, nutrientes, radiación solar, entre otros, y dicho crecimiento disminuye cuando las condiciones no son adecuadas; mientras que el desarrollo es el paso de una etapa a otra. (DuPont, 2015). La germinación, floración y madurez fisiológica delimitan las fases vegetativas, reproductiva, la duración de cada una de estas fases depende del genotipo, del fotoperiodo y de la temperatura entre otros. (Bolaños y Edmeades, 1993 y Fuentes López, 2002)

A. Fase vegetativa

Empieza desde la emergencia (VE), primera hoja (V1), segunda hoja (V2), enésima hoja (V(n)), hasta la aparición de la panoja (VT), en la figura 1 se presenta la morfología de la inflorescencia masculina (panoja); luego viene la etapa reproductiva (DuPont, 2015). Esta fase empieza desde la germinación la emergencia, principalmente se expande el follaje

y se forma la capacidad fotosintética del cultivo, la biomasa total producida por el cultivo está altamente correlacionada con el tamaño final de la mazorca. Relación conocida como el índice de cosecha. (Bolaños y Barreto, 1991 & Fuentes López, 2002)



Fuente: tomado de Gutiérrez, (2017).

Figura 1. Morfología de la inflorescencia masculina.

B. Fase reproductiva

Se define cuando los órganos reproductivos se encuentran listos para dicha función, en esta fase se realiza la polinización y fecundación, iniciando cuando se define la aparición de los estigmas (R1), pasando por el estado de los granos en forma de blíster (R2), seguido por el grano lechoso (R3), posteriormente a grano pastoso (R4), grano dentado (R5), grano maduro (R6) y finaliza hasta la madurez fisiológica. El peso del grano está correlacionado con la duración y la cantidad de radiación interceptada durante la fase y es afectada por estrés hídrico y nutricional. (Fisher y Palmer, 1984 & Fuentes López, 2002 y DuPont,

2.2.3 Requerimientos edafoclimáticos para el crecimiento del cultivo de maíz

El cultivo de maíz necesita condiciones para favorecer su germinación, iniciación floral, madurez fisiológica y cada una de estas etapas varían de acuerdo con el genotipo, fotoperiodo y la temperatura. (Fuentes López, 2002)

A. Influencia del fotoperiodo

De acuerdo con el fotoperiodo el cultivo de maíz se clasifica como una planta de días cortos, esto significa que en la fase reproductiva pueda atrasarse al sobrepasar el valor mínimo del fotoperiodo necesario, mientras que el maíz tropical, el fotoperiodo varía de 13 h a 14 h de luz y estos cultivares son muy sensitivos dado que la ausencia de dicha etapa retarda la floración. (Bolaños & Edmeades; 1993 & Fuentes López, 2002).

B. Requerimiento de agua

La disponibilidad de agua en cantidades necesarias aumenta las posibilidades para desarrollarse adecuadamente y potenciar el rendimiento. El requerimiento de agua está en función del desarrollo fenológico del cultivo, como se detalla en el cuadro 1. (Fuentes López, 2002)

Cuadro 6. Requerimiento hídrico (mm) de maíz.

Cultivo	Fase			
Maíz	Vegetativa	Floración	Reproductiva	Total (mm)
Lamina de riego (mm)	300	200	200	700

Fuente: Tomado de Fuentes López, (2002).

Un desbalance en la falta de agua afecta la producción de grano, retardando la floración, la producción de estigmas y una baja cantidad de formación de granos. La reducción de

agua en el cultivo durante la prefloración, floración y post floración genera pérdidas de 25 %, 50 % y 21 %, respectivamente. (Fuentes López, 2002)

Heisey & Edmeades, (1999); Fuentes López, (2002), indican que el momento crítico de estrés de sequía es entre los 7 días antes de la floración y 15 días posterior a esta, para un total de 22 días críticos, también reportan que la producción de granos llega a reducirse hasta en un 45 %.

C. Influencia de la temperatura

El desarrollo de maíz varía mucho en cuanto a altitud sobre el nivel del mar, ya que se encuentra relacionada con la temperatura, en el altiplano se presenta temperaturas promedio de 18 °C, mientras que el trópico de 25 °C, con extremos de 35 °C a 40 °C. Cuando la temperatura pasa los 35 °C durante la fase reproductiva, la planta entra en estrés disminuyendo su tasa fotosintética, por tal motivo repercute de forma negativa en la producción de óvulos y reduce la viabilidad de polen, que afecta considerablemente el llenado de granos y se refleja en la pérdida de rendimiento. (Fuentes López, 2002)

D. Requerimiento de suelo

Las dificultades se presentan en suelos pesados, debido a su facilidad a inundarse, el maíz se puede cultivar en pH 6 y 7, ya que al incrementar o disminuir, afecta la disponibilidad de nutrientes, con un pH inferior a 5.5 existen toxicidades de los elementos aluminio (Al) y manganeso (Mn), con deficiencias de fósforo (P), y magnesio (Mg). Los suelos que presenta pH por encima de 7.9, principalmente suelos calcáreos, presenta carencias de hierro (Fe), Mn y zinc (Zn), el cultivo de maíz presenta resistencia a sales en el suelo así como en el agua, tolerando un contenido de sales totales solubles de 0.50 % en el suelo, o bien, 15 g/l en la solución del suelo y mueren cuando las concentración alcanza valores de 1.15 % o 43 g/l. Respectivamente.

2.2.4 Mejoramiento en cultivo de maíz

De acuerdo con Kandus, (2014), el mejoramiento del cultivo de maíz se realizó por primera vez en Estados Unidos, a inicios del siglo XX aprovechando el fenómeno de heterosis. La heterosis se refiere al aumento en la expresión de distintas características; como puede ser el rendimiento del grano, la tolerancia a sequía, o plagas y enfermedades entre otras. Estas características se manifiestan en la crucea respecto a sus líneas parentales; dicho fenómeno reduce su potencial con la polinización abierta. Actualmente se sigue haciendo uso del fenómeno de heterosis para el mejoramiento del maíz.

2.2.5 Obtención de líneas puras por método convencional

Según Arcos, (2014), consiste en la autofecundación de plantas seleccionadas en campo, (plantas S0) y las semillas que se producen denominadas S1; que al sembrarlas producen plantas S1, que al ser auto fecundadas producen semillas S2; si este proceso se

2.2.6 Línea pura

Se define como la descendencia de una planta única obtenida por autofecundación. Los descendientes de una misma línea pura tienen el mismo genotipo y las variaciones que se puedan dar, serán solamente por condiciones ambientales. (Lorenzo, 2008)

De acuerdo con Sbarbaro, (1989), una línea pura se refiere a aquellas plantas en donde la herencia es constante, o que, al sembrar la semilla parental, la descendencia tendrá características físicas de la planta y rendimiento muy similares a la de la progenitora. De esta manera se asegura que cada vez que se realice el mismo proceso de cruzamiento entre líneas puras distintas (hibridación), se obtendrá el mismo híbrido. Esto indica que

se obtendrá la misma capacidad de producción, adaptabilidad entre otras características de interés.

2.2.7 Híbrido

Un híbrido de maíz se produce cuando el polen de una línea endogámica se usa para polinizar los estigmas de otra línea endogámica. Una vez que ocurre esto, se produce la heterosis o vigor híbrido. Las plantas producidas a partir de las semillas híbridas suelen ser más resistentes y con características mejoradas, lo que incluye un mayor rendimiento del grano. Cuanto menos relacionadas están las dos endogamias, más heterosis se produce. La producción de semillas híbridas depende del uso de las líneas endogámicas, que se desarrollan mediante la autopolinización de estigmas por el polen producido en la misma planta. Este proceso se repite a lo largo de varias generaciones, hasta que la línea endogámica se considera genéticamente pura y lo más homocigótica posible. (DuPont, 2015)

2.2.8 Plantas haploides

Los haploides son organismos que poseen un solo juego de cromosomas, es decir esporofitos que poseen un número de cromosomas igual al del gametofito, se pueden llamar monoploides. (Arcos, 2014). Existen dos tipos de haploides, los que derivan del gameto masculino o llamados también haploides androgenéticos y los que derivan del gameto femenino o haploides ginogenéticos. (López, 2014)

2.2.9 Individuo doble haploide

Cervantes y Vázquez (2015), mencionan que un individuo doble haploide (DH) hace referencia a un genotipo que se forma a partir de un individuo haploide (un solo juego de cromosomas), cuando experimentan un proceso espontáneo o inducido artificialmente, de duplicación cromosómica.

2.2.10 Tecnología de dobles haploides de maíz

La tecnología de dobles haploides en el mejoramiento genético se basa en la inducción artificial de haploidía mediante un agente antimitótico y este método es eficiente para acortar el ciclo del mejoramiento genético de maíz de manera considerable, ya que hace posible la obtención de líneas homocigotas de forma rápida, en comparación de los métodos convencionales que tardan de 6 a 8 generaciones para la obtención de líneas con un 99 % de homocigosis. (Prassana, Chaikam, & Mahuku, 2012)

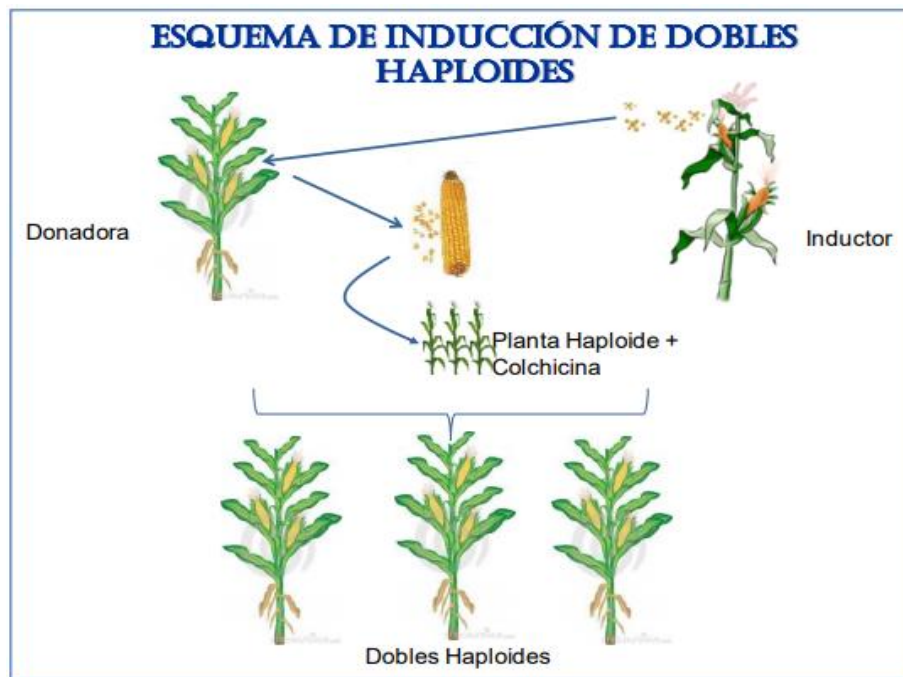
A. Proceso de inducción de haploidía

En el proceso de inducción de haploides el inductor de haploidía o el progenitor masculino producen granos de polen que al momento de la fecundación no participa en la recombinación genética, ya que no fertiliza el óvulo de la planta femenina, aunque si fertiliza los núcleos polares y así forma el endospermo que será utilizado como fuente de energía del embrión, produciendo un endospermo normal o $3n$ y un embrión haploide o n con un genoma homocigoto femenino.

En el caso de que estas semillas que resulten del procesos de inducción de haploidía se sembraran, las plantas resultantes serían estériles, debido a que no pueden formar gametos regulares, por lo que se hace necesario restaurar el juego de cromosomas

completo diploide ($2n$), haciendo uso de sustancias que suprimen la primera división mitótica que inhiben la formación del huso acromático como la colchicina, que es el más utilizado; así también el amiprofos-methyl ambos presentan una eficiencia del 70 % y en menor proporción la trifuralina y la orizalina. (Arcos, 2014)

La producción de haploides resulta en un porcentaje de 2.3 % y hasta un 14 % reportado, produciendo haploides gino-genéticos. (López, 2014 y CIMMYT, 2012). En la figura 2, se explica el proceso realizado para la obtención de plantas dobles haploides, desde la inducción de haploidía por medio de la planta masculina, hacia el germoplasma y la duplicación cromosómica por medio de colchicina (agente antimitótico).



Fuente: Arcos, (2014).

Figura 9. Esquema de inducción de haploidía en cultivo de maíz.

Luego de obtener las plantas DH se llevan a campo para realizar el incremento de la semilla doble haploide, con un 100 % de homocigosis y de esta forma se asegura la disponibilidad de semilla para ser utilizada en programas de mejoramiento. El resultado será diferentes cantidades de semillas con embrión maternal haploide y un endospermo

normal triploide. Un grano resultante de la inducción haploide presentará pigmentación en el endospermo o corona ya que es normal triploide y un escutelo no pigmentado en el caso de un grano normal o F1, tendrá pigmentación tanto en el endospermo o aleurona como en el embrión o escutelo. (Geiger, 2009 y Arcos, 2014)

Para el mecanismo de inducción de haploidía en vivo a pesar de que no se conoce aún el mecanismo de producción de plantas haploides, se considera que solo uno de los núcleos espermáticos funciona correctamente, por lo que existe una probabilidad del 50 % de que este núcleo fertilice al óvulo y 50 % de probabilidad que fertilice a los núcleos polares del saco embrionario, de esta manera se produce una semilla con embrión haploide (n solo genoma materno) y endospermo triploide ($3n$ con genoma del progenitor masculino y femenino). El genoma de los embriones haploides debe de ser duplicado mediante el uso de colchicina para producir plantas doble haploides (DH) todas las semillas que se producen por cada planta DH son iguales y al ser sembradas se producirá semillas DH1, que se pueden utilizar para la formación de híbridos y sintéticos comerciales. (Arcos, 2014)

B. Ventajas

Dentro de las ventajas que presenta la implementación de dicha tecnología se encuentra: reducir de manera considerable el ciclo de mejoramiento al permitir obtener líneas completamente homocigotas en dos generaciones; lograr una mayor eficiencia y precisión en la selección de caracteres deseados cuando se combinan técnicas de marcadores moleculares; acelera la creación de productos ya que permite conjuntar de manera piramidal los alelos favorables de caracteres poligénicos que influyen en la productividad y en la resistencia del maíz al estrés; estos caracteres son difíciles de combinar en germoplasma adaptado utilizando las prácticas fitotécnicas actuales. (Prassana, Chaikam, & Mahuku, 2012)

C. Desventajas

Las plantas dobles haploides de maíz derivadas mediante inducción in vivo y duplicación cromosómica suelen ser débiles y vulnerables a estreses ambientales, como el calor excesivo, humedad, plagas de insectos y las enfermedades. (Prassana, Chaikam, & Mahuku, 2012)

2.2.11 La polinización

Según Robles, (1987) y Vásquez, (2016), “la polinización, es el arribo del grano de polen ya sea natural o de forma artificial al gineceo de la flor con posterior fecundación o sin ella”.

2.2.12 La fecundación y doble fecundación

El proceso en el cual se fusiona el gameto masculino con el femenino, para formar el cigoto, se conoce como fecundación. Técnicamente, la polinización casi siempre es exitosa, pero la fecundación fallida (es decir, falta del tubo polínico, falla de del estigma, muerte del polen) no dará como resultado un grano. La germinación del grano de polen ocurre minutos después de que un grano de polen cae sobre un estigma receptivo. El tubo polínico comienza a desarrollarse y a crecer dentro del estigma, dicho tubo polínico contiene el material genético masculino, para fertilizar el óvulo dentro de las 24 h. (Vásquez, 2016 y Nielsen, 2016)

El estigma es la porción del pistilo receptiva del polen, en esta es donde la superficie estigmática reconocerá, por reacciones bioquímicas el tipo de polen que está arribando a su superficie y se le permitirá o no germinar (emisión del tubo polínico).

