

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



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CORRECTORES SALINOS EN
EL RENDIMIENTO DE LÍNEAS PURAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.), EN SUELOS DEL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE CULTIVOS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS
REALIZADOS EN EL ÁREA DE BABY NURSERY, ESQUEJES S.A., JALAPA,
GUATEMALA, C.A.**

MELISA NOHEMÍ MARÍA PATÁN VALDEZ

GUATEMALA, MARZO DE 2021

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN JALAPA, GUATEMALA

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

POR

MELISA NOHEMÍ MARÍA PATÁN VALDEZ

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA AGRÓNOMA**

EN

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

GUATEMALA, MARZO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

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, MARZO DE 2021

Guatemala, marzo 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 del efecto de la aplicación de correctores salinos en el rendimiento de líneas puras de maíz (*Zea mays* L.), en suelos del Centro de Investigación de Cultivos, diagnóstico y servicios realizados en el área de baby nursery, Esquejes S.A., Jalapa, Guatemala, C.A. ”** como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciada.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



MELISA NOHEMÍ MARÍA PATÁN VALDEZ

DEDICATORIA

A:

DIOS

Por ser mí guía en cada etapa de mi vida.

MIS PADRES

Elvira Ermelinda Valdez y José Luis Patán por ser un pilar fundamental en mi formación personal y profesional. Gracias por su apoyo, consejos y permitirme alcanzar mis metas, este título es de ustedes.

MIS HERMANOS

Luis, Luisa, Fernando y Daniel gracias por su cariño y apoyo incondicional.

MIS AMIGOS

Ana Montejo, Ana Juárez, Vivian Guerra, Victoria Lejá, Clarissa Paz, Gabriela Soria, Sofía Sánchez, Jilza Corado, Jonathan Mendoza, gracias por acompañarme en este recorrido, por los momentos compartidos y su amistad.

AGRADECIMIENTOS

A:

MIS CENTROS DE ESTUDIO

Instituto Teórico Práctico de Agricultura "ITPA" y Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por formarme como profesional.

MI ASESOR

Ing. Agr. Felix Martínez por su amistad, dedicación y asesoría para la elaboración de mi investigación profesional.

MI SUPERVISOR

Ing. Agr. Fredy Hernández por sus consejos y apoyo durante mi EPS y para la elaboración de este informe de graduación.

Ph. D. AMÍLCAR SÁNCHEZ

Por compartir sus conocimientos en los cursos que me impartió e inspirarme a ser una buena profesional, gracias.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE CULTIVOS, ESQUEJES S.A.

Empresa que me dio la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado, principalmente al Ing. Agr. Ernesto España por compartir sus conocimientos en la obtención de líneas puras de maíz.

MIS DEMÁS AMIGOS

Con los que tuve la oportunidad de compartir aulas.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	xi
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DEL MANEJO ACTUAL EN CAMPO DE LÍNEAS DOBLE HAPLOIDES DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.) REALIZADO EN EL ÁREA DE BABY NURSERY DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE CULTIVOS, ESQUEJES S. A., JALAPA, GUATEMALA, C.A.....	
	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	3
1.2 MARCO REFERENCIAL.....	5
1.2.1 Ubicación	5
1.2.2 Clima	6
1.2.3 Suelo	6
1.2.4 Recursos hídricos.....	7
1.3 OBJETIVOS	7
1.3.1 General	7
1.3.2 Específicos.....	7
1.4 METODOLOGÍA.....	8
1.4.1 Proceso productivo del cultivo doble haploides de maíz en el área de baby nursery.	8
1.4.2 Identificación de agentes internos y externo que interviene en la producción de semillas de líneas puras de maíz	9
1.4.3 Priorización de problemas del manejo del cultivo de líneas puras de maíz.	10
1.5 RESULTADOS	11
1.5.1 Proceso productivo del cultivo de maíz doble haploides en el área de baby nursery	11
1.5.2 Identificación de agentes internos y externo que intervienen en la producción de semillas de líneas puras de maíz	17
1.5.3 Priorización de problemas en el manejo del cultivo de líneas puras de maíz	19
1.6 CONCLUSIONES.....	26
1.7 RECOMENDACIONES	27
1.8 BIBLIOGRAFÍA	28

	Página
CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CORRECTORES SALINOS EN EL RENDIMIENTO DE LÍNEAS PURAS DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.), EN SUELOS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE CULTIVOS, ESQUEJES S.A. JALAPA, GUATEMALA, C.A.	29
2.1 PRESENTACIÓN	31
2.2 MARCO TEÓRICO	33
2.2.1 Salinidad de los suelos	33
2.2.2 Cultivo de maíz	46
2.3 OBJETIVOS	53
2.3.1 General	53
2.3.2 Específicos	53
2.4 HIPÓTESIS	53
2.5 METODOLOGÍA	54
2.5.1 Caracterización del área experimental, material vegetal y productos	54
2.5.2 Comportamiento de la CE y pH del suelo	62
2.5.3 Porcentaje de sobrevivencia	64
2.5.4 Desarrollo del material vegetal	75
2.5.5 Retorno de producción	77
2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	80
2.6.1 Comportamiento de la CE y pH del suelo	80
2.6.2 Porcentaje de sobrevivencia	87
2.6.3 Desarrollo del material vegetal	90
2.6.4 Retorno de la producción	98
2.7 CONCLUSIONES	102
2.8 RECOMENDACIONES	103
2.9 BIBLIOGRAFÍA	104
2.10 ANEXOS	114

CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE	
	CULTIVOS, ESQUEJES S.A., JALAPA, GUATEMALA, C.A. 121
3.1	PRESENTACIÓN 123
3.2	SERVICIO 1. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE
	ATRAZINA SOBRE LA ESTERILIDAD DE CINCO LÍNEAS PURAS DE MAÍZ
	(<i>Zea mays</i> L.) EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE CULTIVOS,
	ESQUEJES S.A. 125
3.2.1	Objetivos 125
3.2.2	Metodología..... 126
3.2.3	Resultados 133
3.2.4	Evaluación..... 151
3.2.5	Bibliografía 151

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación de la finca Esquejes S.A.	5
Figura 2. Climadiagrama del Centro de Investigación de Cultivos, Esquejes S.A. con datos de la estación Potrero Carrillo, Jalapa, Guatemala.	6
Figura 3. Plantas doble haploides de maíz, 27 días después de la siembra. (a) material homogéneo y (b) material heterogéneo.	12
Figura 4. Pilonos de maíz bien enraizados, obtenidos por ERDH.	12
Figura 5. Distribución al tres bolillo de plantas de maíz después del trasplante.	13
Figura 6. Aislado o colocado de glassine en la inflorescencia femenina de maíz.	14
Figura 7. Colocación de glassine en inflorescencia masculina (panoja).	14
Figura 8. Inicio de la emergencia de anteras de la espiga.	15
Figura 9. Preparado de la inflorescencia femenina, corte de brácteas de 1 a 2 centímetros arriba del jilote para propiciar la emergencia de la seda.	15
Figura 10. Preparado de la inflorescencia femenina cuando la seda ha emergido, formación de brocha de uno a dos centímetros arriba de las brácteas.	16
Figura 11. Planta de maíz con polinización asistida.	17
Figura 12. Depósito de fertilizantes sólidos en el cultivo de líneas doble haploides de maíz, el cual se realiza a los 15 días después del trasplante.	20
Figura 13. Espigas en maíz doble haploide, espiga estéril (a) y espiga con poca producción de polen (b).	20
Figura 14. Terreno limpio para el trasplante de plántulas de maíz después de dos ciclos de cultivo con problemas de salinidad.	21
Figura 15. Muerte de plantas por alta concentración de sales.	22
Figura 16. Árbol de problema, retorno de mazorcas de líneas puras de maíz.	22
Figura 17. Árbol problema de la salinidad del suelo en el cultivo de maíz doble haploide.	23
Figura 18. Árbol de problema de la contaminación de mazorcas de líneas puras de maíz.	24
Figura 19. Distribución de las bolsas empleadas en la producción de flores.	56
Figura 20. Altura de referencia de las bancas del cultivo de flores.	57

	Página
Figura 21. Rotación de cultivo con soya.....	59
Figura 22. Solución de las muestras de suelo para la medición de EC.....	63
Figura 23. Unidad experimental.	66
Figura 24. Distribución de los tratamientos en campo.....	67
Figura 25. Etiqueta de la unidad experimental.	69
Figura 26. Aplicación de los productos en las unidades experimentales.	71
Figura 27. Plantas de maíz listas para el trasplante.....	71
Figura 28. Trasplante del material vegetal.	72
Figura 29. Sellado después del trasplante.	72
Figura 30. Cinta de riego del sistema de fertirriego.....	73
Figura 31. Daños ocasionados por gusano cogollero en la etapa vegetativa del maíz.	74
Figura 32. Medición del incremento de altura de las plantas a los 15 días después de trasplante.....	76
Figura 33. Medición del diámetro de las plantas a los 15 días después del trasplante.	77
Figura 34. Cosecha de las unidades experimentales.....	78
Figura 35. Conteo de mazorcas de la unidad experimental.	79
Figura 36. Comportamiento de la CE (D) de los tratamientos hasta los 42 DDT.	81
Figura 37. Comportamiento de la CE (M) en la etapa crítica del trasplante.	83
Figura 38. El pH del suelo durante la etapa de investigación.....	86
Figura 39A. Lectura de CE y pH de las muestras de suelo.....	114
Figura 40A. Sifón tipo Venturi utilizado para la aplicación de los productos.	115
Figura 41A. Calibración de la solución descargada en un recipiente de volumen conocido.	115
Figura 42A. Dosis consumida de solución madre en volumen conocido de agua.....	115
Figura 43. Dimensionales de la unidad experimental.....	127
Figura 44. Distribución de los tratamientos en la parcela experimental.	128
Figura 45. Distribución y trasplante de pilones de maíz en la unidad experimental respectiva.	129
Figura 46. Aplicación de herbicida (atrazina) a las unidades experimentales respectivas.	129

	Página
Figura 47. Porcentaje de esterilidad de cinco materiales de maíz.....	135
Figura 48. Altura de la planta en metros de cinco materiales de maíz.	138
Figura 49. Diámetro del tallo en milímetros de cinco materiales de maíz.....	139
Figura 50. Número de hojas de cinco materiales de maíz.....	140
Figura 51. Número de nudos de cinco materiales de maíz.	142
Figura 52. Unidades relativas de clorofila de cinco materiales de maíz.	143
Figura 53. Tiempo de emergencia del jilote en días después del trasplante (ddt) de cinco materiales de maíz.	146
Figura 54. Tiempo de colocación de glassine en el jilote en días después del trasplante (ddt) de cinco materiales de maíz.	147
Figura 55. Tiempo de liberación de polen en días después del trasplante (ddt) de cinco materiales de maíz.	148
Figura 56. Tiempo de inicio de polinización en días después del trasplante (ddt) de cinco materiales de maíz.	150

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Matriz FODA del área de Baby Nursery en el Centro de Investigación de Cultivos, Esquejes S.A., Jalapa, Guatemala.	9
Cuadro 2. Matriz de jerarquización de problemas	10
Cuadro 3. Matriz FODA del área de Baby Nursery del Centro de Investigación, Esquejes S.A., Jalapa, Guatemala.	18
Cuadro 4. Matriz de Jerarquización de problemas.	25
Cuadro 5. Directrices para la interpretación de la calidad del agua para el riego.	35
Cuadro 6. Índice de salinidad de los fertilizantes más utilizados.	36
Cuadro 7. Indicadores de salinidad del suelo y rango.	39
Cuadro 8. Producción relativa del cultivo de maíz bajo influencia de salinidad.	41
Cuadro 9. Estados del desarrollo vegetativo y reproductivo del maíz.	48
Cuadro 10. Requerimientos y extracción de grano de nutrientes para producir una tonelada de grano de maíz.	51
Cuadro 11. Resultados de las propiedades químicas del suelo del área experimental.	55
Cuadro 12. Registros del monitoreo de la conductividad eléctrica en el área experimental.	57
Cuadro 13. Origen del material vegetal utilizado para la evaluación.	60
Cuadro 14. Características químicas de productos comerciales evaluados.	61
Cuadro 15. Descripción de los productos comerciales.	61
Cuadro 16. Identificación de los materiales trasplantados en la evaluación.	64
Cuadro 17. Descripción de los tratamientos evaluados.	65
Cuadro 18. Combinaciones de los 48 tratamientos.	65
Cuadro 19. Valores de CE (D) en la etapa crítica del cultivo de maíz DH por tratamiento (dS/m).	81
Cuadro 20. Valores medidos de CE (M) la etapa crítica del cultivo de maíz DH por tratamiento (dS/m).	82
Cuadro 21. Valores promedios del pH en la etapa crítica de las plantas de maíz DH.	85
Cuadro 22. Porcentaje de sobrevivencia a los 15 días después del trasplante.	87

	Página
Cuadro 23. Porcentaje de sobrevivencia a los 15 días después del trasplante corregido en ocho materiales de maíz doble haploide.	87
Cuadro 24. Resultados del análisis de varianza para la variable porcentaje de sobrevivencia de materiales de maíz doble haploide.	88
Cuadro 25. Incremento de altura (cm) para ocho diferentes materiales de maíz doble haploide.	90
Cuadro 26. Resultado del análisis de varianza para la variable incremento de altura de materiales de maíz doble haploide.	91
Cuadro 27. Número de hojas promedio de ocho materiales de maíz doble haploide.	92
Cuadro 28. Resultado del análisis de varianza para la variable número de hojas en materiales de maíz doble haploide.	92
Cuadro 29. Diámetro (mm) promedio de ocho materiales de maíz doble haploide.	93
Cuadro 30. Resultados del análisis de varianza para la variable diámetro promedio en materiales de maíz doble haploide.	94
Cuadro 31. Unidades relativas de clorofila (UCR) en ocho materiales de maíz doble haploide.	95
Cuadro 32. Resultado del análisis de varianza del contenido fotosintético en materiales de maíz doble haploide.	95
Cuadro 33. Porcentaje del retorno de la producción de ocho materiales de maíz doble haploides.	98
Cuadro 34. Porcentaje del retorno de la producción de materiales de maíz doble haploides corregido.	99
Cuadro 35. Resultados del análisis de varianza para retorno de la producción materiales de maíz doble haploide.	99
Cuadro 36A. Informe de análisis de agua del pozo uno.	114
Cuadro 37A. Datos por observación empleados para el análisis estadístico.	116
Cuadro 38. Descripción de los materiales sembrados para la determinar el efecto de la aplicación de atrazina en cinco cultivares doble haploides de maíz (Zea mays L.).	126
Cuadro 39. Descripción de los tratamientos.	127

	Página
Cuadro 40. Datos obtenidos en campo para determinar la esterilidad en cinco materiales de maíz.	134
Cuadro 41. Prueba de t del porcentaje de esterilidad de cinco materiales de maíz.	135
Cuadro 42. Promedios por unidad experimental para determinar la vigorosidad de cinco materiales de maíz.	137
Cuadro 43. Prueba de t de la altura de la planta en metros de cinco materiales de maíz.	138
Cuadro 44. Prueba de t del diámetro del tallo de cinco materiales de maíz.	140
Cuadro 45. Prueba de t del número de hojas de cinco materiales de maíz.	141
Cuadro 46. Prueba de t del número de nudos de cinco materiales de maíz.	142
Cuadro 47. Prueba de t de las unidades relativas de clorofila de cinco materiales de maíz.	143
Cuadro 48. Datos obtenidos en campo para determinar el desarrollo de la etapa reproductiva de cinco materiales de maíz.	144
Cuadro 49. Prueba de t del tiempo de emergencia del jilote en días después del trasplante (ddt) de cinco materiales de maíz.	146
Cuadro 50. Prueba de t del tiempo de colocación de glassine en jilote en días después del trasplante (ddt) de cinco materiales de maíz.	148
Cuadro 51. Prueba de t del tiempo de liberación de polen en días después del trasplante (ddt) de cinco materiales de maíz.	149
Cuadro 52. Prueba de t del tiempo de inicio de polinización en días después del trasplante (ddt) de cinco materiales de maíz.	150

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CORRECTORES SALINOS EN EL RENDIMIENTO DE LÍNEAS PURAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.), EN SUELOS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE CULTIVOS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL ÁREA DE BABY NURSERY, ESQUEJES S.A., JALAPA, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

El presente documento está integrado por tres capítulos (diagnóstico, investigación y servicios) como parte del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía –EPS–, ejecutado de febrero a noviembre del 2018 en el cultivo de líneas doble haploides de maíz (*Zea mays* L.) en el Centro de Investigación de Cultivos, Esquejes S.A. El Capítulo I es una herramienta que permitió conocer la situación actual del área de "Baby Nursery" y con la información recolectada se identificó que la etapa vegetativa inicia con el trasplante del material vegetal procedente del rescate de embriones doble haploides y finalizan en la etapa reproductiva con la cosecha de mazorcas.

Se identificaron las oportunidades de la empresa y la principal es que cuenta con un área de investigación capaz de identificar las problemáticas, investigar y proponer posibles soluciones, expertiz del recurso humano y planes de adecuación de nuevas áreas para el cultivo. Dentro de las amenazas se cuenta con condiciones ambientales adversas, la proliferación de plagas y enfermedades, estas amenazas se pueden minimizar al ampliar el área productiva con invernaderos adecuados al cultivo y realizar el plan de manejo de plagas y enfermedades de manera oportuna.

Dentro de las fortalezas el área cuenta con insumos, maquinaria y herramientas disponibles y un plan de manejo agronómico establecido y las debilidades identificadas fueron el origen del material vegetal, deterioro y alteración de las propiedades del suelo, presencia de plagas y enfermedades, infraestructura inadecuada y poca área para el cultivo e ingreso de personal sin experiencia al área en épocas de mayor producción, estas debilidades se pueden minimizar al capacitar

al personal en el proceso productivo, mejorar las propiedades del suelo, control adecuado de plagas y enfermedades, mejorar la infraestructura y ampliar el área productiva.

También se identificaron los principales problemas y el de mayor importancia en este caso fue la alta concentración de sales en los suelos con un valor de 14, ocasionando por el exceso de fertilizantes empleados en cada ciclo de cultivo, el segundo fue el retorno de mazorcas con 11 y el tercer problema fue la contaminación de mazorcas ocasionando daños en calidad y cantidad de semillas con nueve, con base a estos resultados se propuso el planteamiento de la investigación.