La superficie estigmática retiene el polen, este germina sobre el estigma y un tubo polínico crece a través del estilo y penetra el óvulo por el micrópilo, luego se genera dos células germinales macho, llamado núcleos generatrices o espermias y se mueven a través del tubo polínico y son descargados en los sacos embrionarios que contiene ocho nucléolos: sinérgidas, tres antipodales y dos nucléolos polares. Uno de los machos se fusiona con el huevo para forma un cigoto ($2n$) y es aquí donde ocurre la fertilización y fecundación, el otro núcleo se une con los núcleos polares dando origen al endospermo, da origen a la **doble fecundación**. (Vásquez, 2016)

Diferentes estudios de investigación han demostrado que, un mínimo de cinco granos de polen debe de adherirse a los estigmas y germinar para garantizar el éxito de transportarse hasta el óvulo, después de ser fecundado impide el ingreso de otros granos de polen y luego el estigma se desprende. (DuPont, 2015)

2.2.13 Emergencia de panoja y liberación de polen

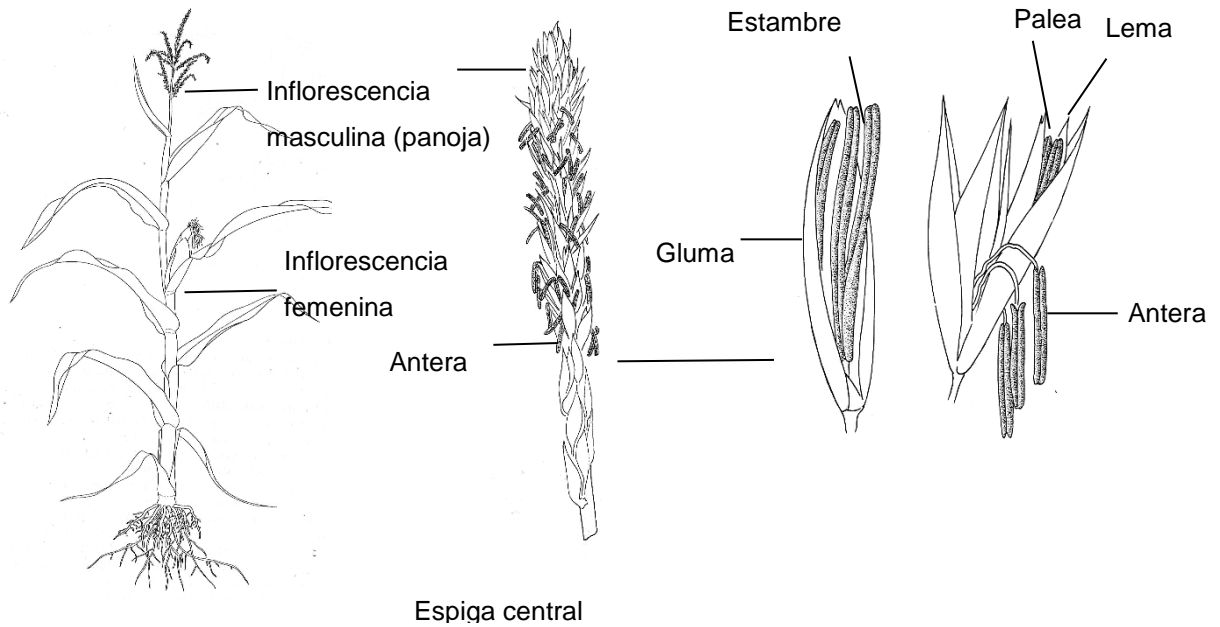
El maíz tiene flores masculinas y femeninas en la misma planta, denominado monoica, inicialmente las flores son hermafroditas (“perfectas”), pero durante el desarrollo el gineceo aborta sus flores estaminadas y el androceo aborta sus flores pistiladas, dando como resultado el desarrollo de la panoja y la flor femenina comúnmente denominado “jilote”. (Nielsen, 2016). La seda que técnicamente es el conjunto de estigmas y estilos, cada estigma y estilo conecta a un óvulo. (Nielsen, 2016).

Los estigmas y estilos se alargan desde los óvulos aproximadamente en la etapa de la hoja V12, 10 d a 14 d de la etapa R1. El alargamiento del estilo y estigma avanza en secuencia acropetal de la seda, la emergencia de la seda se completada cuatro a ocho días después de que los primeros estigmas emergen, crecen hasta 1.50 in/día, entre el primer día y el segundo, luego disminuye. El alargamiento de la seda se inhibe al arribo del polen, cuando germinan penetrando la seda y se alarga hacia el ovulo. La fecundación exitosa ocurre en entre los primero 4 a 5 días de la aparición. La temperatura

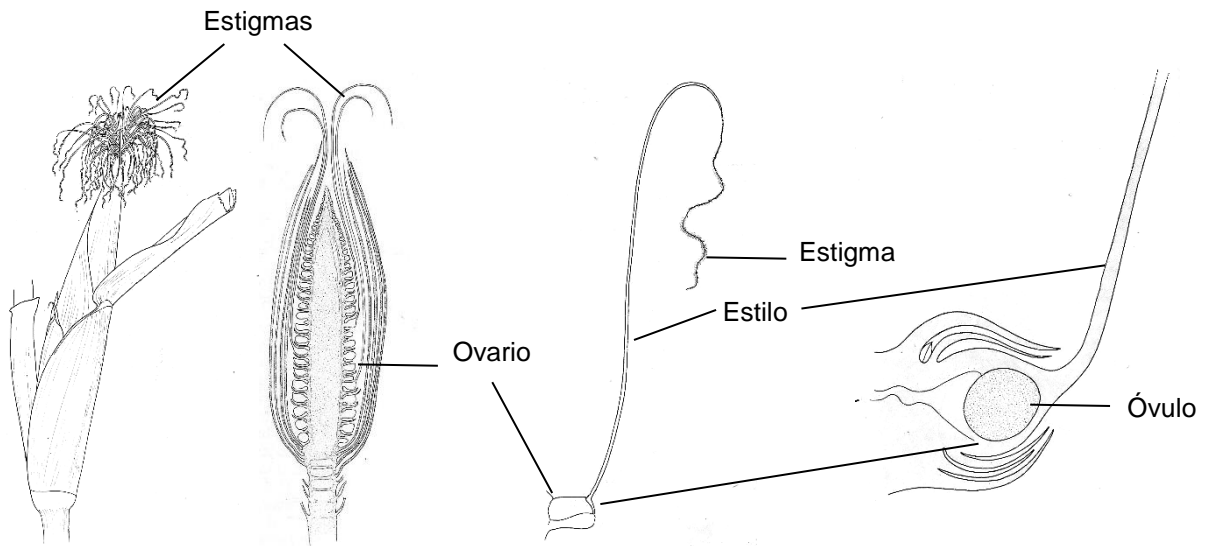
relativamente fría, clima nublado y amplia humedad del suelo promueve el alargamiento de los estigmas (Nielsen, 2016 y Nielsen, 2015).

La panoja inicia cuando la última hoja está completa en su desarrollo, sin emerger, están recubiertos por una membrana externa muy delgada lo cual los hace vulnerable a la temperatura junto con la humedad relativa ya que se deshidrata fácilmente, lo cual hace que permanezca viable durante 20 min aproximadamente, el polen de una antera puede ser liberado en tan solo 3 min y esta liberación puede reducirse cuando la temperatura supera los 30 °C. Las condiciones climáticas influyen en la liberación de polen, ya que, si las anteras están húmedas, los poros no se abrirán y no existirá liberación de polen. Así mismo el polen no se desprende en condiciones de lluvia, temperaturas bajas y alta humedad en el ambiente y en condiciones cálidas y secas aceleran la eliminación del polen. En temperaturas 37 °C arriba del polen ya no es viable. (Nielsen, 2016 y DuPont, 2015)

En la figura 10 y 11 se representa los dos tipos de inflorescencia, así como la identificación de sus componentes antes descritos.



Fuente: tomado de Mackean & Mackean, (2004).
 Figura 10. Esquema de la inflorescencia masculina del cultivo de maíz.



Fuente: tomado de Mackean & Mackean, (2004).
 Figura 11. Esquema de la inflorescencia femenina de la planta de maíz.

2.2.14 Sincronización de los gametos

La sincronización de acuerdo con De Jader, Roux, & Khün, (2004), se define como el intervalo entre el inicio de la liberación de polen por las anteras y la aparición de los estigmas, el conjunto de estigmas y estilos es nombrado comúnmente seda. Así mismo son receptivos en toda su longitud y su crecimiento se detiene al momento de ser polinizados.

Una de las razones del fracaso de la fecundación es que la planta de maíz es de naturaleza protándrica, ya que la aparición de seda se retrasa y el desarrollo de polen se produce a una velocidad normal o avanzada (con 2 a 3 días de anticipación), de modo que el conjunto de estigmas y estilos no se han desarrollado aun cuando se libera el polen, lo que da como resultado poco o ninguna semilla. (De Jader, Roux, & Khün, 2004)

En diferentes estudios se ha demostrado que la aparición de estigmas se retrasa cuando las plantas están expuestas al estrés hídrico y esto también da como resultado polen asincrónico, cuando el intervalo es más largo a cuatro días. La aparición de seda tardía esta relación con bajo rendimiento, lo cual se confirma por una evaluación por Bolaños y Edmeades (1993); De Jader, Roux, & Khün, (2004), donde se ha demostrado que la aparición de seda tardía bajo estrés de sequía se correlaciona en un 90 % en la disminución del rendimiento evaluado por Bolaños y Edmeades, (1993).

Si el polen se desprende más de siete días después de la floración femenina, puede producirse una mala germinación a medida que las sedas experimentan senescencia y los tubos de polen no llegan a los óvulos. Por lo general, esto no ocurre en condiciones normales, debido a que las sedas son polinizadas dentro de uno o dos días después de su emergencia. (De Jader, Roux, & Khün, 2004)

2.2.15 Fisiología del polen y estigmas

El polen de maíz es una estructura trinuclear, formado por una célula vegetativa, que formara el tubo polínico y dos núcleos generatrices, uno fecunda la oosfera para formar el cigoto y el otro los núcleos polares que generan el endospermo. Cada grano de polen contiene numerosos granos de almidón, posee una pared gruesa, de dos capas, la exina y la intina, siendo bastante resistente. La liberación de polen ocurre un periodo de una semana a más días a causa de la maduración asincrónica de las espigas y al desarrollo entre las florecillas superiores e inferiores en las espiguillas masculinas. Cada grano de polen tiene un diámetro aproximado de 102 micras (μ), y pierde la viabilidad a consecuencia de cambios de temperatura y humedad relativa en el ambiente. (Paiwall, Granados, Lafitte, & Violic, 2001)

Los estigmas son la prolongación del canal del estilo de los óvulos maduros en la mazorca, estos pueden tener un largo de 30 cm o más, hasta llegar al extremo de las brácteas del jilote y continúan creciendo hasta que son polinizados. Los estambres están cubiertos por tricomas colocados en ángulo abierto con el estambre, los cuales se encargan de la recepción de los granos de polen. (Paiwall, Granados, Lafitte, & Violic, 2001)

El desarrollo de las inflorescencias femeninas y de los óvulos en la mazorca es de la base hacia arriba, denominado acropétalo. El desarrollo de los pistilos, en promedio es de 4 d a 5 d para completar la emisión de sus estilos; éstos, a su vez, pueden lograr un crecimiento diario de 2.5 cm a 3.0 cm, hasta que son receptivos y listos para ser polinizados. (Paiwall, Granados, Lafitte, & Violic, 2001)

Los estigmas receptivos son húmedos y pegajosos y el grano de polen germina inmediatamente después de alojarse en ellos. El largo tubo polínico necesita 24 h para recorrer todo el estilo y alcanzar el óvulo para fertilizarlo. El proceso de polinización y fertilización en el maíz ocurre durante los días más cálidos del período de crecimiento. A causa de la variabilidad del tiempo en la temporada lluviosa en los trópicos, la duración

del período de polinización es mayor que bajo condiciones de irrigación, pero el tiempo cálido y húmedo no afecta negativamente ni la polinización ni la fertilización. Sin embargo, el tiempo cálido y seco afecta adversamente a los pistilos, los cuales se secan fácilmente dañando el crecimiento del tubo polínico y la fertilización. (Paiwall, Granados, Lafitte, & Violic, 2001)

Contrariamente a lo que comúnmente se cree, la planta de maíz no presenta verdadera protandria, anteras que alcanzan la madurez antes que el gineceo, ya que el gineceo madura y los pistilos son receptivos antes de aparecer fuera de las hojas de cobertura. Las anteras de las espiguillas de la parte superior de la panoja salen de las glumas y comienzan a dejar caer polen antes que los estigmas emerjan por encima de las hojas de cobertura. Bajo condiciones óptimas para el crecimiento de la planta, el intervalo entre la antesis y la salida de los estambres (ASI) es de uno o dos días. En cualquier condición de estrés de crecimiento de la planta, el intervalo del ASI aumenta. (Paiwall, Granados, Lafitte, & Violic, 2001)

2.2.16 Viabilidad de polen y receptividad de estigmas

En las polinizaciones cruzadas sigue siendo muy importante el estudio de la viabilidad de polen y receptividad de estigmas. Ya que la viabilidad de polen depende de varios factores, por ejemplo: de la especie con la que se trabaja, además, cuando se trabaja para mejoramiento genético se ve influenciada por los efectos de la endogamia que resulta en células homocigóticas, dando origen a la pérdida de aptitud biológica (vigorosidad, sobrevivir y reproducirse), generando lo que se conoce como depresión endogámica debido a que los alelos recesivos perjudiciales se expresan por la pérdida de variación genética. Por lo que se ha avanzado en la fisiología del grano de polen y estigmas, lo que ha determinado gran variabilidad. (Stone, Thomson, & Dent-Acosta, 1995)

A. Receptividad de estigmas

De acuerdo con Heslop-Harrison & Shivanna, (1977); Masierowska & Stpiczynska, (2013), los estigmas de las angiospermas se clasifican en base a la presencia ("tipo húmedo") o ausencia ("tipo seco") de un exudado en la superficie estigmática; el estigma "tipo seco" en lugar de tener exudados líquidos, la superficie estigmática se cubre con una capa extracuticular hidratada que se compone de conformada por glicoproteínas, carbohidratos, enzimas (esterasa, fosfatasa ácida, ATPasa), y lípidos que median la hidratación polen (Masierowska & Stpiczynska, 2013). Las gramíneas (maíz, arroz y avena) que son polinizadas por el viento, poseen estigmas tipo seco, estos estigmas poseen celular receptivas en los tricomas, además los estigmas secos se presentan generalmente en especies con polen trinucleado. (González & Arbo, 2002)

Las propiedades de la película, como el grosor, el patrón, y la distribución, pueden afectar la duración del periodo de receptividad mediante la conservación de humedad, en algunos casos puede regular el suministro de agua a los granos de polen. (Lolle & Pruitt 1999; Heslop-Harrison, 2000; Masierowska & Stpiczynska, 2013).

El éxito de la fecundación en procedimientos de autopolinización o polinización en angiospermas depende del grado de receptividad del estigma y de acuerdo con (Stone, Thomson, & Dent-Acosta, 1995, Dafni & Motta Maues, 1998), las evaluaciones de polinización artificial deben ir acompañado de pruebas sobre el momento y la duración de receptividad de estigmas. Por lo tanto, varias investigaciones se centran en métodos confiables y prácticos para estimar la receptividad estigmática, así mismo estas investigaciones se basan en estigmas tipo húmedo. (Masierowska & Stpiczynska, 2013).

La receptividad estigmática es de bastante importancia en la maduración de la flor para la reproducción, además está relacionado con la tasa de polinización y/o autopolinización, en la fecundación de gametos, importancia para los polinizadores e investigadores (Stone, Thomson, & Dent-Acosta, 1995).

B. Viabilidad de polen

La viabilidad de polen es importante para diferentes estudios, ya que por medio de este factor se puede conocer sobre: fertilidad y exposición a ciertas condiciones, interacción estigma-polen que es de nuestro interés en este estudio, así mismo se puede utilizar, para almacenamiento de polen, dispersión, programas de germinación, mejoramiento genético (Stanley y Linskens, 1974; Heslop-Harrison, Heslop-Harrison y Shivana, 1984; Heslop-Harrison, 1992; Dafni, 1992, Mulugeta et al., 1994; Shivana y Rangaswamy 1992: 33) citado por (Dafni & Firmage, 2000a).

La viabilidad de polen puede ser definida como la capacidad de vivir, germinar o desarrollar, pero este término puede variar, ya que si se encuentran granos de polen viable pero no siempre germinan, por condiciones inadecuadas, o puede germinar, pero no fertilizar por incompatibilidad. Este término puede variar de acuerdo al escenario de estudio, ya que se puede describir la viabilidad en función de la germinación en los estigmas, germinación in vitro, procedimiento de tinción y semillas después de polinizado (Dafni & Firmage, 2000a). Por tanto, el uso de términos refleja una medición real “germinación” o “porcentaje de fertilización”.

La terminología sugiere utilizar el término viabilidad de polen ya que se basará en la actividad enzimática presente y la integridad de la membrana, esto de acuerdo con (Lincoln, et al., 1982; Dafni & Firmage, 2000a).

La temperatura baja mantiene la capacidad de mejorar la germinación en comparación de las altas temperaturas de acuerdo a los estudios realizados por (Roemer, 1915; Stanley & Linskens, 1974), estos estudios habían empezado a finales del siglo XIX. También estudios han demostrado la influencia de la humedad relativa ya que algunos taxones se ven favorecidos por HR % altas, otros se ven desfavorecidos y viceversa. Otro factor determinante es la atmósfera en la cual se expone el polen. (Stone, Thomson, & Dent-Acosta, 1995; Stanley & Linskens, 1974)

La humedad relativa influye en la longevidad del polen, además es difícil establecer un dato óptimo, aunque con las investigaciones se ha determinado una correlación negativa con la humedad relativa. La longevidad del polen es mejor cuando están de 6 % a 60 %. (Stone, y otros, 1995)

Las gramíneas son la excepción cuando se trata de deshidratación del polen, ya que este pierde viabilidad a altas temperaturas y baja humedad relativa. (Dafni & Firmage, 2000b) & (Stone, y otros, 1995).