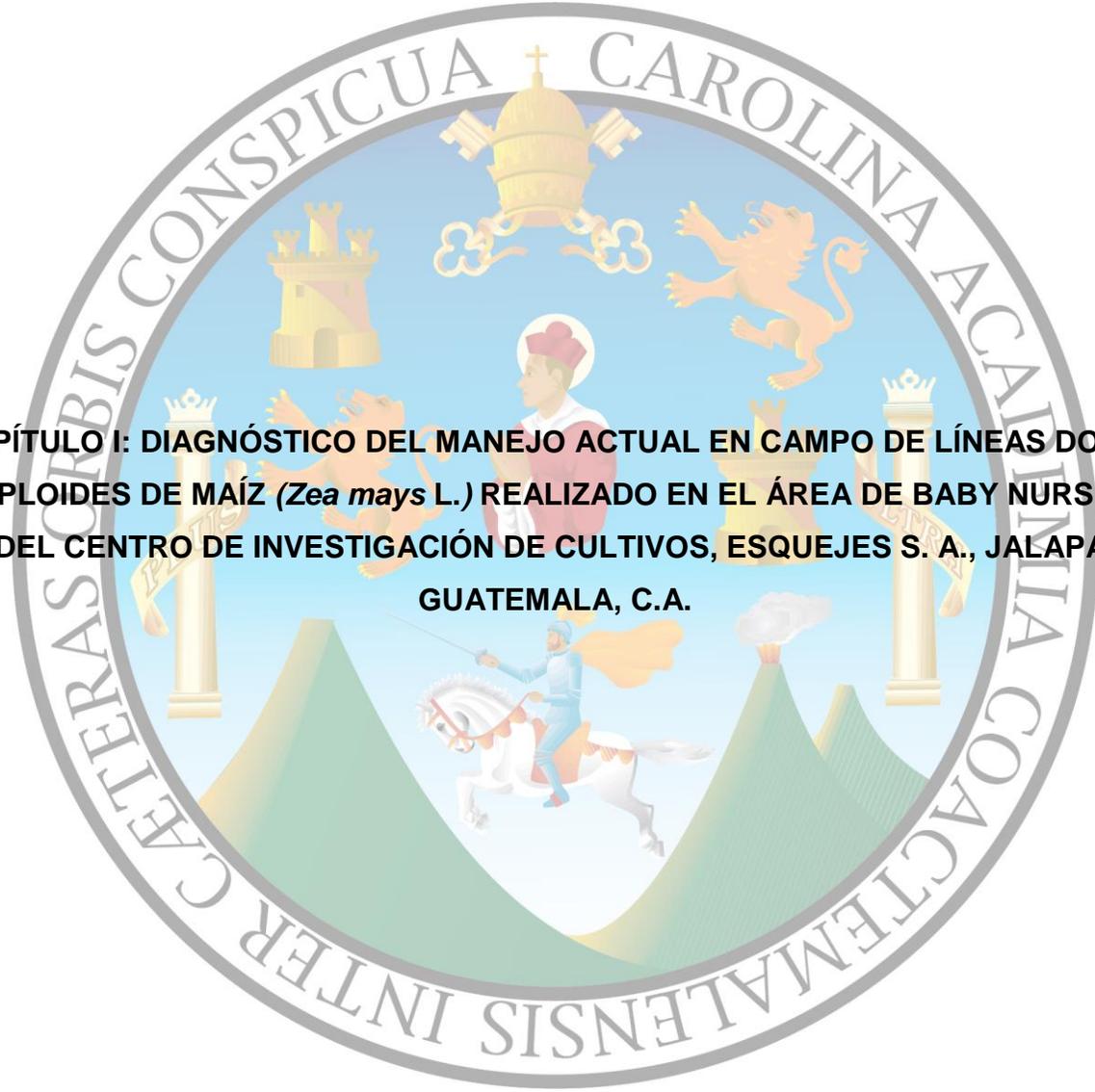
El Capítulo II trata sobre la investigación, cuyo propósito fue evaluar el efecto de correctores salinos en el rendimiento de líneas puras de maíz en un suelo salino en el Centro de Investigación de Cultivos Esquejes S.A. El suelo se caracterizó por presentar un CE de 4.24 mS/cm, pH 4.72 y PSI de 8.94 % clasificándolo como un suelo salino, como tratamientos se evaluaron seis correctores de salinidad, correspondientes a manejo cultural (riego de lavado), testigo (riego a capacidad de campo), Myr Ca®, Fertisal SL®, Terrabien® y Dispersal® en ocho materiales de maíz doble haploide.

El comportamiento de la CE y pH del suelo se tomó desde la aplicación de los tratamientos hasta los 15 ddt (etapa crítica), los valores obtenidos no superaron el nivel crítico de salinidad tolerable por el maíz (3.7 dS/m y pH 5.6 a 6.5), la CE (D) fue de 0.65 dS/m (Dispersal) a 1.67 dS/m (testigo), CE (M) de 0.65 dS/m (Dispersal y manejo cultural) a 2.42 dS/m (Myr Ca) y pH de 5.86 (Myr Ca) a 6.08 (Dispersal).

Para las variables sobrevivencia y retorno de producción ningún tratamiento alcanzó el porcentaje deseado (95 % y 28 %), además ninguna variable evaluada obtuvo diferencia estadística significativa, pero Dispersal obtuvo los mejores resultados con 92.14 % de sobrevivencia, 27.72 % de retorno de producción, 17.45 cm incremento

de altura, 9.93 mm diámetro y 48.72 UCR contenido fotosintético. Para la variable número de hojas todos los tratamientos obtuvieron el mismo número (6).

El Capítulo III describe el servicio prestado a la empresa, donde se evaluó el efecto de la aplicación de atrazina sobre la esterilidad de cinco materiales de maíz (*Zea mays* L.) doble haploides. Se logró evaluar al 100 % los efectos de la aplicación del herbicida, identificando que el porcentaje de esterilidad no se ve afectado al aplicar o no el herbicida (atrazina) en las cinco líneas y ningún material fue afectado en cuanto al desarrollo y etapa reproductiva del cultivo, por lo que la empresa puede seguir utilizando el herbicida ya que controla adecuadamente a las plantas arvenses.



CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DEL MANEJO ACTUAL EN CAMPO DE LÍNEAS DOBLE HAPLOIDES DE MAÍZ (*Zea mays* L.) REALIZADO EN EL ÁREA DE BABY NURSERY DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE CULTIVOS, ESQUEJES S. A., JALAPA, GUATEMALA, C.A.

1.1 PRESENTACIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta empleada para la alimentación humana y animal en todo el mundo, es un grano de importancia por el uso industrial como base de concentrados, cereales, harinas y demás, debido a ello se han investigados métodos de mejoramiento para la obtención de altos rendimientos y buena calidad. En el mundo la siembra del cultivo de maíz se realiza de una forma intensiva, debido a ello entidades gubernamentales y no gubernamentales interviene en el mejoramiento del cultivo a condiciones adversas.

El Centro de Investigación de Cultivos de la Empresa Esquejes S.A. trabaja con la técnica de rescate de embriones doble haploides, con la finalidad de obtener líneas totalmente homocigotas de maíz y así obtener caracteres para el desarrollo de nuevos híbridos (Prasanna, B.M.; Chaikam, V.; Mahuku, G., 2013). Para producir líneas puras la estación experimental se encuentra dividida en áreas, destacando el área de "Baby Nursery" donde se realizó el diagnóstico de febrero a abril de 2018.

En este documento se describen las actividades que se realizan constantemente en el cultivo de líneas doble haploides de maíz como fruto del sondeo y caracterización de área, también se determinaron los factores internos, externos, aspectos positivos y negativos con la ayuda de la matriz FODA y finalmente se identificaron los principales problemas con la construcción de árboles de problemas y un análisis causa-efecto y la matriz de priorización de problemas.

Las actividades que conforman el proceso productivo en la etapa vegetativa de las plantas inician con el trasplante de plántulas a campo, determinación de la sobrevivencia, selección y eliminación de plantas diploides (escapes); en etapa reproductiva se realiza el aislado o colocado de glassine de la inflorescencia femenina (jilote), colecta de polen o subido de glassine, preparado del jilote, polinización y eliminación de las brácteas de la mazorca o destusado.

Los agentes externos se encuentran conformados por las oportunidades y amenazas de la empresa, las oportunidades identificadas son: la empresa cuenta con un departamento de investigación, área disponible para adecuación del cultivo, capacitaciones constantes y expertiz del recurso humano y las amenazas se encuentran integradas por las condiciones ambientales adversas, la proliferación de plagas y enfermedades.

Los agentes internos están integrados por las fortalezas y debilidades, dentro de la primera el área cuenta con insumos, maquinaria y herramientas para realizar investigaciones y plan de manejo agronómico ya establecido; el origen del material vegetal (comportamiento genético), deterioro o alteración de las propiedades del suelo, presencia de plagas y enfermedades, infraestructura inadecuada de los invernaderos, poca área con condiciones semi protegidas e ingreso de nuevo personal sin experiencia al área en épocas de mayor producción conforman las debilidades.

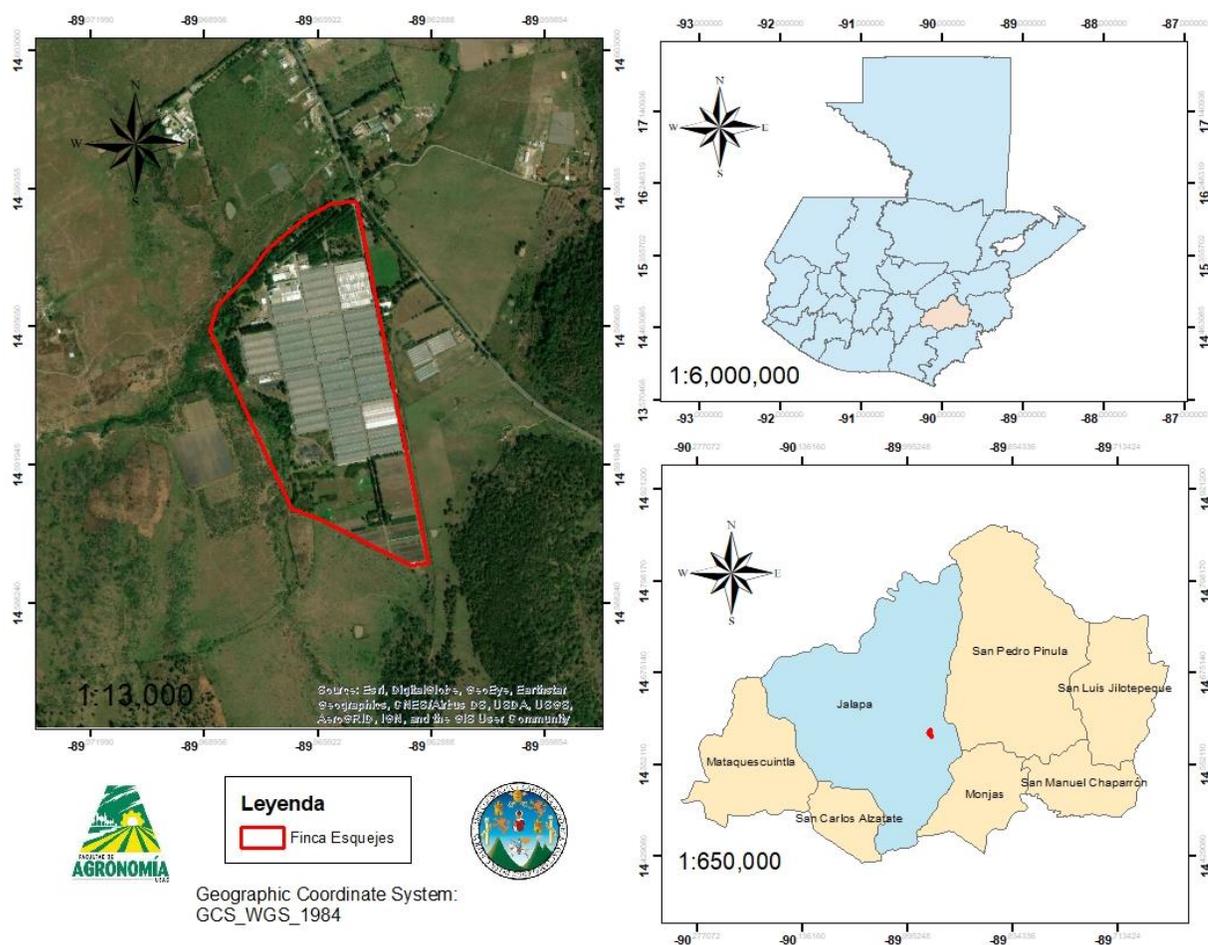
Como resultado del análisis causa-efecto y la matriz de priorización de problemas el principal problema identificado fue la alta concentración de sales en los suelos (14), el segundo fue el retorno de mazorcas (11) y el tercer problema es la contaminación de mazorcas que ocasionan daños a la calidad y cantidad de semillas (9).

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Ubicación

El Centro de Investigación de Cultivos, Esquejes S.A. se ubica en el kilómetro 165.50 en la finca Llano Grande, Jalapa, Guatemala a 1360 m s.n.m., en las coordenadas latitud $14^{\circ}35'42.38''$ N y longitud $89^{\circ}57'56.75''$ O (Figura 1).

La finca tiene una extensión de 42 mz, de las cuales 34 % se encuentra bajo condiciones semi-controladas (Centro de Investigación de Cultivos, 2018).



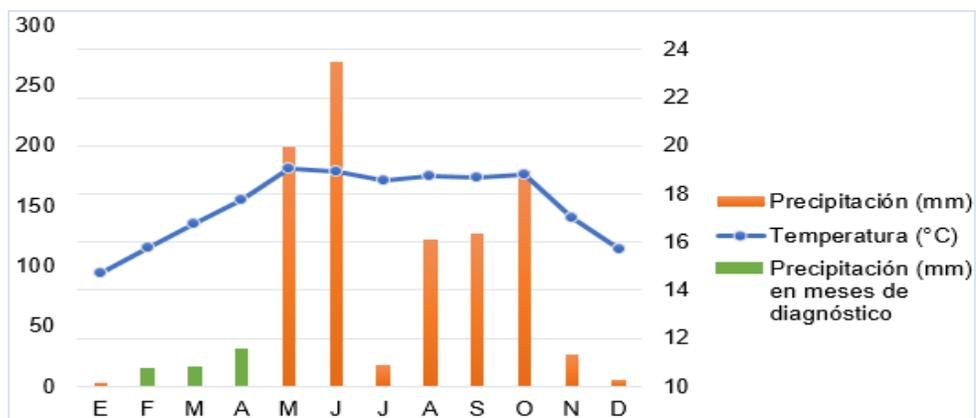
Fuente: MAGA (2010), Editado por Patán Valdez, M., 2019.

Figura 1. Ubicación de la finca Esquejes S.A.

1.2.2 Clima

Para el año 2018, según el registro climático de la estación Potrero Carrillo la precipitación promedio anual del año 2018 fue de 1,013.30 mm observando valores menores en los meses de enero a abril, julio y diciembre, y los máximos en mayo, junio y octubre como se identifican en el Climadiagrama del Centro de Investigación de Cultivos (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, 2018).

En la figura 2 se observa el climadiagrama del Centro de Investigación con datos de la estación Potrero Carrillo que para los meses de diagnóstico de febrero a abril las temperaturas fueron de 15.77, 16.74 y 17.78 °C respectivamente, realizando el recorrido de las diferentes áreas del proceso de producción de líneas puras de maíz.



Fuente: INSIVUMEH, adaptado por Patán Valdez, M., 2019.

Figura 2. Climadiagrama del Centro de Investigación de Cultivos, Esquejes S.A. con datos de la estación Potrero Carrillo, Jalapa, Guatemala.

1.2.3 Suelo

La textura del suelo es franco limoso, conformado por un 52 % de arcilla, 13 % de limo y 35 % de arena y una densidad aparente de 1.14 g/cm³ (Centro de Investigación de Cultivos, 2018), en algunas áreas productivas la capa superficial del suelo se encuentra mezclada con arena volcánica.

Dentro de las características químicas resalta el pH con un valor de 4.7 y la conductividad eléctrica promedio de 4.05 mS/cm.

1.2.4 Recursos hídricos

En la finca existen dos pozos de agua empleados para el consumo y la producción agrícola. Los pozos proveen un caudal de 82,900.35 L/h (365 gal/min) y 49,967.4 L/h (220 gal/min) (Centro de Investigación de Cultivos, 2018). Para referencia de la calidad de agua en el cuadro 36A se observa el informe del análisis químico correspondiente al pozo 1, resaltando los valores de C.E de 0.310 mS/cm y pH de 6.76.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Conocer la situación actual del manejo del cultivo de líneas doble haploides de maíz (*Zea mays* L.) en el Centro de Investigación de Cultivos, Esquejes S. A., Jalapa, Guatemala.

1.3.2 Específicos

1. Conocer las actividades que se realizan en el proceso productivo de materiales de maíz doble haploide en el área de baby nursery.
2. Identificar los agentes internos y externos que intervienen en la producción de semillas de líneas puras de maíz.
3. Priorizar los principales problemas en el manejo del cultivo de líneas puras de maíz.

1.4 METODOLOGÍA

A continuación, se describe la metodología empleada para realizar el diagnóstico de la situación actual del área de baby nursery de la empresa Esquejes S.A.

1.4.1 Proceso productivo del cultivo doble haploides de maíz en el área de baby nursery.

A. Recorrido, inmersión y caracterización del proceso productivo

Se realizó un recorrido por las diferentes áreas de producción de líneas puras de maíz con los encargados y se ejecutaron todas las actividades correspondientes al proceso, con la finalidad de realizar una caracterización del manejo del cultivo.

B. Sondeo

Se realizó una serie de preguntas a los encargados de las actividades del área de baby nursery para conocer los procesos que conlleva la producción de líneas puras de maíz, las preguntas que se formularon como parte de sondeo fueron:

- ¿Qué actividades se realizan para la obtención de semillas haploides de maíz en el área de baby nursery?
- ¿Cuál es el objetivo de realizar cada actividad en el proceso de producción?
- ¿En qué momento se deben de realizar las actividades?

C. Análisis de la información

La información recopilada del recorrido, ejecución, caracterización y sondeo del proceso productivo se sintetizó y se describió por actividades.

D. Recursos

Los recursos empleados para el cumplimiento de este objetivo fueron:

- Recurso humano.
- Computadora portátil.
- Libreta de campo.
- Encuesta.
- Lapicero.

1.4.2 Identificación de agentes internos y externo que interviene en la producción de semillas de líneas puras de maíz

Para identificación los agentes internos y externo que intervienen en la producción de semillas de líneas puras de maíz se recabo información por medio dialogo con los encargados de las actividades de producción y el personal que las realiza.

A. Análisis de la información

La información recopilada por medio del dialogo se sintetizo y se procede a la elaboración de la matriz FODA, cuadro 1.