C. Pruebas de viabilidad de polen

Existen numerosos métodos para determinar la viabilidad de polen y cada método depende de acuerdo con el cultivo con el que se trabajó y la relación de la fertilidad. (Dafni & Firmage, 2000a)

De acuerdo con Stanley & Linskens, (1974) existen 5 enfoques para medir la viabilidad del polen siendo los siguientes: 1) medidas de respiración o conductividad química de los lixiviados de polen (raramente usados); 2) técnicas de tinción (manchas vitales para la presencia de citoplasma y colorantes que indican actividad enzimática); 3) germinación (in vivo e in vitro); 4) contenido de prolina; y 5) capacidad para efectuar el sembrado.

Dafni & Firmage, (2000a) definen las siguientes pruebas que contienen los 5 enfoques antes mencionados por Stanley & Linskens, (1974):

- a. Semillas y frutos: mide la capacidad del polen en la fertilización tomando en cuenta como variable el número de frutos y semillas, siendo la más auténtica, pero es trabajosa y lenta.
- b. Germinación in vivo: mide la capacidad de germinar en el estigma, es más válido que

la prueba in vitro; pero se debe evaluar la receptividad, factores de incompatibilidad como criterio o incompatibilidad tardía.

- c. Germinación in vitro: mide la germinación bajo condiciones controladas; es rápido y simple; la germinación está controlada por el núcleo vegetativo y puede ocurrir ausencia del núcleo generativo, puede afectarse por la recolección, condiciones de almacenamiento y densidad del polen en el medio de cultivo; sin correlación entre la germinación y la formación de frutos; el polen joven y viejo necesita de diferentes condiciones.
- d. Tinción de Alexander: no tiene la capacidad de teñir polen joven, viejo y muerto y no se correlaciona con la germinación.
- e. Sales de tetrazol: muestra la reducción de la sal incolora en una sustancia teñida en presencia de deshidrogenas; se puede ajustar a varias enzimas y taxones; sobreestima la viabilidad (no correlación con pruebas de germinación y una mala tinción), 6 h para la tinción y desaparece después de 10 min.
- f. X-Gal (5-bromo-4-chloro-3-indolylo- β -galactosidasa): da a conocer la actividad de la galactosidasa; simple, baja variabilidad y alta correlación; tiende a sobre estimar
- g. Reactivo de Baker: muestra la actividad de la deshidrogenasa; prueba fácil y rápida, puede manchar polen muerto para algunas especies para algunas especies
- h. Prueba de bencidina: muestra la actividad peroxidasa; procedimiento fácil y rápido; sin correlación con la germinación, la tinción puede ser inequívoca, riesgo para la salud.
- i. Prueba de isatina: examina la presencia de prolina; rápido y fácil de realizar; solo para especies que contienen 7 % de prolina.
- j. FCR (fluorescin diacetato): es una prueba para la actividad de la esterasa y la integridad de la membrana plasmática; es fácil, rápida, y certera, ya que toma en cuenta de la actividad enzimática y de la membrana celular intacta (Heslop-Harrison, 1970, 1992). La preparación de la muestra solo se puede utilizar en menos de 15 min; rehidratación del polen (Stone, *et al.* 1995); necesita de microscopia fluorescente.

2.2.17 Naturaleza del polen binucleado y trinucleado

El polen binucleado y trinucleado se ven afectados por la humedad relativa y la temperatura ya que afecta la actividad metabólica. La tasa de respiración de los granos de polen de las gramíneas y algunas asteráceas se da de 2 a 3 veces más intensa que las plantas con polen binucleado, este tipo de polen su vitalidad es mayor, por tanto los granos de polen trinucleado tiene una vitalidad muy corta debido a su alta respiración debido a su activación del sistema metabólico antes del inicio de la germinación, así mismos la vitalidad se puede extender a bajas humedad relativa y a temperaturas bajas (Hoekstra & Bruisman, 1975). Como se mencionaba anteriormente los granos de polen de maíz duran viables de 20 min y se ha reportado de 3 h. (DuPont, 2015; Stanley & Linskens, 1974).

El polen bi y trinucleado poseen la misma tasa de absorción de agua, pero como se menciona anteriormente la tasa de respiración es diferente, debido a que las mitocondrias encargadas de la respiración se encuentran a un nivel bajo de desarrollo con valores de carga alta de energía también se pueden encontrar con mitocondrias a un nivel medio de desarrollo, pero bajo valor de carga de energía, en polen binucleado, en resumen la producción de ATP es limitada para las especies de polen binucleado. Mientras que en polen trinucleado la respiración es rápida ya que poseen mitocondrias bien desarrolladas y los valores de carga de energía son altos a pesar de la gran demandad de ATP utilizando $1.7 \mu \text{ mol h}^{-1} (\text{mg de polen})^{-1}$. (Hoekstra & Bruinsma, 1980)

Así mismo el polen de las gramíneas no se puede almacenar a bajas temperaturas (-20 °C) debido a su alta cantidad de agua. (Hoekstra & Bruisman, 1975)

Hoekstra & Bruisman, (1975), encontraron una conexión entre las propiedades fisiológicas y el número de núcleos en el grano de polen, ya que el sitio de inhibición de la germinación del polen en granos trinucleados muestra inhibición del tubo polínico ante el estigma. De otra manera el polen binucleado se produce en bajas cantidades y se

puede almacenar sin disminuir su viabilidad.

En una evaluación realizada por Hoekstra & Bruinsma, (1975); Stone, Thomson, & Dent-Acosta, (1995), la viabilidad se midió en condiciones de 30 °C y a 97 % HR el polen trinucleado fue viable durante 1.7 h a 3.7 h (2.45 h promedio), mientras que las mismas condiciones el polen binucleado tardó de 5 h a 35 h (19.9 h promedio). Pero al disminuir la humedad relativa la viabilidad del polen trinucleado pudo extenderse por más tiempo.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 General

- Evaluar el efecto de los horarios y días en la sincronización de los gametos masculino y femenino de maíz (*Zea mays*), para la producción de dobles haploides en seis cultivares.

2.3.2 Específicos

1. Evaluar las condiciones del ambiente en la interacción del horario y día de polinización, en la producción de granos por mazorca en seis cultivares de maíz doble haploide.
2. Evaluar el parámetro reproductivo (cantidad de polen) en la interacción del horario y día de polinización, en seis cultivares de maíz para la eficiencia de producción de mazorcas.

2.4 METODOLOGÍA

2.4.1 Metodología experimental

A. Tratamientos

a. Horarios de polinización, (factor “A”)

Los horarios a evaluados se contemplan dentro del horario laboral, teniendo rangos hábiles de 1.5 h, ya que las condiciones del ambiente (T° y % HR) afectan considerablemente en la viabilidad del polen; en el cuadro 4 se resumen los niveles del factor “horario de polinización”, recomendados por el personal del Centro de Investigación de Cultivos.

Cuadro 7. Horarios de polinización con intervalo de 1.5 h de trabajo netas.

Horario de polinización	Abreviatura designada
8:30 - 10:30	H1
10:30-12:00	H2
13:00-14:30	H3
14:30-16:00	H4

Fuente: elaboración propia, 2019.

b. Días a polinización después de la actividad de preparado de la inflorescencia femenina, (factor “B”)

Para la sincronización del polen con los estigmas receptivos, se realizó un corte a las brácteas que la cubren de 2.5 cm aproximadamente con el objetivo de estimular su crecimiento (actividad denominada preparado). Dichos estigmas se encuentran largos y receptivos al momento de la autopolinización manual a los 3 días. Los niveles del factor días de polinización después del preparado se muestran en el cuadro 8.

Cuadro 8. Días a polinización después de la preparación de la inflorescencia femenina.

Días a polinización	Abreviatura designada
3	D3
4	D4
5	D5

Fuente: elaboración propia, 2019.

c. Cultivares de maíz, (factor “C”)

La interacción de los dos factores descritos anteriormente, fueron aplicados a los seis cultivares de maíz de diferente madurez, fisiológica para conocer el comportamiento ante los factores expuestos con anterioridad, descritos en el cuadro 9.

Cuadro 9. Cultivares de maíz utilizados en la evaluación y sus diferentes tipos de maduración.

Identificación de cultivar	Maduración	Abreviatura designada
17MT900100	Tardío	A
13FP151004	Temprano	B
15FS020297	Temprano	C
13BF019596	Medio	D
13FP075159	Temprano	E
14FSC007373	Tardío	F

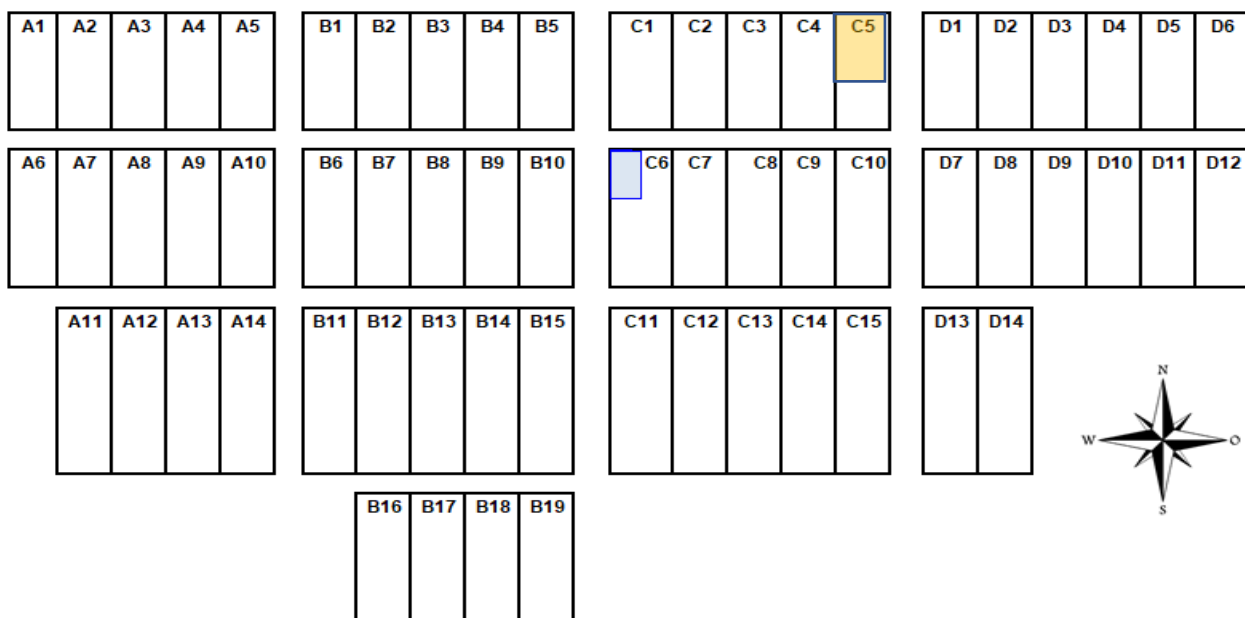
Fuente: tomado del CIC, (2017).

B. Diseño experimental

Se utilizó un diseño trifactorial con arreglo en parcelas subdivididas dispuesto en bloques al azar. Este tipo de diseños permite evaluar simultáneamente los efectos de tres factores, los tratamientos principales se asignaron al azar en las parcelas grandes, los subtratamientos se aleatorizaron en las parcelas medianas y los sub-subtratamientos aleatorizados en las parcelas pequeñas.

C. Área experimental

La evaluación se realizará en el invernadero C-5 del Centro de Investigación de Cultivos de la Finca Esquejes, esquematizado en la figura 12; el invernadero es tipo rustico, con cubierta aérea de nylon y a los costados de sarán a 50 % de sombra para su ventilación, con base de madera, con dimensiones de 90 m con 30 m de ancho y un techo de dos aguas, con la parte más baja de 1.90 m y la más alta de 6 m. Se utilizó la mitad del invernadero.



Fuente: con base en CIC, (2017).

Figura 12. Distribución de los invernaderos del CIC en la finca Esquejes y sombreada el área de evaluación.

D. Modelo estadístico

Para un experimento de diseño en bloques al azar con arreglo en parcelas subdivididas, el modelo estadístico-matemático sugerido por López & González, (2013) es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_1 + \varepsilon(a)_{i1} + \gamma_j + S_k + \alpha\gamma_{ij} + \alpha S_{ik} + \gamma S_{jk} + \alpha\gamma S_{ijk} + \varepsilon(b)_{ijkl}$$

Siendo:

Y_{ijkl} = Variable de respuesta en la $ijkl$ -ésima unidad experimental.

μ = Media general.

β_1 = Efecto del 1-ésimo bloque.

$\varepsilon(a)_{i1}$ = Error asociado a la parcela grande.

α_i = Efecto de j .-ésimo horario de polinización.

γ_j = Efecto del i -ésimo día después del preparado.

S_k = Efecto de la k -ésima germoplasma.

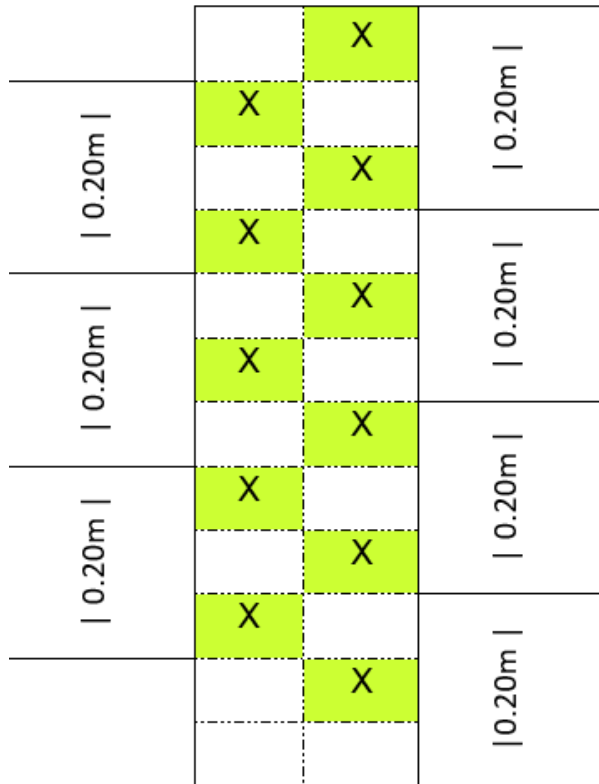
$\varepsilon(b)_{ijk1}$ = Error asociado a la parcela pequeña.

$\alpha\gamma_{ij}$, αS_{ik} y γS_{jk} = Interacciones dobles.

$\alpha\gamma S_{ijk}$ = Interacción triple.

E. Unidad experimental

La evaluación tuvo un total de 72 unidades experimentales (4 A * 3 B * 6 C), cada unidad experimental estuvo conformada por 11 plantas, que se establecieron en un surco, distribuidas al tresbolillo, dejando un margen de 0.10 m adicional 0.50 m entre cada tratamiento, como se aprecia en la figura 8.