Cuadro 1. Matriz FODA del área de Baby Nursery en el Centro de Investigación de Cultivos, Esquejes S.A., Jalapa, Guatemala.

	Origen interno	Origen externo
Aspectos positivos	Fortalezas	Oportunidades
Aspectos negativos	Debilidades	Amenazas

Fuente: Geilfus F., 2002.

B. Recursos

Los recursos empleados fueron:

- Recurso humano.
- Computadora portátil.
- Libreta de campo.
- Lapicero.

1.4.3 Priorización de problemas del manejo del cultivo de líneas puras de maíz.

Para priorizar los problemas del manejo del cultivo de líneas puras de maíz se recabo información a través del sondeo, las preguntas planteadas fueron:

- ¿Qué actividades influyen y de qué manera afectan el desarrollo y productividad del cultivo de maíz doble haploide?
- ¿Qué factores edafoclimáticos intervienen en el desarrollo y productividad del cultivo de maíz doble haploide? y ¿De qué manera?

A. Análisis de la información

Con la información recolectada del sondeo se construyeron árboles de problemas para identificar las causas y efectos de los principales problemas detectados, también se usó una matriz de jerarquización de problemas. Para realizar la matriz de priorización de problemas se procedió a llenar la siguiente matriz (cuadro 2).

Cuadro 2. Matriz de jerarquización de problemas

Problema	Frecuencia	Importancia	Factibilidad	Total

Fuente: Nava Tornel, 2014.

La matriz de priorización de problemas se pondero en un rango de cinco a uno, siendo cinco alto y uno baja importancia, además para ponderar la matriz fue necesario seguir los siguientes criterios (Nava Tornel, 2014):

- Frecuencia: ¿Qué tan frecuente es el problema?, ¿Ocurre seguido o sólo en raras ocasiones?
- Importancia: Desde el punto de vista de los usuarios, ¿Cuáles son los problemas más importantes? y ¿Cuáles son los problemas que quiere resolver?
- Factibilidad: ¿Qué tan realista es que podamos resolver el problema?, ¿Será fácil o difícil?

B. Recursos

Los recursos empleados fueron:

- Recurso humano.
- Computadora portátil.
- Libreta de campo.
- Encuesta.
- Lapicero.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Proceso productivo del cultivo de maíz doble haploides en el área de baby nursery

Como resultado del recorrido, inmersión y sondeo en el área del baby nursery se recolecto información de los diferentes procesos productivos y se describen a continuación:

- Trasplante de plántulas a campo definitivo: las actividades del área de baby nursery inician con esta actividad, el trasplante se realiza en promedio a los 27 (ERDH) o 45 (HVDH) días después de la siembra de los embriones. Los materiales ERDH (Embryo

rescue double haploid) y HVDH (High value double haploid) son plantas que se obtienen del proceso de rescate de embriones doble haploides y se diferencian porque los materiales HVDH pasan un proceso de muestreo para una selección asistida por marcadores moleculares, siendo materiales de alto valor genético.

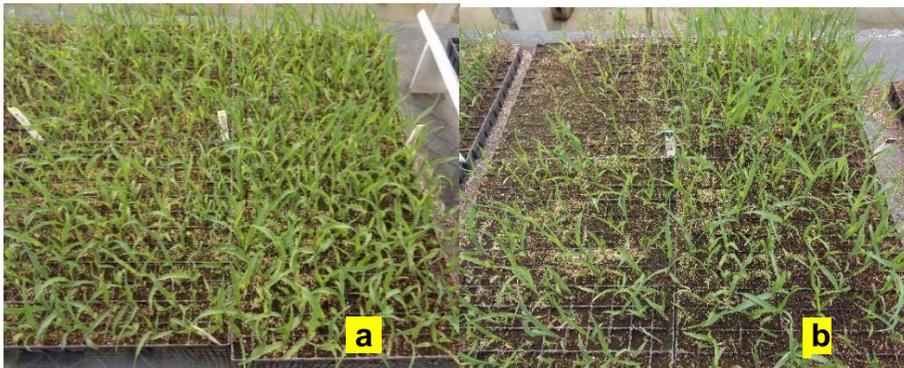


Figura 3. Plantas doble haploides de maíz, 27 días después de la siembra. (a) material homogéneo y (b) material heterogéneo.

Las plantas que serán trasplantadas deben tener un desarrollo homogéneo (figura 3a) y el pilón debe estar bien enraizado al sustrato (buen amarre) (figura 4), características importantes para obtener una buena sobrevivencia.



Figura 4. Pilonos de maíz bien enraizados, obtenidos por ERDH.

La distribución de las plantas en campo para el trasplante es a los tres bolillo, con un distanciamiento de 0.15 m entre plantas y 0.90 m entre surcos como se observa en la figura 5.



Figura 5. Distribución al tres bolillo de plantas de maíz después del trasplante.

- Determinación de la sobrevivencia en campo: se registra el porcentaje de sobrevivencia de cada material que ingresa al área de baby nursery, el conteo se realiza a los 15 días después del trasplante. En campo se debe obtener valores de sobrevivencia igual o mayor al 95 % (5% de mortalidad) lo que indica un buen trasplante y manejo de las condiciones edafoclimáticas.
- Selección y eliminación de plantas diploides (escapes): los escapes son plantas diploides, que se diferencian de los materiales haploides por poseer mayor desarrollo (son más vigorosas), espigas bien formadas, alta producción de polen, en ocasiones los tallos y hojas presentan una coloración morada.

La selección y eliminación se realiza en la etapa vegetativa, usualmente a los 15 días en los materiales de maduración precoz y 21 días o más en materiales tardíos, el objetivo de esta actividad es manejar plantas haploides y de esta forma evitar la contaminación por polen de plantas diploides y ahora tiempo y mano de obra en los escapes. Además, es importante conocer el porcentaje de diploidía de los materiales, usualmente se maneja de un 2 a 3%, cuando el porcentaje es superior, indica que el 33% de la población es heterogénea.

- Etapa reproductiva, se realizan cinco actividades en esta etapa:
 - a. Aislado o colocado de glassine de la inflorescencia femenina (jilote), consiste en proteger el jilote que se encuentra emergiendo de la vaina de la hoja para evitar la

exposición de los estilos y estigmas (seda) a la contaminación de polen de otras plantas (figura 6).



Figura 6. Aislado o colocado de glassine en la inflorescencia femenina de maíz.

En la figura 6 se observa el glassine colocado en la inflorescencia femenina de las plantas de maíz, el inicio de esta actividad depende de la maduración de los materiales, en plantas precoces la actividad inicia a los 15 días después del trasplante y en plantas de maduración tardía inicia a los 21 días.

b. Colecta de polen o subido de glassine, esta actividad consiste en cubrir la inflorescencia masculina (espiga) con un glassine para recolectar el polen que liberan las anteras (figura 7).



Figura 7. Colocación de glassine en inflorescencia masculina (panoja).

La actividad inicia cuando el 30 % de las anteras emergen de las espiguillas, si el glassine se coloca antes de la emergencia de las anteras, se inhibe la misma y si se realiza después la viabilidad del polen disminuirá.



Figura 8. Inicio de la emergencia de anteras de la espiga.

c. Preparado del jilote, consiste en realizar dos actividades según lo que requiera la plantación: primero para propiciar el desarrollo y emergencia de la seda se recortan las brácteas que cubren la inflorescencia femenina (jilote), cuando el conjunto de estilo y estigma (seda) no ha emergido las se recortan brácteas 1 a 2 centímetros arriba del jilote (figura 9).



Figura 9. Preparado de la inflorescencia femenina, corte de brácteas de 1 a 2 centímetros arriba del jilote para propiciar la emergencia de la seda.

La segunda actividad se realiza cuando la seda ya ha emergido de las brácteas, consiste en recortar la seda a 2 cm de las brácteas, también recortadas, para formar una brocha de seda con el objetivo de sincronizar la madurez (receptibilidad) de los estigmas con el polen

viable, esta actividad se realiza de 3 a 5 días antes de la polinización como se puede observar en la figura 10.



Figura 10. Preparado de la inflorescencia femenina cuando la seda ha emergido, formación de brocha de uno a dos centímetros arriba de las brácteas.

d. Polinización, se realiza con la finalidad de obtener semillas de nuevas líneas de maíz haploide por medio de la autofecundación. La autopolinización consiste en recolectar el polen de la espiga y depositarlo en la seda de la misma planta para fecundarlas (figura 11). Una buena polinización depende de la humedad del polen y esta de la humedad relativa del ambiente, el polen no debe estar muy húmedo (grumoso o pegado al glassine) o seco (suelto, de aspecto polvoso) para garantizar mayor viabilidad, además según la experiencia de los encargados se tiene que polinizar cuando los jilotes estén bien desarrollados (no se encuentren blandos según la evaluación por experiencia) y los estigmas estén receptivos (coloración más definidas) para garantizar una buena fecundación.



Figura 11. Planta de maíz con polinización asistida.

- e. Eliminación de las brácteas de la mazorca o destusado, para dejar únicamente el jilote, para acelerar la pérdida de humedad del grano pastoso y la madurez fisiológica para la obtención de semillas, también contribuye al saneo de las plantas, limita la proliferación y contaminación de enfermedades en la mazorca por la humedad que genera el glassine.

1.5.2 Identificación de agentes internos y externo que intervienen en la producción de semillas de líneas puras de maíz

La matriz FODA del área de Baby Nursery del Centro de Investigación se realizó en base a la información recolectada y sintetizada del dialogo que se tuvo con el encargado del área, encargados de las actividades y el personal que las realiza (cuadro 3).