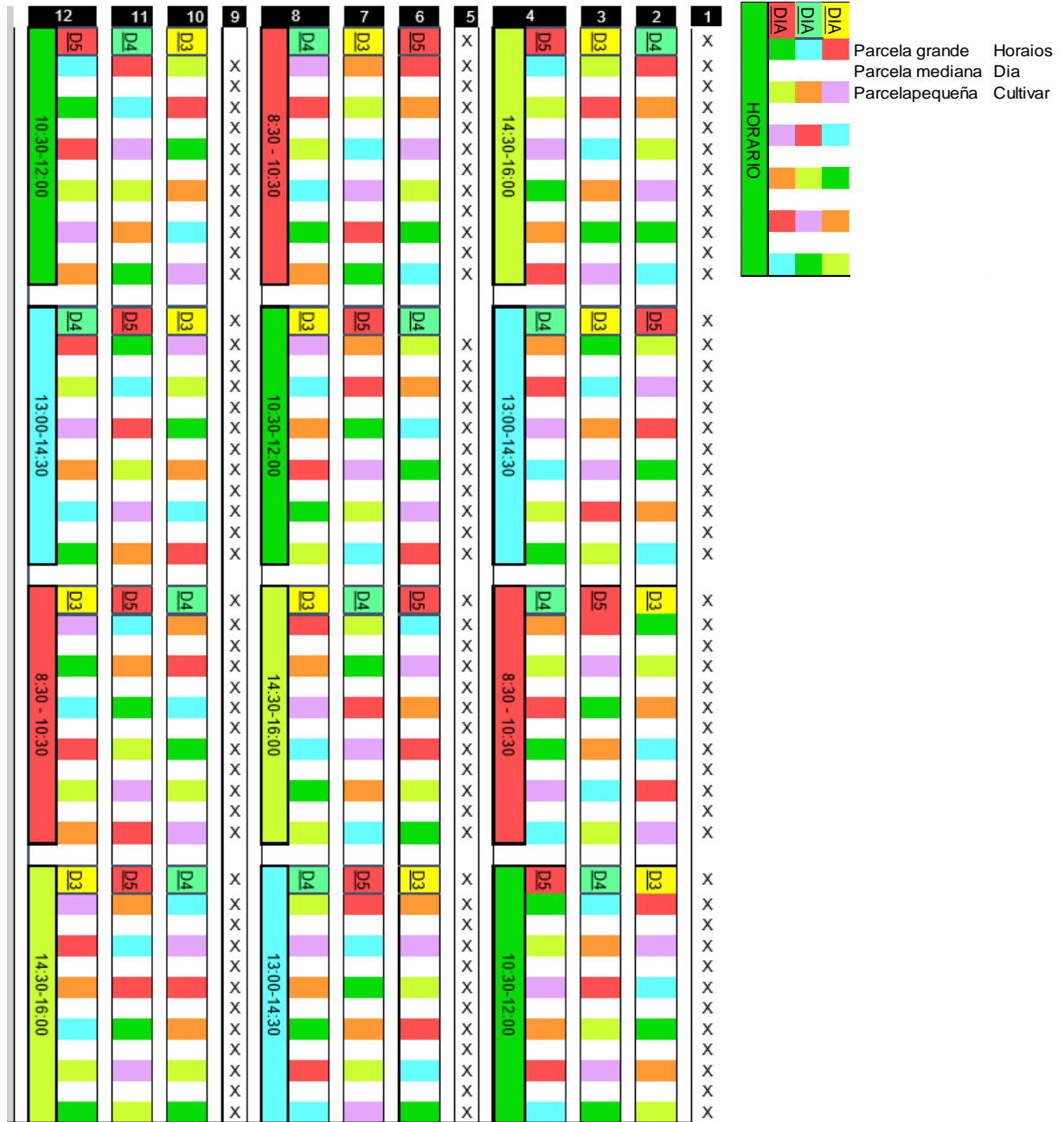


Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 13. Esquema de la distribución de las plantas de maíz en cada unidad experimental.

F. Aleatorización de los tratamientos

Los diferentes tratamientos se encuentran distribuidos al azar y están representados en la figura 14.



Fuente: elaboración propia, 2019

Figura 14. Aleatorización de los tratamientos y croquis de campo.

G. Variable respuesta

a. Variable respuesta para ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. 1 (frutos or mazorca)

i. Viabilidad de polen en diferentes horarios

La evaluación de la viabilidad del polen en los cuatro horarios de polinizado, consistió en la extracción de una muestra de polen al momento de la polinización, para cada tratamiento, el número de plantas por tratamiento vario, debido a los problemas que presenta la tecnología de dobles haploides (esterilidad principalmente), posteriormente cada muestra se trasladó a la oficina de viabilidad de polen, donde se añadió 0.1 g de polen a una solución de sucrosa al 10 %, (1 ml) y luego FDA (fluorecin diacetato) como colorante 2.5 µl , se procedió a hacer un montaje, luego mediante el empleo de software (Dinolab) y su herramienta el microscopio electrónico se tomaron 4 fotografías del montaje en menos de 1 min, y con el uso del software Pollen J se determina el porcentaje de viabilidad de polen, mediante el análisis de las fotografías examinan la intensidad del brillo de los granos de polen.

ii. Temperatura (°C) al momento de la polinización

Para detectar la temperatura se colocaron 3 sensores de temperatura y humedad relativa que monitoreaba dichas variables en un lapso de 15 min repetitivo, al momento de realizar la polinización, se anotaba la fecha en la cual se efectuaba dicha práctica sobre el glassine que se utilizaba para cubrir la flor femenina, con el objetivo de evitar contaminaciones. Cuando la mazorca estaba definida se recogían la información y se enlazaba con la tabla de datos del monitoreo y se obtenían la temperatura promedio por tratamiento, de acuerdo con la fecha y hora de polinización.

iii. Número de granos por mazorca

Para el conteo de frutos por mazorca se procedió a cosechar cada parcela grande, dentro de su parcela mediana que contenía las parcelas pequeñas para evitar confusión, luego las mazorcas cosechadas por tratamiento se introdujeron a un saco debidamente identificado para proceder al conteo de frutos, sin desgranar la mazorca, mediante un conteo manual, identificando con marcador permanente cada uno de los frutos cosechados, en la figura 10 se presentan las mazorcas cosechadas de la población “D” en horario de 13:00 h a 14:30 h y polinizadas al tercer día.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 15. Conteo de frutos por mazorca e identificación respectiva por tratamiento.

b. Variables respuesta para para ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. 2 porcentaje de eficiencia en la polinización)

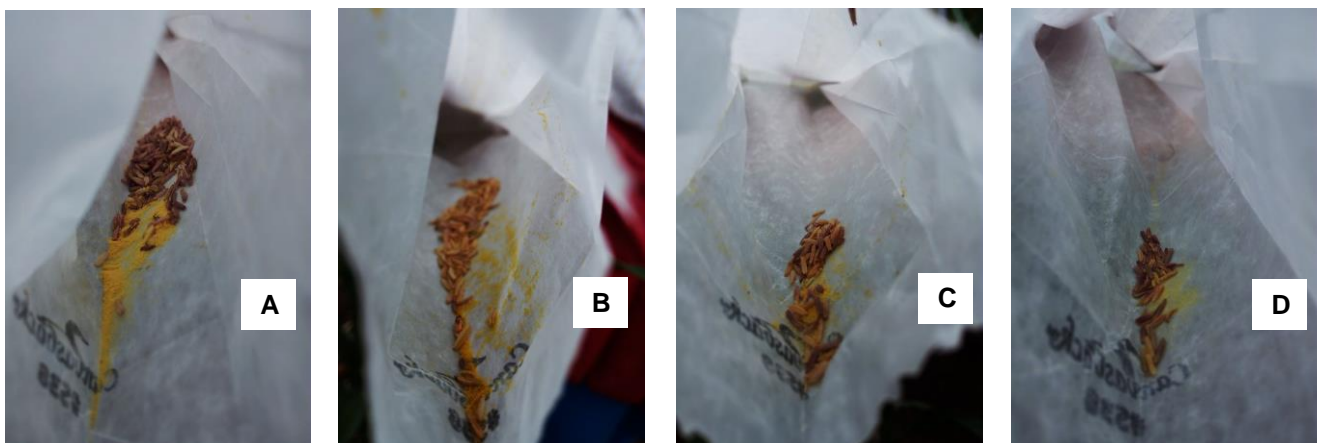
i. Porcentaje de eficiencia en la polinización respecto al número de mazorcas producidas

Esta variable se obtiene al finalizar la cosecha y se expresa en porcentaje de eficiencia, que es el cociente expresado en porcentaje de mazorcas que se cosechan dividido el número de plantas polinizadas, con la ecuación que se presenta a continuación.

$$\text{Porcentaje (\%) eficiencia} = \left(\frac{\text{Mazorcas cosechadas}}{\text{Número de plantas polinizadas}} \right) * 100$$

ii. Cantidad de polen al momento de la polinización

La cantidad de polen producida por la panoja variaba entre cada planta y por cada cultivar, por lo que se tomó como una covariable explicativa, la cantidad de polen al momento de la polinización, y dicha variable se midió de acuerdo con la escala diagramita descrita en la figura 16.



Fuente: elaboración propia, 2019.

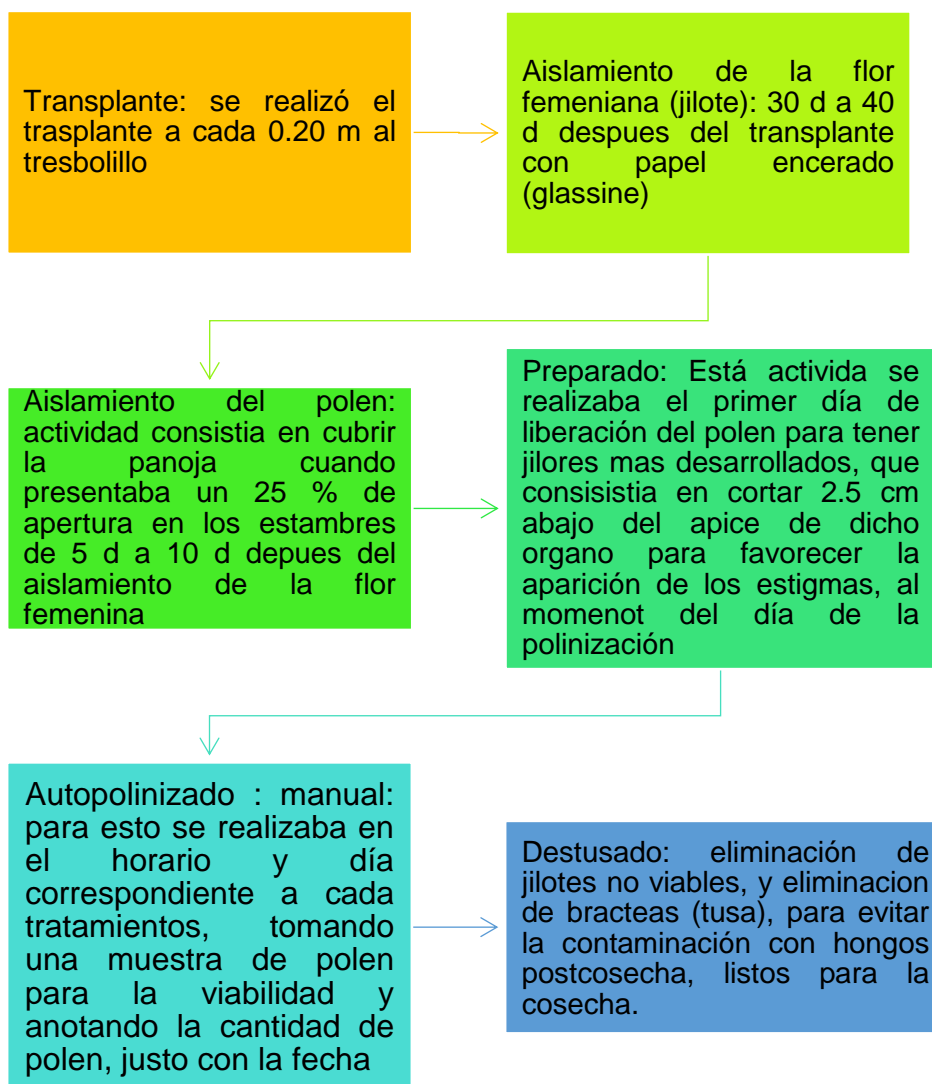
Figura 16. Escala diagramática para identificar la cantidad de polen aplicada al momento de la polinización, siendo: A = 4; B = 3; C = 2 y D = 1.

H. Análisis de la información

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) utilizando la estructura de un diseño de bloques completos al azar en parcelas subdivididas. El ANDEVA se realizó para los datos de las variables; número de granos por mazorca y porcentaje de eficiencia de la polinización, verificando el cumplimiento de los supuestos fundamentales del análisis de varianza. Se utilizó el software Infostat y el lenguaje de programación R (R-Core-Team), para el procesamiento y análisis de datos.

I. Manejo del experimento

El establecimiento de las poblaciones en campo definitivo (hasta su cosecha), se puede decir que es el área en el cual se deben tener consideraciones rigurosas en el manejo del cultivo ya que son plantas con poco vigor genético, esto hace a las plantas delicadas ante cualquier actividad agrícola, las actividades para el incremento de dobles haploides se encuentran descritas en la figura 17.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 17. Diagrama del manejo del experimento para el incremento de dobles haploides.

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1 Variable número de frutos por mazorca

Para la realización del análisis de varianza (ANDEVA), de la variable número de frutos por mazorca, fue necesario una transformación de los datos de dicha variable, para cumplir con los supuestos fundamentales para la validación del modelo estadístico en el análisis de datos. En el cuadro 10 se presenta el ANDEVA realizado, donde se encontró diferencia altamente significativa para los cultivares, así mismo se encontró diferencia significativa para la doble interacción de días a la polinización después del preparado de la flor femenina y cultivares.

Cuadro 10. Análisis de la varianza para la variable granos por mazorca.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	25.27	12.637	0.6354	0.561948
Horario	3	42.62	14.208	0.7144	0.578313
Horario*Bloque	6	119.33	19.888		
Día a polinizar	2	66.44	33.22	1.8125	0.195202
Horario*Día	6	94.85	15.809	0.8626	0.542456
Horario>Día*Bloque	16	293.25	18.328		
Cultivares	5	430.98	86.197	4.1716	0.001573
Horario * Cultivares	15	549.52	36.635	1.773	0.066226
Día a pol. * Cultivares	10	449.11	44.911	2.1735	0.023845
Horario*Día a pol. * Cultivares	30	715	23.833	1.1534	0.288657
Error	120	2479.54	20.663		
Total	215	5265.91			
F.V.: fuente de variación		SC: suma de cuadrados		CM: cuadrado medio	
gl: grados de libertad		F: valor estadístico de F		Coeficiente de variación: 41.7 %	

Para determinar el efecto de la temperatura en el proceso de polinización, se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA) presente en el cuadro 11, con la variable número de frutos por mazorca y covariable temperatura (°C) al momento de la polinización. Se

determinó que la temperatura tiene efecto significativo (probabilidad de 0.0255), sobre la variable frutos por mazorca. Así mismo se estimó el coeficiente angular de regresión con un valor de -2.27, lo que se interpreta que al incrementar una unidad de la covariable temperatura (1 °C) la producción de frutos por mazorca disminuye en 2.27 frutos promedio.

Los resultados obtenidos confirman lo reportado por Nielsen, (2016) ya que la viabilidad del polen disminuye considerablemente cuando se expone a temperaturas mayores a 37 °C. Lo antes afirmado se puede comprobar en la figura 13, en la que claramente se observa que en el horario de polinización de 14:30 h a 16:00 h con una temperatura de 33.36 °C se obtuvieron 64 frutos por mazorca y con una viabilidad de 7.96 %, siendo este tratamiento con el que se obtuvieron los mejores resultados comparado con el resto de los horarios.

Cuadro 11. Análisis de la covarianza para la variable número de frutos por mazorca y la covariable temperatura (°C).

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	96	2889.1	30.09	1.51	0.0169	
Horario	3	53.05	17.68	0.77	0.5525	
Bloque	2	2.89	1.45	0.06	0.9397	
Horario*Bloque	6	138.18	23.03	1.15	0.3363	
Día a polinizar	2	83.28	41.64	2.12	0.1520	
Horario*Día a pol.	6	103.36	17.23	0.88	0.5319	
Horario>Día*Bloque	16	313.6	19.6	0.98	0.4815	
Cultivares	5	367.39	73.48	3.68	0.0039	*
Horario*Cultivares	15	474.83	31.66	1.58	0.0879	
Día a pol. * Cultivares	10	490.2	49.02	2.45	0.0106	*
Horario*Día*Cultivar	30	706.57	23.55	1.18	0.2628	
Temperatura (°C)	1	102.26	102.26	5.12	0.0255	-2.27
Error	119	2376.99	19.97			
Total	215	5266.08				
F.V.: fuente de variación		SC: suma de cuadrados		CM: cuadrado medio		Coef: coeficiente angular de regresión
gl: grados de libertad		F: valor estadístico de F		Coeficiente de variación: 40.3 %		

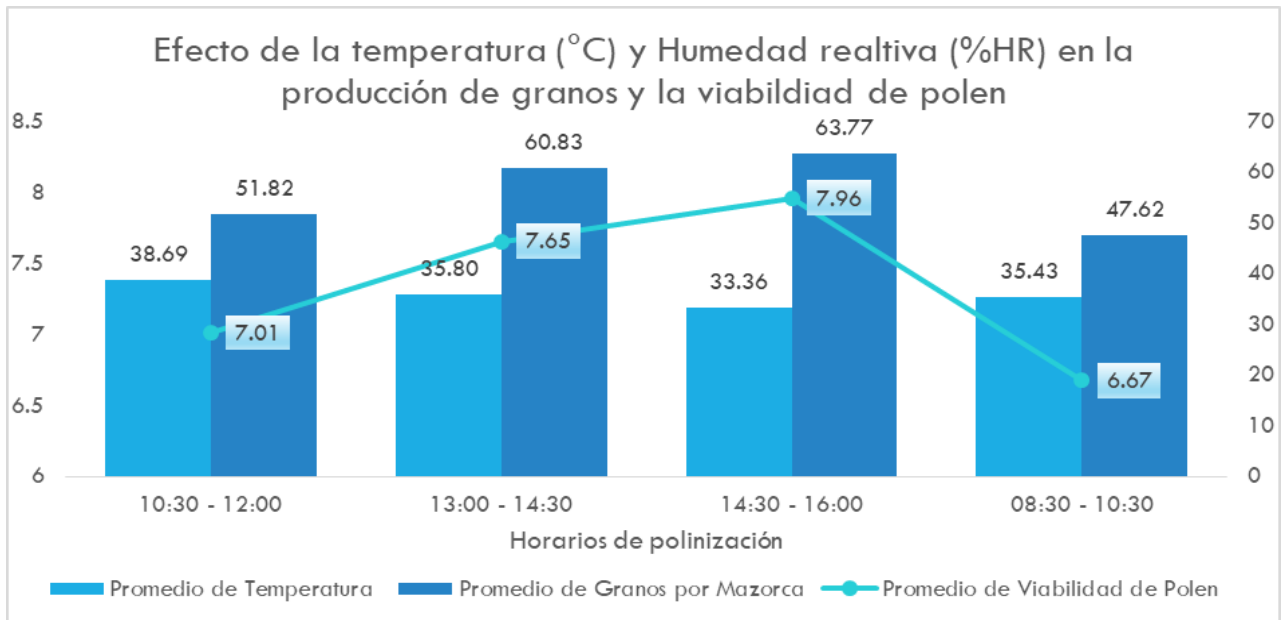


Figura 18. Efecto de la temperatura en los diferentes horarios de polinización para la producción de frutos por mazorca y viabilidad de polen.

Para identificar los mejores tratamientos se hizo una prueba de medias bajo el criterio de Skott Knott, únicamente a las interacciones que resultaron significativas como es el caso de la interacción cultivares y días a polinizar (probabilidad de 0.0106) en el cuadro 11. Con base a los resultados que se observan en el cuadro 12, se procedió a identificar los mejores días de polinización después del preparado de la inflorescencia femenina. Como se observa en la figura 19, tanto hacer la polinización después del tercero y cuarto día se obtuvieron 58 y 59 frutos por mazorca respectivamente, resultados que son superiores a los obtenidos al quinto día después de preparada la inflorescencia femenina para la polinización.

Con relación a identificar los mejores cultivares se realizó un análisis similar al antes expuesto, y se encontró que los cultivares 17MT900100 ("A") y 13FP075159 ("E") reportaron 77 y 64 frutos por mazorca, respectivamente, siendo estos los valores más altos.

Cuadro 12. Prueba múltiple de medias de la variable frutos por mazorca bajo el criterio de Scott Knott.

Prueba múltiple de medias bajo el criterio de Scott Knott (Alfa=0.05)						
Error: 1480.3821			gl: 120			
Día de polinización	Cultivar	Medias	n	E.E.		
3 días	E	83.07	12	11.11	A	
4 días	A	81.91	12	11.11	A	
3 días	A	81.81	12	11.11	A	
4 días	E	70.08	12	11.11	A	
4 días	F	69.43	12	11.11	A	
5 días	A	66.49	12	11.11	A	
4 días	B	65.39	12	11.11	A	
5 días	D	63.69	12	11.11	A	
3 días	B	57.57	12	11.11	A	
3 días	D	56.19	12	11.11	A	
5 días	B	54.43	12	11.11	A	
5 días	F	52.37	12	11.11	A	
5 días	E	39.9	12	11.11		B
4 días	C	39.87	12	11.11		B
3 días	C	38.13	12	11.11		B
5 días	C	30.61	12	11.11		B
3 días	F	29.59	12	11.11		B
4 días	D	29.23	12	11.11		B

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

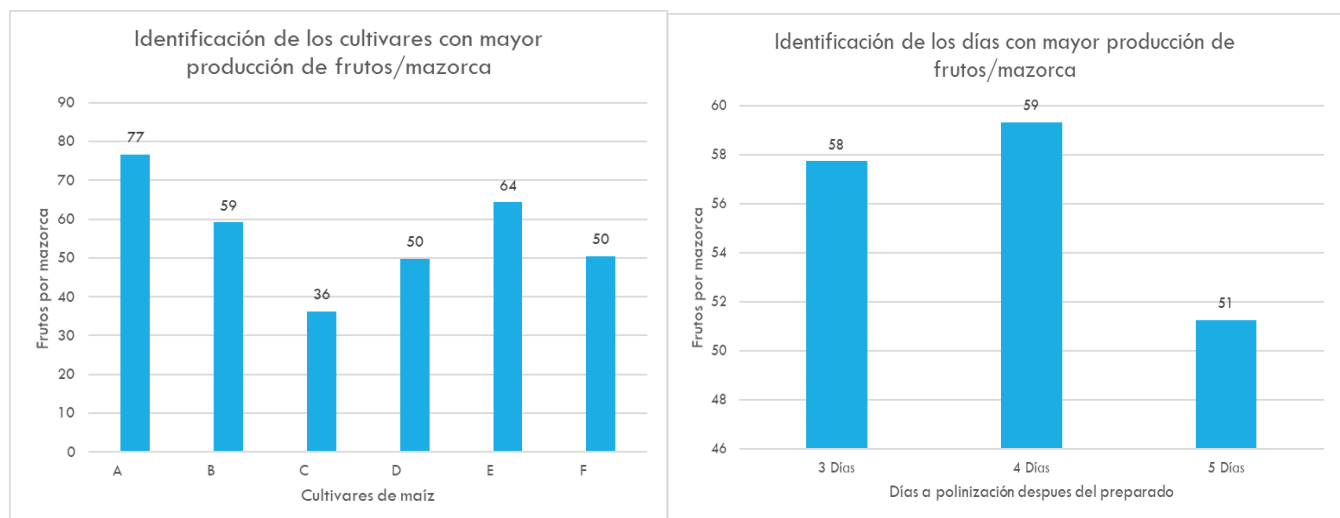


Figura 19. Identificación del día a polinizar después de la actividad de preparado y el cultivar de mayor producción respecto al número de frutos por mazorca.

2.5.2 Variable porcentaje de eficiencia de polinización

El análisis de varianza (ANDEVA) para la variable porcentaje de eficiencia de polinización, los supuestos fundamentales para la validación del modelo estadístico se cumplieron. En el ANDEVA presente en el cuadro 13, se encontró diferencia altamente significativa (probabilidad 0.0003589) para el factor día a polinizar después de realizar el preparado en la flor femenina.

Cuadro 13. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de eficiencia de la polinización.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	331	165.4	0.2814	0.7641972
Horario	3	3461	1153.7	1.9623	0.2211128
Horario*Bloque	6	3528	588		
Día	2	14562	7280.8	13.5635	0.0003589
Horario*Día	6	2542	423.7	0.7894	0.5911726
Horario>Día*Bloque	16	8589	536.8		
Cultivar	5	4392	878.5	2.3409	0.0456343
Horario*Cultivar	15	6089	405.9	1.0817	0.3804289
Día*Cultivar	10	2497	249.7	0.6655	0.7543164
Horario*Día*Cultivar	30	9786	326.2	0.8693	0.6622182
Error	120	45031	375.3		
Total	215	100808			
F.V.: fuente de variación		SC: suma de cuadrados		CM: cuadrado medio	
gl: grados de libertad		F: valor estadístico de F		Coeficiente de variación: 38.6 %	

Para determinar el efecto de la cantidad de polen aplicado al momento de la polinización en la eficiencia de polinización, se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA), en el cuadro 14, con la variable número de frutos por mazorca y covariable cantidad de polen al momento de la polinización.

Se determinó estadísticamente que la cantidad de polen aplicado a los estigmas es altamente significativa (probabilidad de < 0.0001), como se demuestra en el cuadro 14. Así mismo se estimó el coeficiente angular de regresión con un valor de 17.68, indicando

que al incrementar una unidad de la covariable cantidad de polen aplicado en los estigmas la eficiencia de polinización aumenta en un 17.68 %.

Cuadro 14. Análisis de la covarianza para la variable porcentaje de eficiencia de la polinización.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	96	66708.8	694.88	2.42	<0.0001	
Horario	3	2260.64	753.55	1.1	0.4203	
Bloque	2	188.52	94.26	0.14	0.8745	
Horario*Bloque	6	4123.73	687.29	2.4	0.0318	
Día	2	6307.45	3153.7	6.24	0.0099	
Horario*Día	6	1180.41	196.73	0.39	0.875	
Horario>Día*Bloque	16	8081.41	505.09	1.76	0.0443	
Cultivar	5	6152.81	1230.6	4.29	0.0013	
Horario*Cultivar	15	3714.89	247.66	0.86	0.6051	
Día*Cultivar	10	1724.8	172.48	0.6	0.8096	
Horario*Día*Cultivar	30	6889.73	229.66	0.8	0.7544	
Cantidad de polen	1	10931.6	10932	38.15	<0.0001	17.68
Error	119	34099.8	286.55			
Total	215	100809				
F.V.: fuente de variación		SC: suma de cuadrados		CM: cuadrado medio		
gl: grados de libertad		F: valor estadístico de F		Coeficiente de variación: 29.52 %		

Para identificar los mejores tratamientos se hizo una prueba de medias bajo el criterio Skott Knott, únicamente al factor que resulto con diferencia estadística significativa como es el caso de día (probabilidad de 0.0099). El tercer día a polinización después de la preparación de la inflorescencia femenina reporto ser el más eficiente al momento de realizar dicha práctica, con 67.26 %. Tanto los días 4 y 5, reportaron los más bajos valores en promedio de la variable (entre 47.8 % y 57.40 %), lo antes afirmado se puede comprobar en la figura 20 y cuadro 15.

Cuadro 15. Prueba múltiple de medias de la variable porcentaje de eficiencia de polinización bajo el criterio de Scott Knott.

Prueba múltiple de medias bajo el criterio de Scott Knott (Alfa=0.05)				
Error: 505.0882		gl: 16		
Día de polinización	Medias	n	E.E.	
3 días	67.26	72	2.7	A
4 días	57.40	72	2.67	B
5 días	47.18	72	2.79	B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)				

Agrupación de medias bajo el criterio de Scott Knott

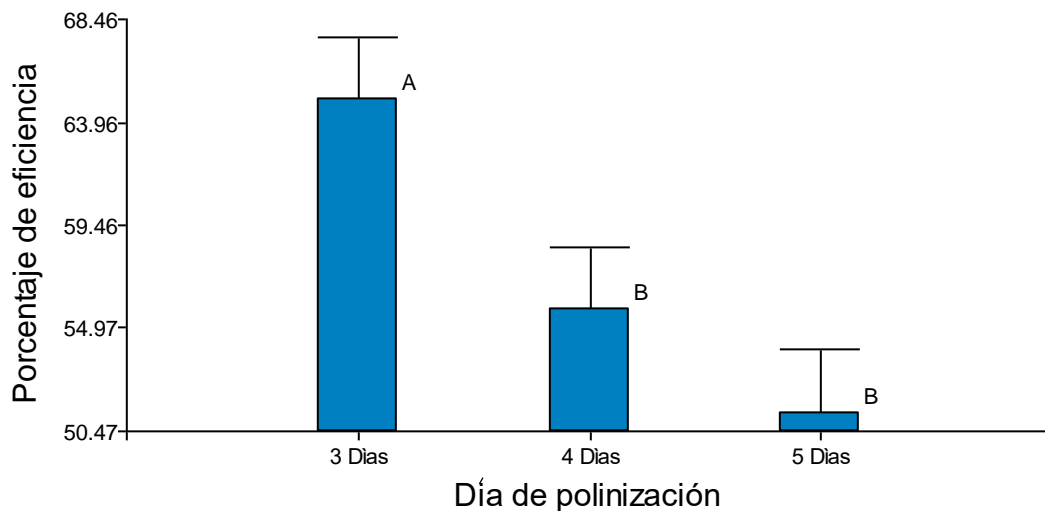


Figura 20. Agrupación de medias bajo el criterio de Scott Knott, del factor días a polinizar después de la actividad de preparado de la inflorescencia femenina, sobre la variable eficiencia de polinización.

En la Figura 21. Efecto de los diferentes días de polinización después del preparado en la efectividad de dicha práctica y su interacción con la evaluación (cantidad) de polen. se observa que medida que los días transcurren los días a la polinización, la eficiencia de polinización disminuye, de igual forma la cantidad de los valores de la evaluación

(cantidad) de polen. Debido a que al momento de la liberación del polen la panoja se aísla para evitar contaminaciones en el material genético, por medio de un material de papel encerado, denominado glassine, que reduce la apertura de las anteras por la falta de oxigenación, y al transcurrir los días la cantidad de polen liberada es menor.

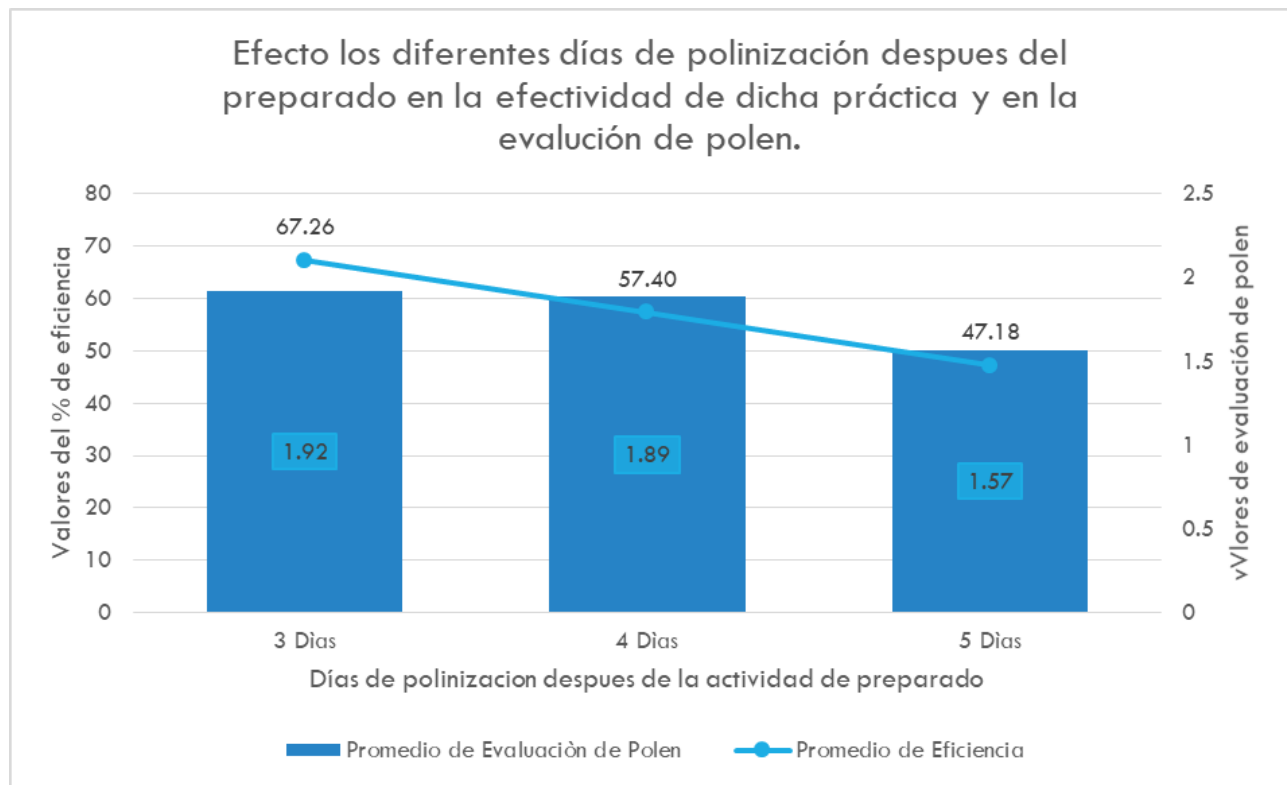


Figura 21. Efecto de los diferentes días de polinización después del preparado en la efectividad de dicha práctica y su interacción con la evaluación (cantidad) de polen.

2.6 CONCLUSIONES

1. Los horarios de polinización de 13:00 h a 14:30 h y 14:30 h a 16:00 h, presentaron 61 y 64 frutos por mazorca, respectivamente; los días 3 y 4 de polinización después del preparado de la flor femenina, con 67 y 54 frutos por mazorca, respectivamente, dichos horarios y días presenta la mayor producción de frutos por mazorca de maíz. Así mismo se concluye que la producción de frutos por mazorca se encuentra relacionada con la temperatura, ya que al incrementar en una unidad (1 °C) la producción disminuye 2.27 frutos por mazorca.
2. La polinización realizada 3 días después de preparada la flor femenina, reporto un 67.26 % de eficiencia en la producción de mazorcas por plantas polinizadas, equivalente a 5 mazorcas promedio por 7 plantas polinizadas promedio. Siendo determinante el parámetro reproductivo cantidad de polen aplicado al conjunto de estigma de la flor femenina al momento de la polinización. Indicando que al incrementar una unidad de la cantidad de polen aplicado en los estigmas la eficiencia de producción de mazorcas aumenta en un 17.68 % en promedio.