Cuadro 3. Matriz FODA del área de Baby Nursery del Centro de Investigación, Esquejes S.A., Jalapa, Guatemala.

	Origen interno	Origen externo
Aspectos positivos	<p style="text-align: center;">Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Experiencia práctica del personal al momento de realizar las actividades del área. - Recursos para realizar investigaciones en relación a los problemas que afectan la producción de semillas de líneas puras de maíz. - Plan de manejo agronómico establecido en base a las necesidades del cultivo. <p>Disponibilidad de maquinaria, herramientas e insumos agrícola.</p>	<p style="text-align: center;">Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mejora continua en las actividades en base a las investigaciones y experiencias. - Recurso humano capaz de generar e interpretar información sobre el comportamiento de los materiales doble haploides. - Adecuación de nuevas áreas para el cultivo. - Capacitación del personal en las actividades agrícolas.
Aspectos negativos	<p style="text-align: center;">Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comportamiento genético de los materiales doble haploides en campo. <ul style="list-style-type: none"> • Sincronización de la inflorescencia masculina y femenina para la polinización. • No hay un comportamiento determinado dentro de la madurez fisiológica y nutrición vegetal. - Deterioro o alteración de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo. <ul style="list-style-type: none"> • Presencia de altas concentraciones de sales. - Presencia de plagas y enfermedades en la etapa vegetativa de las plantas. - Infraestructura inadecuada de los invernaderos para la producción de maíz. - Disponibilidad de poca área con condiciones semi protegidas cuando el requerimiento de semillas es alto (cultivo intensivo). - Poca evaluación del efecto de las fuentes minerales utilizadas en el cultivo de maíz. - Ingreso de nuevo personal al área en épocas de mayor producción, sin experiencia. 	<p style="text-align: center;">Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Condiciones ambientales adversas. - Plagas y enfermedades

En el cuadro 3 se identifican los aspectos positivos integrado por las fortalezas y debilidades, así como negativos conformado por las debilidades y amenazas del área de Baby Nursery de la empresa Esquejes. Además, los agentes internos permiten identificar las fortalezas que se pueden potenciar para generar estrategias que reduzcan las debilidades, que es lo que se debe de mejorar, como usar la experiencia del personal para mejorar las practicas utilizadas en el manejo de las plantas doble haploides y usar recursos adecuados para mejorar las condiciones edafológicas que limitan la producción; y tener claro los agentes externos nos permite tomar las oportunidades para construir estrategias que reduzcan el riesgo por las amenazas en la producción agrícola.

1.5.3 Priorización de problemas en el manejo del cultivo de líneas puras de maíz

Los resultados de las preguntas planteadas como parte del sondeo fueron las siguientes:

¿Qué actividades influyen y de qué manera afectan el desarrollo y productividad del cultivo de maíz doble haploide?

- La preparación en ocasiones afecta el desarrollo de la inflorescencia femenina. La manipulación manual del jilote para determinar la madurez del mismo ocasionando daño mecánico (se malluga el jilote) e inhibe su desarrollo, por eso hay que evitar la manipulación del jilote al máximo. También en algunas ocasiones hay contaminación por la manipulación constante del glassine al observar la emergencia y el desarrollo de la seda, además no se realiza desinfección de tijeras entre plantas cuando se prepara el jilote.
- La polinización, debido a que las plantas no se sincronizan, en ocasiones hay poca producción de polen, además debido a la manipulación constante del jilote el porcentaje de polinización disminuye.
- Fertilización, esta actividad se encuentra a cargo de otra área, pero afecta el desarrollo y productividad de las plantas doble haploides cuando se incorporan sales minerales en exceso y con frecuencia (figura 12), fijándolas en la superficie del suelo y

aumentado la concentración de las mismas por lo que las plantas incrementan el esfuerzo para absorber agua y nutrientes (efecto osmótico).



Figura 12. Depósito de fertilizantes sólidos en el cultivo de líneas doble haploides de maíz, el cual se realiza a los 15 días después del trasplante.

¿Qué factores edafoclimaticos intervienen en el desarrollo y productividad del cultivo de maíz doble haploide? y ¿De qué manera?

- Material vegetal, las características genotípicas del material doble haploide limitan la producción de semillas, son plantas raquíticas, en ocasiones estériles y/o producen poco polen como se observa en la figura 13.

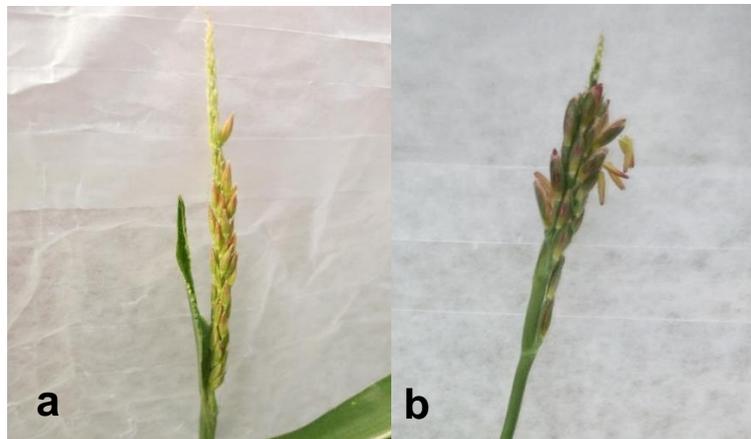


Figura 13. Espigas en maíz doble haploide, espiga estéril (a) y espiga con poca producción de polen (b).

- Temperatura, las temperaturas dentro de los invernaderos oscila entre 15 a 52 °C y humedad relativa promedio de 65 %, provocando la inestabilidad del polen al momento de polinizar afectando la fecundación por la poca viabilidad.
- Salinidad, se refiere al contenido de sales solubles dentro de la solución del suelo, midiéndose a través de la conductividad eléctrica (CE), después de cada cultivo los valores de CE superan las ideales para la recepción (según la empresa 1 dS/m) y si existen ciclos de cultivo consecutivos superan 3 dS/m.

La figura 14 muestra un área limpia después de dos ciclos de cultivo de maíz, y se puede observar como las sales se concentran en el perímetro del bulbo de majado del sistema de riego.



Figura 14. Terreno limpio para el trasplante de plántulas de maíz después de dos ciclos de cultivo con problemas de salinidad.

- Drenaje, los surcos se encuentran en el mismo sentido a la pendiente del terreno, beneficiando el drenaje por medio del escurrimiento superficial, en ocasiones no es suficiente por lo que hay focos donde el agua se anega perjudicando la lixiviación de sales que perjudican la sobrevivencia y desarrollo de las plantas.

En la figura 15 se observan la muerte de plantas de maíz doble haploides por el exceso de sales en el suelo, además se puede observar la precipitación de sales en la manguera de riego, causado por la incompatibilidad o exceso de fertilizantes en la solución del fertirriego causando el taponamiento de las cintas de riego.



Figura 15. Muerte de plantas por alta concentración de sales.

Además, con la información recabada del sondeo se construyeron 3 árboles de problemas.

Causas

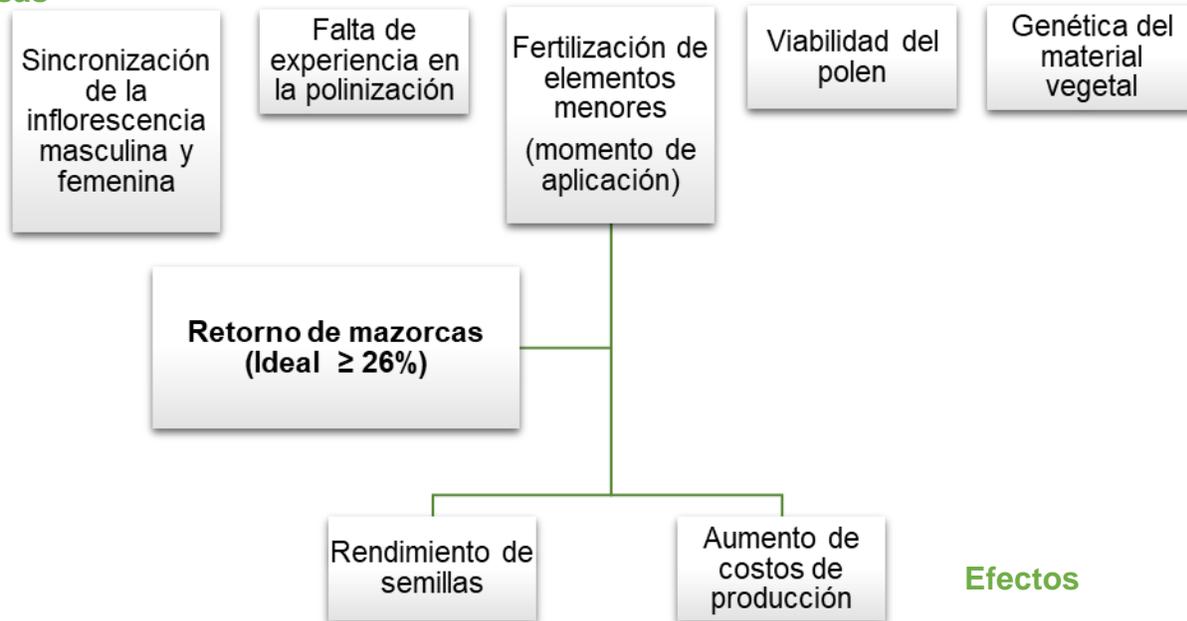


Figura 16. Árbol de problema, retorno de mazorcas de líneas puras de maíz.