2.7 RECOMENDACIONES

2. Con base a los resultados obtenidos en la evaluación para la producción de granos por mazorca, se recomienda efectuar la polinización en horarios de 13:00 h a 16:00 h así mismo polinizar entre el tercero y cuarto día después de la actividad de preparado de la flor femenina, por el favorecimiento de las condiciones reproductivas para la producción de frutos por mazorca que incrementan la producción de dobles haploides de maíz. De igual manera tomar en cuenta la temperatura al momento de la polinización, debido a que las temperaturas altas reducen la producción de frutos.

3. Se recomienda la polinización en el día 3 después de la actividad de preparado de la flor femenina, para incrementar la eficiencia de la polinización en la producción de mazorcas, debido a que se ha registrado un 67 % de la misma, que se atribuye a la cantidad de polen disponible al polinizar dicho día y por ende se obtiene una mayor eficiencia, entre el número de mazorcas obtenidas por plantas que se polinizan.

2.8 BIBLIOGRAFÍA

- Arcos, A. L. (2014). *Comparación del comportamiento agronómico de híbridos de maíz obtenidos con líneas doble haploides y con líneas autofecundadas*. Obtenido de (Tesis PhD., Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias): <http://bdigital.unal.edu.co/47553/>
- Basetti, P., & Westgate, M.E., (1993). Senescence and receptivity of maize silks. *Crop Science*, 33(2) Doi:<https://doi.org/10.2135/cropsci1993.0011183X003300020012x>
- Bolaños, J., & Edmeades, G. (1993). Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. I. Responses in grain yield, biomass and radiation utilization. *Field Crops Research*, 31, 233-252. Citado por: Fuentes López, M. R. (2002). *El cultivo del maíz en Guatemala, una guía para su manejo agronómico*. Guatemala: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Obtenido de <http://www.funsepa.net/guatemala/docs/cultivoMaizManejoAgronomico.pdf>
- Bolaños, J., & Barreto, H. (1991). Análisis de los componentes de rendimiento de los ensayos regionales de maíz de 1990. *In: Análisis de los resultados experimentales del PRM 1990*. Guatemala: CIMMYT. v. 2. Citado por: Fuentes López, M. R. (2002). *El cultivo del maíz en Guatemala, una guía para su manejo agronómico*. Guatemala: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Obtenido de <http://www.funsepa.net/guatemala/docs/cultivoMaizManejoAgronomico.pdf>
- Cervantes, M., Vázquez, T., Franco, C., & Lugo, I. (2015). *Doble haploide en maíz*. Obtenido de Prezi: https://prezi.com/dq9fdrwixti_/doble-haploide-en-maiz/
- Dafni, A., & Firmage, D. (2000a). Pollen viability and longevity: practical, ecological and evolutionary implications. *Plant Systematics and Evolution*, 222(1-4), 113-132. Doi:10.1007/BF00984098
- Dafni, A., & Firmage, D. (2000b). Pollen viability and longevity: practical, ecological and evolutionary implications. *In D. A, M. Hesse, & E. Pacini. Pollen and pollination*. Vienna: Springer. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-7091-6306-1_6
- Dafni, A., & Motta Maues, M. (1998). A rapid and simple procedure to determine stigma receptivity. *Sex Plant Reproduction*, 11(3), 117-118. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/225676973_A_rapid_and_simple_procedure_to_determine_stigma_receptivity
- De Jader, B., Roux, C. Z., & Khün, H. C. (2004). An evaluation of two collections of south african maize (*Zea mays* L.) germ plasm: 1. The genetic basis of the synchronization of pollen shedding and silk emergence. *South African Journal of Plant and Soil*, 21(2), 117-119. Doi:<https://doi.org/10.1080/02571862.2004.10635034>

- DuPont. (2015). *Maíz crecimiento y desarrollo*. Obtenido de DuPont:
https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf
- España, E. (2018). Endogamia [Jalapa, Guatemala: Syngenta, Traslational Science]. (H. Castañón, Entrevistador)
- Fischer, K. S., & Palmer, A. (1984). Tropical maize. *In* P.R. Goldsworthy and N.M. Fischer (Eds.) *The physiology of tropical field crops*. New York, USA, John Wiley. p. 213-248. Citado por: Fuentes López, M. R. (2002). *El cultivo del maíz en Guatemala, una guía para su manejo agronómico*. Guatemala: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Obtenido de
<http://www.funsepa.net/guatemala/docs/cultivoMaizManejoAgronomico.pdf>
- Fuentes López, M. R. (2002). *El cultivo del maíz en Guatemala, una guía para su manejo agronómico*. Guatemala: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). Obtenido de
<http://www.funsepa.net/guatemala/docs/cultivoMaizManejoAgronomico.pdf>
- Franklin-Tong, V. 1999. Signaling in pollination. *Current Opinion in Plant Biology*, 2, 490–495.
 Citado por: Masierowska, M., & Stpiczynska, M. (2013). Stigma receptivity in comfrey (*Symphytum officinale* L.) during the course of anthesis. *Israel Journal of Plant Sciences*, 53(205), 41-46. Doi:10.1560/476M-QGYF-5NWU-L8YR
- González, A. M., & Arbo, M. (2002). *Morfología de plantas vasculares*. Argentina: Academica Española, Facultad de Ciencias Agrarias, Corrientes. Obtenido de
<http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema22/tema22-4estigma.htm>
- Graaf, B.H.J. de., Derksen, J.W.M., & Mariani, C. 2001. Pollen and pistil in the progamic phase. *Sexual Plant Reproduction*, 14, 41–55. Citado por: Masierowska, M., & Stpiczynska, M. (2013). Stigma receptivity in comfrey (*Symphytum officinale* L.) during the course of anthesis. *Israel Journal of Plant Sciences*, 53(205), 41-46. Doi:10.1560/476MQGYF-5NWU-L8YR
- Heslop-Harrison, Y., & Shivanna, K.R. 1977. The receptive surface of the angiosperm stigma. *Annals of Botany*, 41, 1233–1258. Citado por: Masierowska, M., & Stpiczynska, M. (2013). Stigma receptivity in comfrey (*Symphytum officinale* L.) during the course of anthesis. *Israel Journal of Plant Sciences*, 53(205), 41-46. Doi:10.1560/476M-QGYF-5NWU-L8YR
- Heslop-Harrison, J. S. (1992). Pollen capture, adhesion and hydration. *In*: Cresti M., Tiezzi A. (eds.) *Sexual plant reproduction*. Springer, Berlin. p. 81–88. Citado por: Dafni, A., & Firmage, D. (2000). Pollen viability and longevity: practical, ecological and evolutionary implications. *Plant Systematics and Evolution*, 222(1-4), 113-132. doi:10.1007/BF00984098

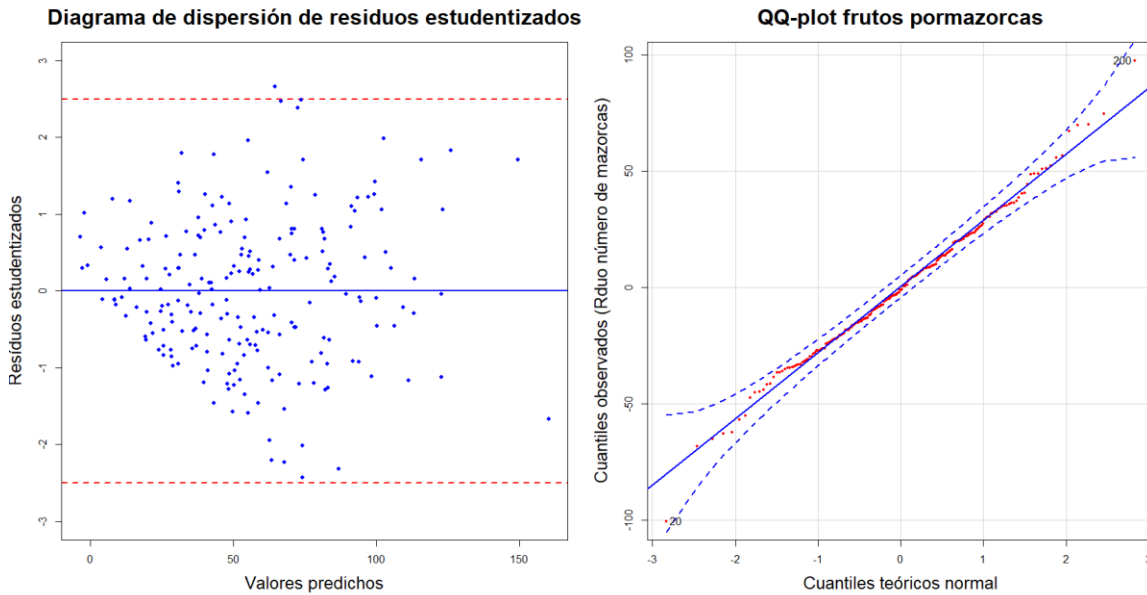
- Hoekstra, F., & Bruinsma, J. (1980). Control of respiration of binucleate and trinucleate pollen under humid conditions. *Physiologia Plantarum*, 48, 71-77.
Doi:<https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1980.tb03221.x>
- Hoekstra, F., & Bruisman, J. (1975). Respiration and viability of binucleate and trinucleate pollen. *Physiologia Plantarum*, 43(1-8). Doi:
<https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1975.tb03825.x>
- Jobet, C., Zuñiga, J., & Campos de Quiroz, H. (2003). Plantas doble haploides generadas por cruza intergenérica de trigo x maíz. *Agricultura Técnica*, 63(3).
Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072003000300012
- Kandus, M. (2014). *Mejoramiento tradicional en cultivo de maíz*. Obtenido de Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA):
<https://inta.gob.ar/documentos/mejoramiento-tradicional-del-cultivo-de-maiz>
- Lincoln, R. J., Boxshall, G. A., & Clark, P. F. (1982). *A dictionary of ecology, evolution and systematics*. New York, USA: Cambridge University Press. Citado por: Dafni, A., & Firmage, D. (2000). Pollen longevity: practical, ecology and evolutionary implication. In D. A. M. Hesse, & E. Pacini. *Pollen and pollination*. Vienna: Springer. Doi:10.1007/BF00984098
- Lolle, S., & Pruitt, R.E. 1999. Epidermal cell interactions: a case for local talk. *Trends in Plant Science*, 4, 14–20. Citado por: Masierowska, M., & Stpiczynska, M. (2013). Stigma receptivity in comfrey (*Symphytum officinale* L.) during the course of anthesis. *Israel Journal of Plant Sciences*, 53(205), 41-46. Doi:10.1560/476M-QGYF-5NWU-L8YR
- López, B., Calvarro, L., & Gómez, A. (2014). Agentes antimitóticos en la obtención de plantas doble haploides. *Reduca (Biología). Serie Botánica.*, 7(2), 12-18.
Obtenido de
https://www.researchgate.net/publication/270743156_Agentes_antimitoticos_en_la_obtencion_de_plantas_doble-haploides
- López, E., & González, B. (2013). *Diseño y análisis de experimentos, fundamentos y aplicaciones en agronomía*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Centro de Telemática. Obtenido de
https://issuu.com/bandontherun/docs/texto_dise_o_analisis_experimentos_ezequiel_lopez
- Lorenzo, O. (2008). *El cultivo de maíz, fisiología y aspectos generales*. Obtenido de España: Agrigan:
<https://rdudemo.unc.edu.ar/bitstream/handle/123456789/703/Agrigan%20boletín%207.pdf?sequence=1>
- Mackean, G., & Mackean, I. (2004). *Flower structure 6*. Obtenido de Biology Resources:
<http://www.biology-resources.com/documents/plant-flower-07-maize-2.doc>

- Masierowska, M., & Stpiczynska, M. (2013). Stigma receptivity in comfrey (*Symphytum officinale* L.) during the course of anthesis. *Israel Journal of Plant Sciences*, 53(205), 41-46. Doi:10.1560/476M-QGYF-5NWU-L8YR
- Motta Maués, M. (2006). *Estratégias reprodutivas de espécies arbóreas e a sua importância para manejo e conversação florestal*. Obtenido de (Tesis PhD, Universidad de Brasília, Instituto de Ciencias Biológicas, Departamento de Ecología: Brasilia, Brasil: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/publicacao/409051/estrategias-reprodutivas-de-especies-arboreas-e-a-suaimportancia-para-o-manejo-e-conservacao-florestal-floresta-nacional-do-tapajosbelterra-pa>
- Nielsen, R. (2015). *Unusually long silks in corn*. Obtenido de PURDUE University, Department of Agronomy,: <https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/longsilks.html>
- Nielsen, R. (2016). *Silk development and emergence in corn*. Obtenido de PURDUE University. Department of Agronomy: <http://www.kingcorn.org/news/timeless/Silks.html>
- Paiwall, R., Granados, G., Lafitte, H., & Violic, A. (2001). *El maíz en los trópicos: mejoramiento y consumo*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Obtenido de <http://www.fao.org/3/x7650s00.htm#toc>
- Prasad, V., Boote, K., & Allen Jr, H. (2006). Adverse high temperature effects on pollen viability, seed-set, seed yield and harvest index of grain-sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] are more severe at elevated carbon dioxide due to higher tissue temperatures. *Science Direct*, 139(3-4), 237-251. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.07.003>
- Prassana, B., Chaikam, V., & Mahuku, G. (2012). *Tecnología de dobles haploides en el mejoramiento genético de maíz*. México: CIMMYT. Recuperado el Abril de 2018, de <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/1369/97395.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramírez, R. (2018). Tecnología de dobles haploides [Jalapa, Guatemala: Syngenta, Manager for a Embryo Rescue and Double Haploids Production]. (H. Castañón, Entrevistador)
- Sanchinel, K. (2018). Problemas en la sincronización de plantas doble haploides [Jalapa, Guatemala: Syngenta, Incremento de Dobles Haploides]. (H. Castañón, Entrevistador)
- Sbarbaro, R. (1989). *Etapas para la obtención de un híbrido de maíz*. Obtenido de Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile (INIA): <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR08648.pdf>

- Shivanna, K. R. & Rangaswamy, N. S. (1992). Pollen biology — a laboratory manual. Springer, Berlin. Citado por: Dafni, A., & Firmage, D. (2000). Pollen viability and longevity: practical, ecological and evolutionary implications. *Plant Systematics and Evolution*, 222(1-4), 113-132. Doi:10.1007/BF00984098
- Stanley, R. G., & Linskens, H. (1974). *Polen: Biología, bioquímica y gestión*. Berlín: Springer. Doi:https://doi.org/10.1007/978-3-642-65905-8
- Stone, J., Thomson, J., & Dent-Acosta, S. (1995). Assessment of pollen viability in handpollination experiments: A review. *Botanical Society of America*, 82(9), 1186-1197. Doi:10.1002/j.1537-2197.1995.tb11591.x
- Syngenta, Centro de Investigación de Cultivos, Guatemala (CIC). (2017). Condiciones climáticas de finca Esques, S. A., Jalapa, Guatemala, (hoja Exel). Jalapa, Guatemala.
- Vásquez, F. (2016). *Apuntes de fitogenética, fitomejoramiento y tecnología de la semilla*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Editorial Universitaria.
- WikiGuate. (2016). *Jalapa*. Obtenido de Wikiguate: https://wikiguate.com.gt/jalapa/
- Wilhelmi, L.K., & Preuss, D. 1999. The mating game: pollination and fertilization in flowering plants. . *Current Opinion in Plant Biology*, 2, 18–22. Citado por: Masierowska, M., & Stpiczynska, M. (2013). Stigma receptivity in comfrey (*Symphytum officinale* L.) during the course of anthesis. *Israel Journal of Plant Sciences*, 53(205), 41-46. Doi:10.1560/476M-QGYF-5NWU-L8YR
- Wolters-Arts, M., Lush, W.W., & Mariani, C. (1998). Lipids are required for directional pollen tube growth. *Nature*, 392, 818–821. Citado por: Masierowska, M., & Stpiczynska, M. (2013). Stigma receptivity in comfrey (*Symphytum officinale* L.) during the course of anthesis. *Israel Journal of Plant Sciences*, 53(205), 41-46. Doi:10.1560/476M-QGYF-5NWU-L8YR

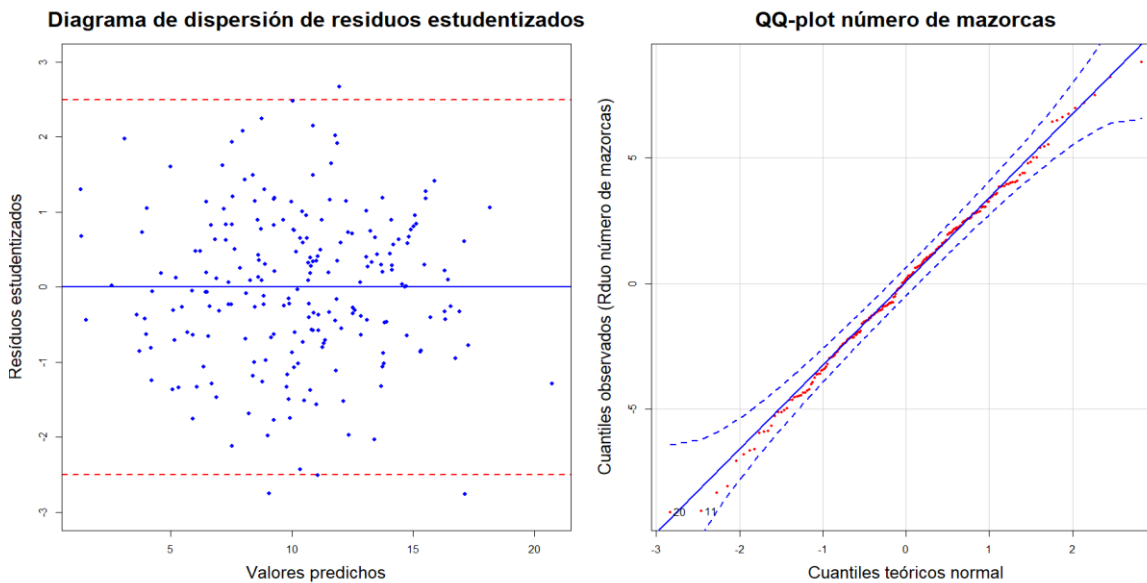


2.9 ANEXOS



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 22A. Supuesto de heterocedasticidad perturbado, para los residuos de la variable frutos por mazorca (sin transformar) y residuos ordinarios ajustados a una distribución normal de dicha variable (derecha).



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 23A. Supuesto de heterocedasticidad sin perturbación (izquierda), para los residuos de la variable frutos por mazorca (transformada). Y residuos ordinarios ajustados a una distribución normal, de dicha variable (derecha).

Cuadro 16A. Prueba de normalidad bajo el criterio de Shapiro-Wilk para los residuos ordinarios de la variable frutos por mazorca.

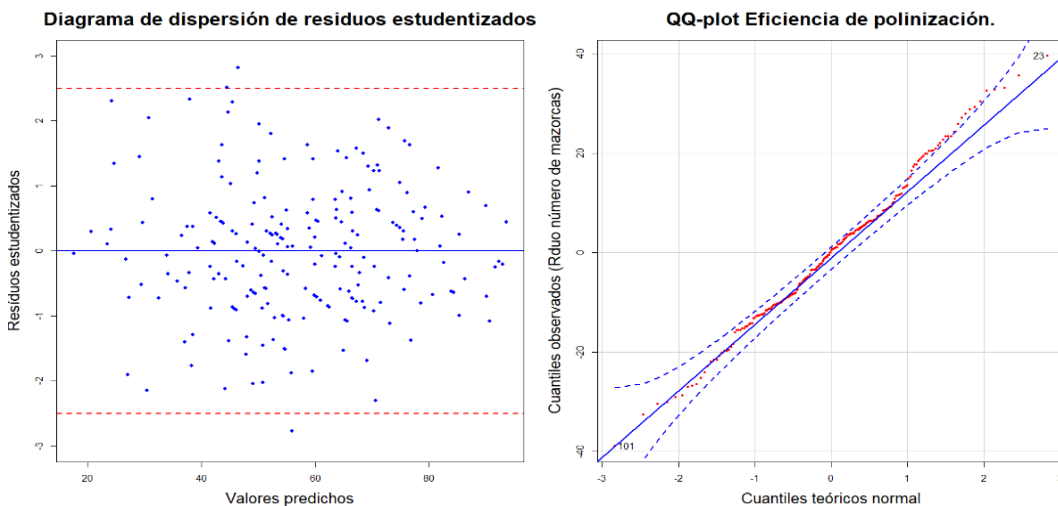
Prueba de normalidad bajo el criterio de Shapiro-Wilk	
datos: residuos ordinarios de variable frutos/mazorca transformada	
W = 0.99628,	p-value = 0.8862
Ho:	Los residuos siguen una distribución normal (p-valor>0.05)
Ha:	Los residuos no presentan distribución normal (p-valor<0.05)

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 17A. Prueba de Homocedasticidad bajo el criterio de Levene para los residuos ordinarios de la variable frutos por mazorca.

Prueba para homogeneidad de varianzas bajo el criterio de Levene (center = "mediana")			
	Df	F value	Pr(>F)
grupos	71	0.4509	0.9999
144			
Ho:	La variación en cada uno de los grupos evaluados es homogénea		
Ha:	La variación en cada uno de los grupos evaluados es heterogénea		

Fuente: elaboración propia, 2019.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 24A. Supuesto de heterocedasticidad sin perturbación (izquierda), para los residuos de la variable eficiencia (transformada). Y residuos ordinarios ajustados a una distribución normal, de dicha variable (derecha).

Cuadro 18A. Prueba de normalidad bajo el criterio de Shapiro-Wilk para los residuos ordinarios de la variable porcentaje (%) de eficiencia de polinización.

Prueba de normalidad bajo el criterio de Shapiro-Wilk	
datos: residuos ordinarios de variable eficiencia de polinización	
W =	p-value
0.99628,	=0.4782
Ho: Los residuos siguen una distribución normal (p-valor>0.05)	
Ha: Los residuos no presentan distribución normal (p-valor<0.05)	

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 19A. Prueba de homocedasticidad bajo el criterio de Levene para los residuos ordinarios de la variable porcentaje (%) de eficiencia de polinización.

Prueba para homogeneidad de varianzas bajo el criterio de Levene (center = "mediana")			
	Df	F value	Pr(>F)
grupo	71	0.4509	0.9999
144			
Ho:	La variación en cada uno de los grupos evaluados es homogénea		
Ha:	La variación en cada uno de los grupos evaluados es heterogénea		

Fuente: elaboración propia, 2019.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 25A. Plantas con presencia de granos, identificadas con etiquetas amarillas.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 26A. Sensor de temperatura, humedad relativa, conductividad eléctrica, registrando 35.8 °C en el invernadero.



**CAPITULO III: SERVICIOS PROFESIONALES REALIZADOS EN FINCA
ESQUEJES, SYNGENTA, JALAPA, GUATEMALA, C.A.**

3.1 PRESENTACIÓN

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala se realizó una fase de servicios en la finca Esquejes S.A. de la empresa Syngenta, que se dedicada a la tecnología de doble haploides en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en el departamento de Jalapa. Esta fase estuvo compuesta por dos actividades que se desarrollaron de Febrero a Noviembre de 2018.

El primer servicio consistió en la evaluación de la viabilidad de polen por el método de FCR, durante la fase de liberación de polen en 3 cultivares, además se busca comprender el efecto de la humedad relativa % y temperatura °C respecto a la viabilidad de polen. Determinando que existía correlación entre la variable temperatura y viabilidad, siendo esta correlación baja (coeficiente de Pearson = -0.24). además se determino que no existía diferencia estadística significativa de la variable porcentaje de viabilidad a lo largo de los 4 días de liberación evaluados.

El segundo servicio, se evalúa el efecto de la frecuencia de polinización en cuatro cultivares de maíz, con dos frecuencias, siendo estas: una autopolinización y dos autopolinizaciones. Determinado que no existe diferencia significativa entre una y otra, para las variables número de mazorcas y frutos por mazorca.

3.2 Servicio 1: Determinación de la viabilidad de polen a lo largo de la fase reproductiva en 3 cultivares de maíz, y su relación con la temperatura y humedad al momento de la colecta de la muestra

3.2.1 OBJETIVOS

A. Objetivo general

- Identificar el porcentaje de viabilidad de polen de maíz (*Zea maíz L.*) durante los diferentes días de liberación.

B. Objetivos específicos

- a. Determinar el día de liberación con mayor porcentaje de viabilidad de polen para tres cultivares
- b. Establecer el día máximo del proceso de liberación de polen para tres cultivares
- c. Identificación de la relación del porcentaje de viabilidad de polen respecto a la temperatura (°C) y humedad relativa (%) para predecir el efecto en dicha variable.

3.2.2 METODOLOGÍA

A. Tratamientos

a. Cultivares de maíz, (factor “A”)

Se establecieron tres cultivares con diferente madurez fisiológica, para conocer el comportamiento de la viabilidad de polen en cada uno, descritos en el cuadro 9.

Cuadro 20. Cultivares de maíz utilizados en la evaluación y sus diferentes tipos de maduración.

Identificación de cultivar	Maduración	Abreviatura designada
17MT900100	Tardío	A
13FP151004	Temprano	B
15FS020297	Temprano	C

Fuente: tomado del CIC, (2017).

b. Días de liberación de polen, (factor “B”)

Este factor se evaluaron 4 niveles, equivalente a cuatro días de liberación. Es necesario resaltar que las plantas duraban más de cuatro días de liberación pero los datos no se completaban para el número de repeticiones respecto al número de plantas previamente seleccionadas para la muestra.

B. Diseño experimental

El modelo que se describe corresponde a un experimento bifactorial, en arreglo combinatorio dispuesto en un diseño en bloques completos al azar, debido a que es el más adecuado.

C. Modelo estadístico

Para un experimento bifactorial, en arreglo combinatorio dispuesto en un diseño en bloques completos al azar, el modelo estadístico-matemático sugerido por López & González, (2013) es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

Siendo:

Y_{ijkl} = Variable de respuesta en la ijkl-ésima unidad experimental.

μ = Media general.

α_i = Efecto de j. ésimo cultivar.

β_j = Efecto del 1-ésimo día de liberación de polen.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i - ésimo nivel del factor "A" y el j - ésimo nivel del factor "B"

γ_k = Efecto del k-ésimo bloque de variabilidad del suelo.

ε_{ijk} = Error experimental asociado a la ijk-esima unidad experimental

D. Unidad experimental

La evaluación tuvo un total de 12 unidades experimentales (3 A * 4 B), cada unidad experimental estuvo conformada por 20 plantas, que se establecieron en dos surco, distribuidas al tresbolillo, dejando un margen de 0.10 m adicional 0.50 m entre cada tratamiento, tomando las primeras 5 plantas productoras de polen.

E. Establecimiento de la plantación y manejo

Se establecieron las 3 plantaciones en campo definitivo, y se realizó la metodología descrita en la página 68, capítulo 2 (metodología).

F. Variables de respuesta.

Para la recolecta de las muestras, se procedió a identificar las primeras 5 plantas productoras de polen, dentro de cada parcela conformada por 20 plantas, la recolecta de las muestras se realizaban en horarios de 1:30 a 2:30 pm. El polen se desechaba.

a. Colecta de datos climáticos

Se estableció un sensor de monitorio de los factores de humedad y temperatura, colectando dichos datos cada 15 min. Dicho sensor se le conocido como WatchDog (ver figura 21A). Posteriormente, se establece los valores de dichas variables ($H^{\circ}R$ y T°), mediante la identificación de la fecha de colecta de polen con el horario descrito anteriormente realizando un promedio de las lecturas en el intervalo de 1:30 a 2:30 pm,

b. Determinación de los valores de viabilidad

Para la realización de esta actividad, fue necesario la colecta de polen en el horario mencionado en el inciso anterior. La cantidad de polen que se extraía fue de 0.1 g y se colocaba en un micro tubo de 2 ml y se almacenaba en una aislante térmico (hielera). Posteriormente se trasladaba a la oficina de viabilidad de polen. El número de plantas fue de 5 plantas por cultivar y 3 repeticiones

Una vez en la oficina de viabilidad, la muestra de polen se le agregaba a una solución de sucrosa al 10 %, (1 ml) y luego FDA (fluorecin diacetato) como colorante 2.5 μ l, posteriormente se procedió a hacer un montaje en un porta objetos y cubre objetos, agregando 1 gota del preparado, se colocó en el microscopio electrónico y mediante el empleo de software (Dinolab) se tomaron 4 fotografías del montaje en menos de 1 min.

La determinación de la viabilidad se realizó con el uso del software Pollen J. que determino el porcentaje de viabilidad de polen, mediante el análisis de las fotografías correspondiente a cada muestra, dicho software examina la intensidad del brillo de los granos de polen.

3.2.3 RESULTADOS

A. Determinación del día de liberación con mayor porcentaje de viabilidad de polen en tres cultivares.

El análisis de varianza (ANDEVA) para la variable porcentaje de viabilidad de polen, los supuestos fundamentales para la validación del modelo estadístico se cumplieron. En el ANDEVA presente en el cuadro 21, no se encontró diferencia significativa para ningún factor evaluado, así como la interacción de dichos factores.

Cuadro 21. Análisis de la varianza para la variable porcentaje viabilidad.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	0.00286	0.001431	0.105	0.9
Cultivar	2	0.02954	0.014772	1.088	0.354
Día de liberación	3	0.00977	0.003256	0.24	0.868
Cultivar *Día de liberación	6	0.0363	0.006051	0.446	0.84
Error	22	0.2986	0.013573		
Total	35	0.37707			
F.V.: fuente de variación		SC: suma de cuadrados		CM: cuadrado medio	
gl: grados de libertad		F: valor estadístico de F		Coeficiente de variación: 38.6 %	

A continuación, se presenta una gráfica donde se encuentran los valores promedio de la variable viabilidad de polen para cada día de liberación.

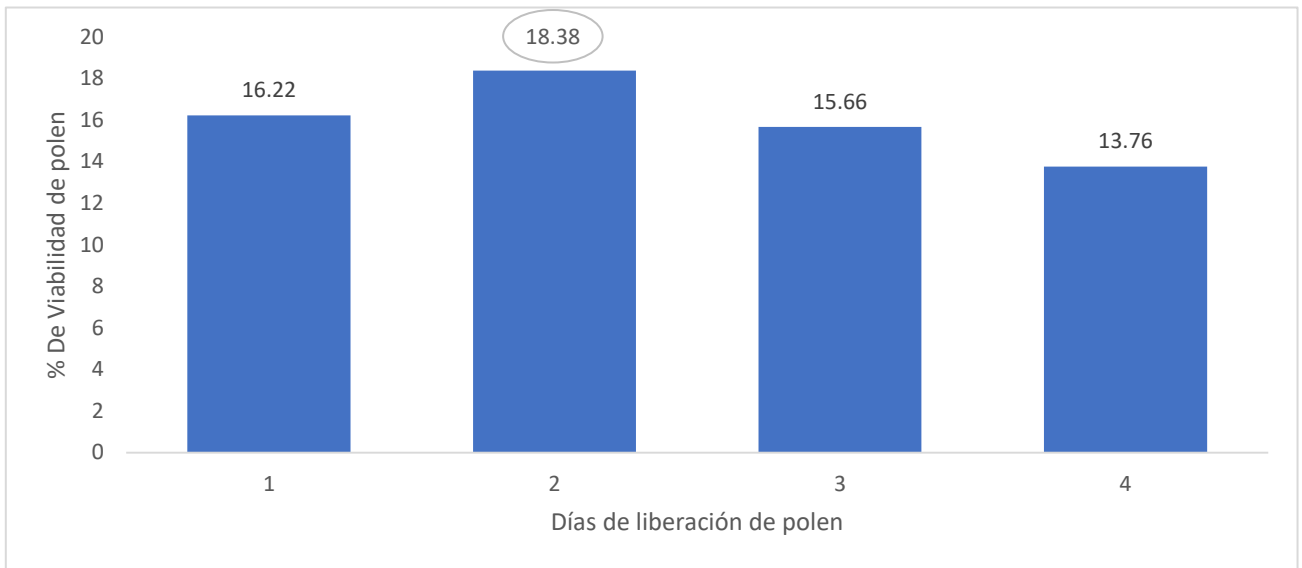


Figura 27. Porcentaje de viabilidad de polen para cada día de liberación evaluado.

En dicha grafica se observa que el día dos de liberación es donde se presentan los valores mas altos de dicha variable. Pero, estadísticamente no existe diferencia significativa para establecer que el día dos es el de mayor viabilidad.

B. Establecimiento del día máximo del proceso de liberación de polen en tres cultivares

A continuación, de forma gráfica se presentan los valores del % de viabilidad acumulado durante 7 días de muestreo. Los días 5,6 y 7 no fueron tomados en el análisis debido a la ausencia de datos, por motivo que existieron plantas seleccionadas que culminaron de forma rápida la liberación de polen, por diferentes razones, como lo es la cantidad de espiguillas en la panoja.