En la figura 16 se identifican las causas y los efectos que provoca el problema del retorno (producción de mazorcas) de plantas doble haploides de maíz, e 26 %, es decir que por cada 100 plantas sembradas se esperan 26 mazorcas con granos ≥ 150 , pero en la finca se obtienen valores por debajo del nivel esperado.

Es evidente que el genotipo de los materiales es una causa ajena al retorno, por lo que, al identificar otras causas como el manejo de las necesidades nutrimentales y la experiencia al momento de la autopolinización, y manejarlas o contrarrestar el efecto que provocan en el retorno, permitiría aumentar la producción y por ende incrementar el número de semillas por mazorcas en las líneas puras de maíz, obteniendo mayores utilidades.

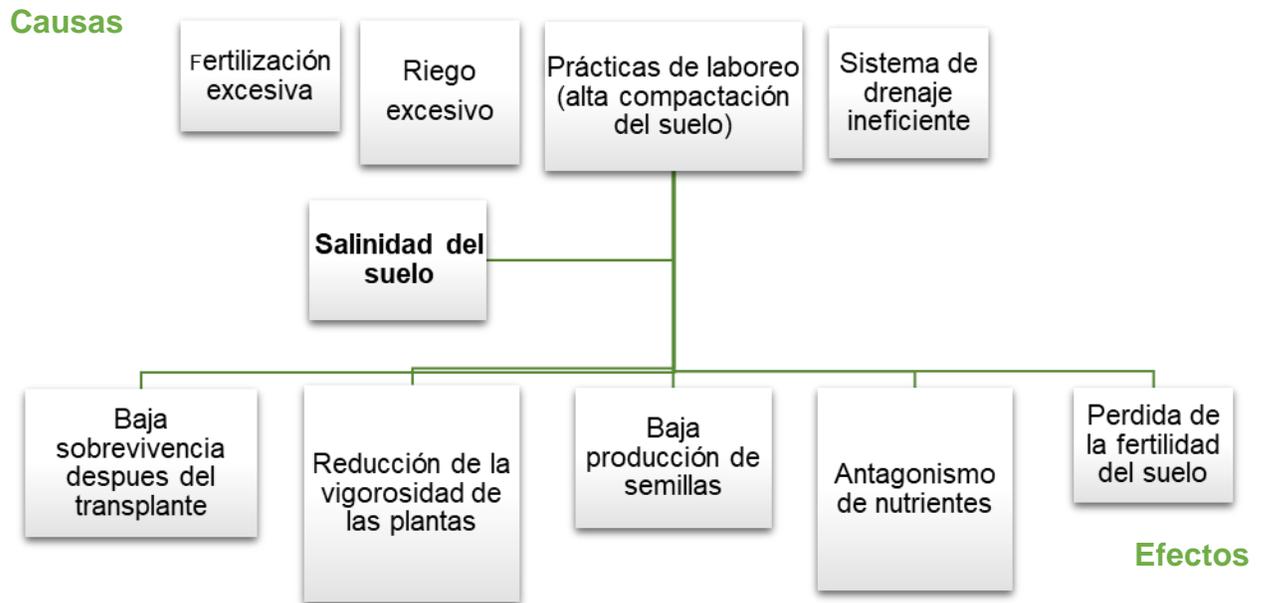


Figura 17. Árbol problema de la salinidad del suelo en el cultivo de maíz doble haploide.

En la figura 17 se identifican las causas y los efectos que provoca el problema de la salinidad del suelo en plantas doble haploides de maíz, valores inferiores a 1 mS/cm garantizan una buena supervivencia ($\geq 95\%$) después del trasplante, pero en la finca el suelo sin manejo mantiene valores superiores a 4 mS/cm lo que corresponde a suelos salinos, por lo que constantemente son drenados para propiciar la precipitación de sales de la capa superficial.

Dentro de las principales causas que originan el problema la residualidad de sales por la excesiva fertilización, está la compactación (originada por el manejo del cultivo) que altera el proceso de infiltración provocando anegamiento, por ende, baja lixiviación de sales

ocasionando drenaje ineficiente; se ha identificado que la salinidad del suelo afecta la sobrevivencia y reduce la vigorosidad de las plantas, la producción de mazorcas y propicia la pérdida de las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo.

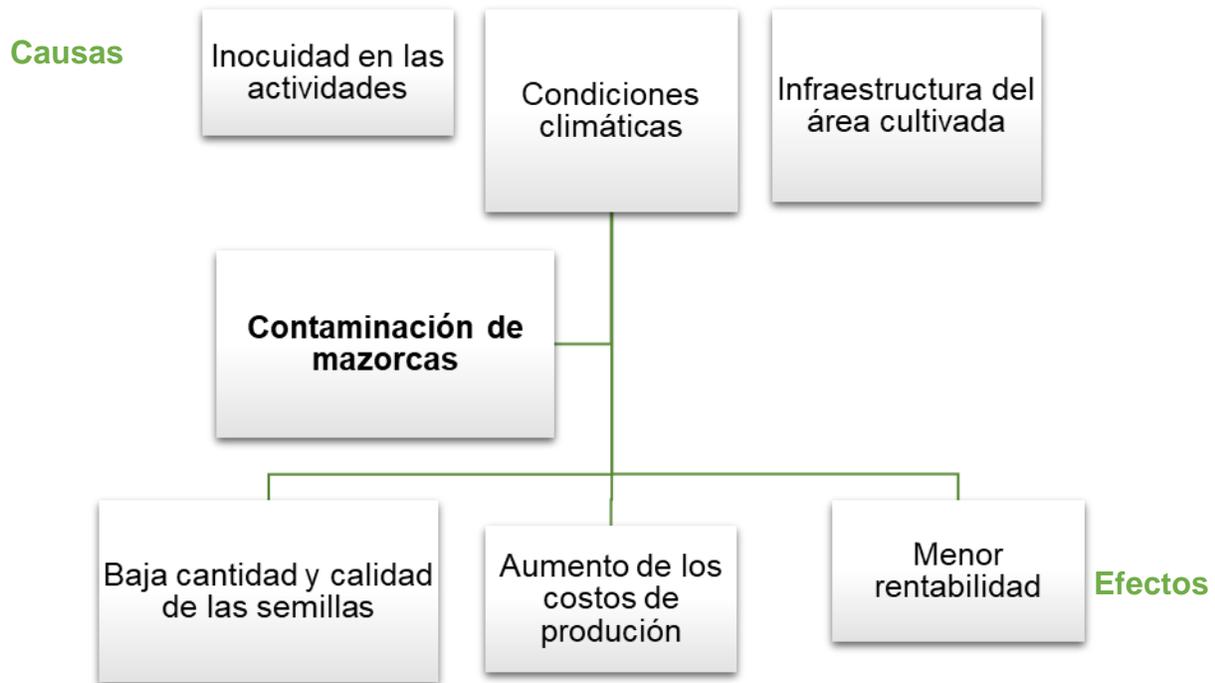


Figura 18. Árbol de problema de la contaminación de mazorcas de líneas puras de maíz.

En la figura 18 se identifican las causas y los efectos que provoca el problema de la contaminación de mazorcas de maíz doble haploides, este problema es causado principalmente por los factores abióticos (alta temperatura y humedad) en el área y el nulo manejo que se le da por la infraestructura, por lo que propicia la contaminación de mazorcas por hongos, afectando la calidad y cantidad de semillas lo que disminuye la rentabilidad.

Posteriormente se sintetizó la información y priorizaron los problemas por medio de la matriz de jerarquización de problemas, con el fin de evaluar mediante la ponderación (cuadro 4).

Cuadro 4. Matriz de Jerarquización de problemas.

Problema	Frecuencia	Importancia	Factibilidad	Total
Retorno de mazorcas	4	3	4	11
Salinidad del suelo	4	5	5	14
Contaminación de mazorcas	3	3	3	9
Total	11	11	12	34

*Rango de 1 a 5, donde 5 indica valores altos y 1 bajos.

En el cuadro 4 se observa la ponderación de los problemas identificados en el área de baby nursery de la empresa Esquejes, el principal problema (importancia) fue la salinidad del suelo en el cultivo de líneas doble haploides de maíz, por lo que es necesario buscar estrategias que contribuyan a la reducción de la concentración de sales en el suelo (14). El segundo problema fue el retorno de mazorcas por lo que hay que buscar estrategias que aumenten el número mazorcas ya que es la finalidad del proceso productivo y obtener buenas utilidades (11) y, por último, el tercer problema en darle prioridad es la contaminación de mazorcas y el daño que se le ocasiona a la calidad y cantidad de semillas (9).