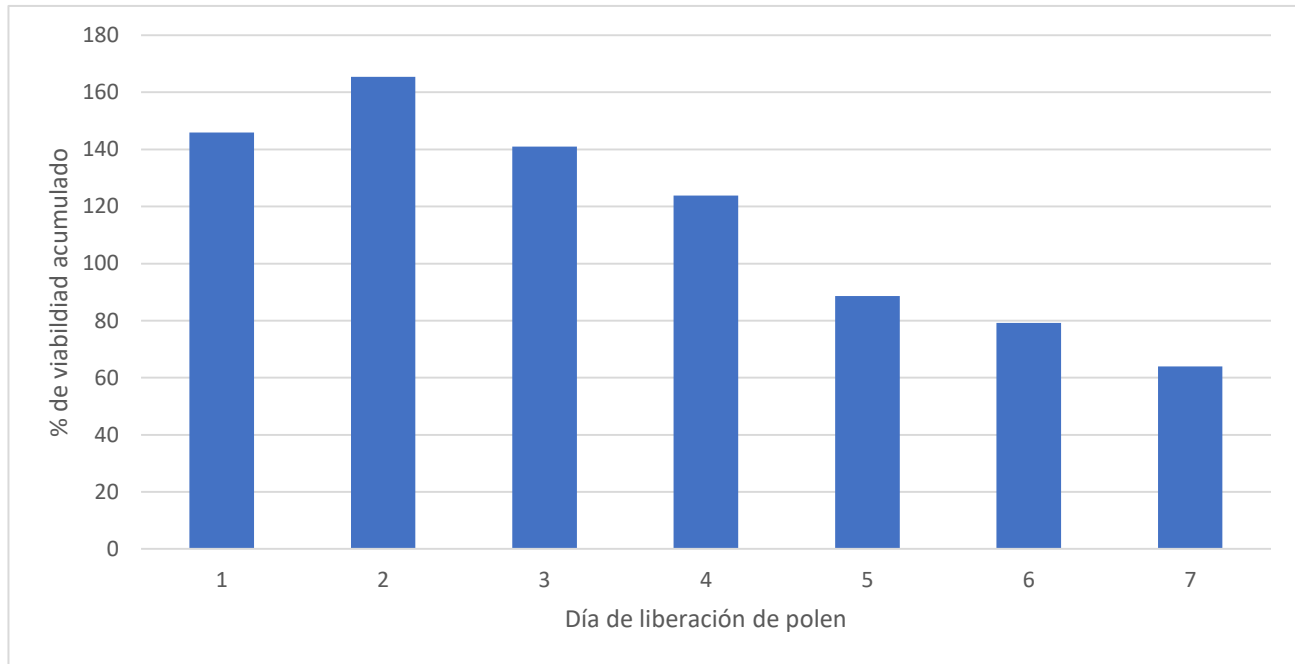


Figura 28. Porcentaje de viabilidad de polen acumulado en siete diferentes días de liberación de polen.

Es evidente que sigue un comportamiento normal, debido a que a medida que los días transcurren la viabilidad disminuye, como todo proceso biológico. Además, el día máximo de registro de liberación es el día siete. Refutando lo establecido en el inciso anterior, que el día dos de liberación es de mayor viabilidad de polen.

C. Establecimiento del día máximo del proceso de liberación de polen en tres cultivares

Mediante un análisis de correlación presente en el cuadro 22, se estableció la asociación de las variables de temperatura (°C) y viabilidad del polen, siendo significativas, con un valor de probabilidad de (0.0013) y un coeficiente de Pearson de -0.2455, indicando una correlación negativa. Para el análisis de estos datos se analizaron 166 muestras, sin tomar en cuenta valores de viabilidad de 0 % y mayores.

Cuadro 22. Análisis de correlación de la variable temperatura, humedad relativa versus viabilidad de polen

Correlación momento-producto de Pearson				
Variable: % de viabilidad				
	Valor de t	grados de libertad	valor de probabilidad	Coefficiente de Pearson
Temperatura (°C)	-3.2536	165	0.001382	-0.2455
Humedad R	1.6342	165	0.1041	0.1262

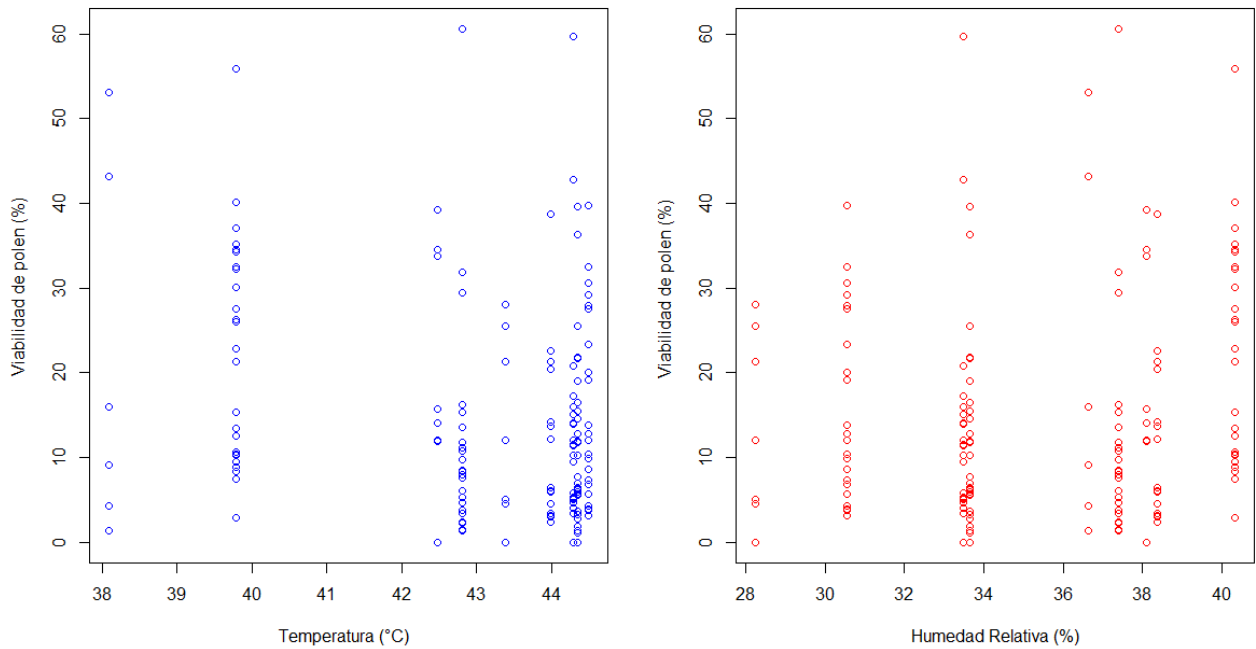


Figura 29. Gráfica de distribución de la viabilidad de polen y su relación con la temperatura y humedad relativa.

3.2.4 EVALUACIÓN DEL SERVICIO

La evaluación de dicho servicio se concluyó en el tiempo establecido, generando información relevante para la finca. Dentro de los avances obtenidos se encuentra que la viabilidad de polen decrece a lo largo del tiempo, por tal motivo, es indispensable la utilización del material genético en la autopolinización en los primeros días de liberación, para disminuir riesgos en la tasa de fecundación.

La relación entre la humedad relativa del ambiente al momento de la colecta del polen no es estadísticamente significativa. También la temperatura mantiene relación inversamente proporcional con los valores del % de viabilidad de polen, pero el valor bajo del coeficiente de Pearson demuestra una baja correlación. Por tal motivo es necesario realizar este proceso con un número de muestras mayor, para su representatividad y realización adecuada de un análisis de regresión lineal.

3.3 Servicio 2: Determinación de número de autopolinización en cuatro cultivares de maíz para la producción de dobles haploides.

3.3.1 OBJETIVOS

A. Objetivo general

Evaluar el efecto del número de autopolinizaciones en cuatro cultivares de maíz (*Zea mays*) para la producción de dobles haploides.

B. Objetivos específicos

- a. Determinar el efecto del número de autopolinizaciones en cuatro cultivares de maíz para la producción de mazorca doble haploide
- b. Determinar el efecto del número de autopolinizaciones en cuatro cultivares de maíz para la producción de frutos por mazorca doble haploide

3.3.2 METODOLOGÍA

A. Tratamientos

c. Cultivares de maíz, (factor "A")

Se establecieron cuatro cultivares con diferente madurez fisiológica, para conocer el comportamiento de la viabilidad de polen en cada uno, descritos en el cuadro 9.

Cuadro 23. Cultivares de maíz utilizados en la evaluación y sus diferentes tipos de maduración.

Identificación de cultivar	Maduración	Abreviatura designada
17MT900100	Tardío	A
13FP151004	Temprano	B
15FS020297	Temprano	C

Fuente: tomado del CIC, (2017).

d. Número de autopolinizaciones realizadas, (factor “B”)

Este factor se evaluaron 2 niveles, equivalente a una autopolinización y dos autopolinizaciones de forma consecutiva respecto al día en horario comprendidos de 13:00 h a 15:00 h.

B. Diseño experimental

El modelo que se describe corresponde a un experimento bifactorial, en arreglo combinatorio dispuesto en un diseño en bloques completos al azar, debido a que es el más adecuado.

C. Modelo estadístico

Para un experimento bifactorial, en arreglo combinatorio dispuesto en un diseño en bloques completos al azar, el modelo estadístico-matemático sugerido por López & González, (2013) es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijkl}$$

Siendo:

Y_{ijkl} = Variable de respuesta en la $ijkl$ -ésima unidad experimental.

μ = Media general.

α_i = Efecto de i -ésimo cultivar.

β_j = Efecto del j -ésimo día de liberación de polen.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i -ésimo nivel del factor "A" y el j -ésimo nivel del factor "B"

γ_k = Efecto del k -ésimo bloque de variabilidad del suelo.

ε_{ijkl} = Error experimental asociado a la $ijkl$ -ésima unidad experimental

D. Unidad experimental

La evaluación tuvo un total de 8 unidades experimentales ($4 A * 2 B$), y 6 repeticiones, cada unidad experimental estuvo conformada por 20 plantas, que se establecieron en dos surcos, distribuidas al tresbolillo, dejando un margen de 0.10 m adicional 0.50 m entre cada tratamiento, recolectando información de las plantas que logran producir mazorca, que es relativamente un 25 % aproximadamente.

E. Establecimiento de la plantación y manejo

Se establecieron las 4 plantaciones en campo definitivo, y se realizó la metodología descrita en la página 68, capítulo 2 (metodología).

F. Variables de respuesta.

Para la recolecta de la información se esperó la madurez fisiológica del grano, para su cosecha, embalaje y posterior conteo de mazorca, así como el conteo de frutos por mazorca, identificados para cada tratamiento.

3.3.3 RESULTADOS

D. Determinación del efecto de la frecuencia de polinización para la producción de mazorcas doble haploide.

El análisis de varianza (ANDEVA) para la variable número de mazorcas, los supuestos fundamentales para la validación del modelo estadístico se cumplieron. En el ANDEVA presente en el cuadro 24, no se encontró diferencia significativa para ningún factor de interés evaluado, así como la interacción de dichos factores.

Cuadro 24. Análisis de la varianza para la variable número de mazorcas.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloque	5	15.67	3.13	1.337	0.272
Número de autopolinizaciones	1	0.08	0.08	0.036	0.851
Cultivar	3	180.67	60.22	25.705	5.74E-09
Cultivar * número de autospol.	3	4.25	1.42	0.605	0.616
Error	35	82	2.34		
Total	47	282.67			
F.V.: fuente de variación		SC: suma de cuadrados		CM: cuadrado medio	
gl: grados de libertad		F: valor estadístico de F			

E. Determinación del efecto de la frecuencia de polinización para la producción de frutos por mazorca.

El análisis de varianza (ANDEVA) para la variable número de frutos por mazorca, los supuestos fundamentales para la validación del modelo estadístico se cumplieron. En el ANDEVA presente en el cuadro 25, no se encontró diferencia significativa para el factor de interés, así como la interacción de dichos factores.

Cuadro 25. Análisis de la varianza para la variable número de mazorcas.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloque	5	2297	459	0.773	0.575951
Número de autopolinizaciones	1	507	507	0.853	0.362034
Cultivar	3	16403	5468	9.197	0.000126
Cultivar * número de autospol.	3	362	121	0.203	0.893456
Error	35	20807	594		
Total	47	40376			
F.V.: fuente de variación		SC: suma de cuadrados		CM: cuadrado medio	
gl: grados de libertad		F: valor estadístico de F		CV: 44%	

Con base al ANDEVA se determinó que la frecuencia de autopolinización de dos días consecutivos no difiere de la autopolinización una sola vez.

3.3.4 EVALUACIÓN DEL SERVICIO

La evaluación de dicho servicio se concluyó en el tiempo establecido, generando información relevante para la finca. Cumpliendo con los objetivos planteados. Dentro de los avances obtenidos se encuentra que el número de autopolinizaciones no influye en la producción de mazorca, así como la producción de frutos por mazorca. Únicamente se aprecia la diferencia entre los cultivares. Lo que supone una única autopolinización para evitar contaminaciones (polen proveniente de otro cultivar).

3.4 BIBLIOGRAFÍA

- Dafni, A., & Firmage, D. (2000a). Pollen viability and longevity: practical, ecological and evolutionary implications. *Plant Systematics and Evolution*, 222(1-4), 113-132.
Doi:10.1007/BF00984098
- DuPont. (2015). *Maíz crecimiento y desarrollo*. Obtenido de DuPont:
https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf
- Hoekstra, F., & Bruinsma, J. (1980). Control of respiration of binucleate and trinucleate pollen under humid conditions. *Physiologia Plantarum*, 48, 71-77.
Doi:<https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1980.tb03221.x>
- Lincoln, R. J., Boxshall, G. A., & Clark, P. F. (1982). *A dictionary of ecology, evolution and systematics*. New York, USA: Cambridge University Press. Citado por: Dafni, A., & Firmage, D. (2000). Pollen longevity: practical, ecology and evolutionary implication. In D. A. M. Hesse, & E. Pacini. *Pollen and pollination*. Vienna: Springer.
Doi:10.1007/BF00984098
- López, E., & González, B. (2013). *Diseño y análisis de experimentos, fundamentos y aplicaciones en agronomía*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Centro de Telemática. Obtenido de
https://issuu.com/bandontherun/docs/texto_dise_o_analisis_experimentos_ezequiel_lopez
- Nielsen, R. (2016). *Silk development and emergence in corn*. Obtenido de PURDUE University. Department of Agronomy:
<http://www.kingcorn.org/news/timeless/Silks.html>
- Paiwall, R., Granados, G., Lafitte, H., & Violic, A. (2001). *El maíz en los trópicos: mejoramiento y consumo*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Obtenido de
<http://www.fao.org/3/x7650s00.htm#toc>

Stanley, R. G., & Linskens, H. (1974). *Polen: Biología, bioquímica y gestión*. Berlín: Springer. Doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-642-65905-8>

Vásquez, F. (2016). *Apuntes de fitogenética, fitomejoramiento y tecnología de la semilla*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Editorial Universitaria.





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



REF. Sem. 11/2020

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: “EVALUACIÓN DE LA SINCRONIZACIÓN DE LOS GAMETOS MASCULINOS Y FEMENINOS EN EL CRECIMIENTO DE DOBLES HAPLOIDES EN SEIS CULTIVARES DE MAÍZ (*Zea mays* L), JALAPA, GUATEMALA, C.A.”

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: HOMERO JAVIER CASTAÑÓN MORÁN

CARNE: 201400813

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Dr. David Monterroso Salvatierra
Ing. Agr. Francisco Javier Vásquez
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.


Ing. Agr. Francisco Javier Vásquez
ASESOR ESPECÍFICO


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


Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro
DIRECTOR DEL IIA



WNR/nm
c.c. Archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
COORDINACIÓN AREA INTEGRADA –EPS-



Ref. SAIEPSA.27.2021

Guatemala, 9 abril de 2021

TRABAJO DE GRADUACIÓN: EVALUACIÓN DE LA SINCRONIZACIÓN DE LOS GAMETOS MASCULINOS Y FEMENINOS EN EL CRECIMIENTO DE DOBLES HAPLOIDES EN SEIS CULTIVARES DE MAÍZ (*Zea mays* L.) JALAPA, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: HOMERO JAVIER CASTAÑÓN MORÁN

No. CARNÉ 201400813

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

“EVALUACIÓN DE LA SINCRONIZACIÓN DE LOS GAMETOS MASCULINOS Y FEMENINOS EN EL CRECIMIENTO DE DOBLES HAPLOIDES EN SEIS CULTIVARES DE MAÍZ (*Zea mays* L.), JALAPA, GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Dr. David Monterroso Salvatierra
Dr. Francisco Javier Vásquez
Ing. Agr. Fredy Rolando Hernández Ola

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. M.A. Pedro Peláez Reyes
Coordinador Area Integrada – EPS



cc.archivo
PPR/azud



No. 30.2021

Trabajo de Graduación:	"EVALUACIÓN DE LA SINCRONIZACIÓN DE LOS GAMETOS MASCULINOS Y FEMENINOS EN EL CRECIMIENTO DE DOBLES HAPLOIDES EN SEIS CULTIVARES DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN SYNGENTA, JALAPA, GUATEMALA, C.A."
Estudiante:	Homero Javier Castañón Morán
Carné:	201400813

IMPRÍMASE

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