1.6 CONCLUSIONES

1. Las actividades que se realizan en el proceso productivo en el área de baby nursery son: trasplante de plántulas homogéneas y enraizadas a campo definitivo a los 27 (ERDH) o 45 (HVDH) días después de la siembra de los embriones; determinación de la sobrevivencia en campo a los 15 días después del trasplante; selección y eliminación de plantas diploides (escapes) en la etapa vegetativa, a los 15 días (maduración precoz) y 21 días (materiales tardíos); en etapa reproductiva se realizan: aislado o colocado de glassine de la inflorescencia femenina (jilote); colecta de polen o subido de glassine; preparado del jilote para propiciar el desarrollo y emergencia de la seda y sincronizar la madurez (receptibilidad) de los estigmas con la viabilidad del polen; polinización y eliminación de las brácteas de la mazorca o destusado.
2. Dentro de los agentes externos se encuentra las oportunidades y amenazas del área de Baby nursery, dentro de las oportunidades, el área cuenta con un departamento de investigación cuyo objetivo es buscar las problemáticas, investigar y proponer posibles soluciones; recurso humano capaz, capacitaciones y adecuación de nuevas áreas para el cultivo. Dentro de las amenazas se encuentran las condiciones ambientales adversas y la proliferación de plagas y enfermedades.
3. Entre los agentes internos del área de Baby Nursery se cuenta con recursos disponible, insumos, maquinaria y herramientas para realizar investigaciones, personal con experiencia para la toma de decisiones del manejo del cultivo, además se cuenta con un plan de manejo agronómico ya establecido, dentro de las debilidades se encuentran, el comportamiento genético del material vegetal, deterioro o alteración de las propiedades del suelo, presencia de plagas y enfermedades, infraestructura inadecuada de los invernaderos para la producción de maíz, disponibilidad de poca área con condiciones semi protegidas, poca evaluación del efecto de las fuentes minerales utilizadas en el cultivo e ingreso de nuevo personal sin experiencia al área en épocas de mayor producción.

4. La principal problemática identificada fue la alta concentración de sales en los suelos (14) ocasionando por el exceso de fertilizantes empleados en cada ciclo de cultivo, el segundo fue el retorno de mazorcas (11), y el tercer problema es la contaminación de mazorcas ocasionando daños en calidad y cantidad de semillas (9).

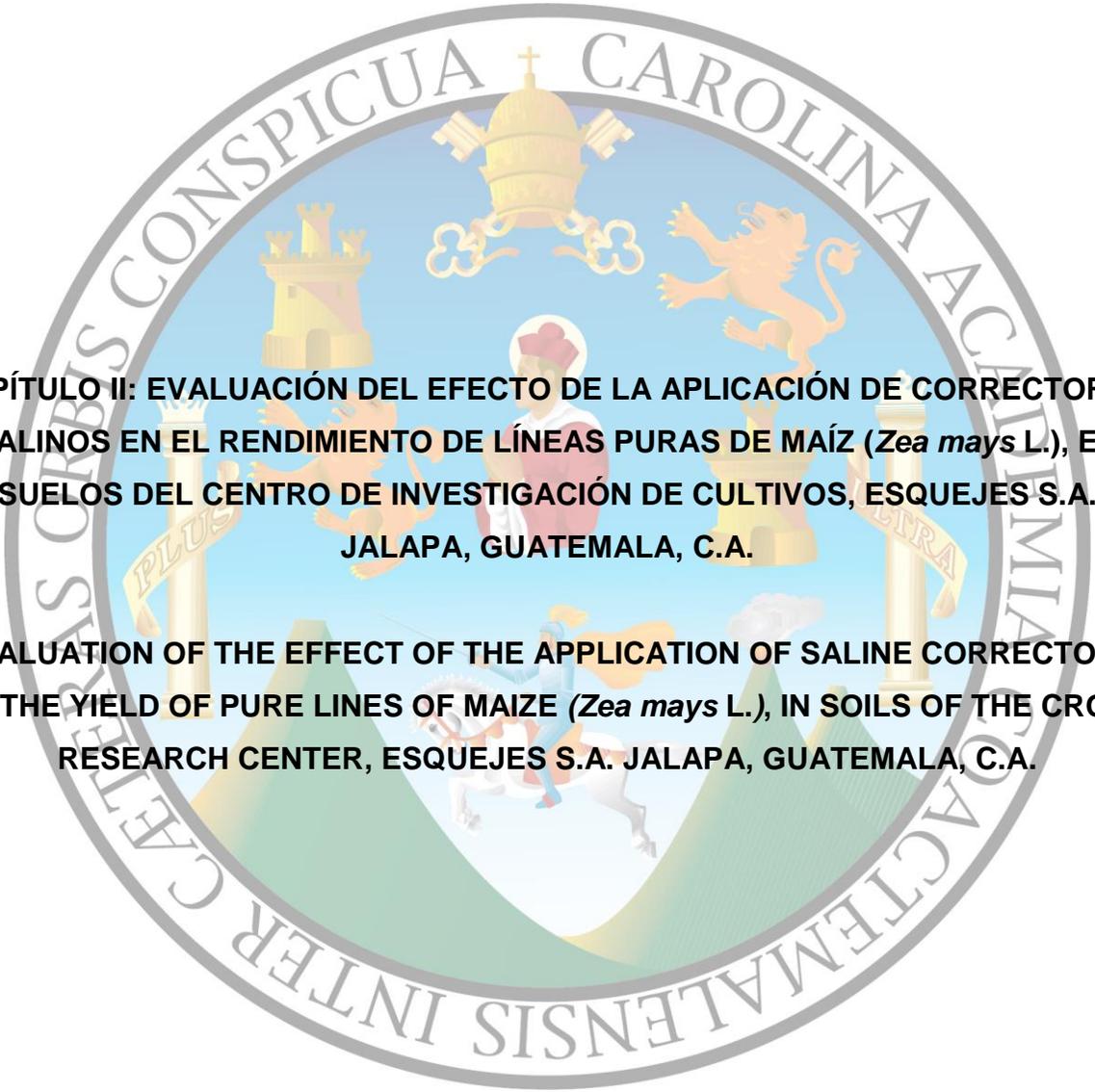
1.7 RECOMENDACIONES

1. Evaluar el plan de fertilización actual para conocer el efecto que provoca en las propiedades del suelo (salinización del suelo) y buscar alternativas para la reducción de este efecto.
2. Evaluar el efecto en la producción de semillas puras de maíz del control actuales de plagas, enfermedades y malezas que se realiza la empresa.
3. Implementar un sistema de drenaje eficiente para evitar el anegamiento del suelo.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Esquejes, Centro de Investigación de Cultivos, Guatemala. (2018). *Condiciones edafoclimáticas de la finca Esquejes. Jalapa, Guatemala*. Guatemala.
2. Geilfus, F. (2002). *80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado el 15 de Abril de 2018, de <http://ejoventut.gencat.cat/permalink/aac2bb0c-2a0c-11e4-bcfe-005056924a59>
3. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala (INSIVUMEH). (2018). *Solicitud de Información metereológica de la estpación Potrero Carrillo, Jalapa, Guatemala*. (H. O. Fuentes Pérez, Recopilador). Guatemala: INSIVUMEH.
4. Nava Tornel, C. (2014). *Matrices de priorización*. Obtenido de carlosalbertonavatornel.weebly.com/uploads/2/6/1/8/26186377/matrices_de_priorizacin.pdf
5. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, Italia (FAO). (2016). *Perfil de país –Guatemala; Año: 2015; Hojas Informativas*. Roma, Italia: FAO, AQUASTAT. Recuperado el 5 de Agosto de 2019, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/GTM/indexesp.stm
6. Prasanna, B.M.; Chaikam, V.; Mahuku, G. (2013). *Tecnología de dobles haploides en el mejoramiento de maíz: teoría y practica*. Mexico: Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT). Recuperado el 07 de Marzo de 2018, de <https://repository.cimmyt.org/xmlui/handle/10883/1369>



The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of the Virgin Mary with the Christ Child, surrounded by various symbols including a golden dome, a lion, and a castle. The text 'UNIVERSITAS CAROLINA ACADÉMICA' is written along the top arc, and 'GUATEMALENSIS INTER CETERAS ORBIS CONSPICUA' along the bottom arc.

CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CORRECTORES SALINOS EN EL RENDIMIENTO DE LÍNEAS PURAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.), EN SUELOS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE CULTIVOS, ESQUEJES S.A. JALAPA, GUATEMALA, C.A.

EVALUATION OF THE EFFECT OF THE APPLICATION OF SALINE CORRECTORS ON THE YIELD OF PURE LINES OF MAIZE (*Zea mays* L.), IN SOILS OF THE CROPS RESEARCH CENTER, ESQUEJES S.A. JALAPA, GUATEMALA, C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

Los cereales con mayor área cultivada en el mundo son el maíz, trigo y arroz (Ramos, 2013). La producción del maíz se destina principalmente a la industrialización para la alimentación humana y animal. En Guatemala en el año agrícola 2017/2018 se produjeron 52,111,029 qq de maíz en un área cultivada de 1,074,058 ha según el Instituto Nacional de Estadística, además es el principal grano dentro de la canasta básica de los guatemaltecos, contribuyendo a la seguridad alimentaria y nutricional (INE, 2019).

La demanda de los alimentos se mantiene en ascenso, expandiendo la agricultura a zonas marginales, por lo tanto, estas áreas presentan problemas de salinidad, baja fertilidad, mal drenaje y otros aspectos que evitan el buen desarrollo de los cultivos (Tyerman, 2019); debido a ello se trabaja en la mejora del material genético resistente a factores ambientales, conservando las características de calidad y productividad.

El Centro de Investigación de Cultivos, Esquejes S.A., se dedica a la obtención de semillas de líneas puras de maíz (*Zea mays* L.) mediante la técnica de rescate de embriones doble haploide, la cual es una tecnología que brinda amplios beneficios en los programas de mejoramiento genético (CIMMYT, 2016).

Las líneas puras de maíz no comparten genes de otros individuos (Acosta & Ríos Labrada, 2013), las semillas se obtienen del proceso de autopolinización después de realizar el doblamiento cromosómico; debido al manejo y estrés provocado a los embriones las condiciones edafoclimáticas son clave para el buen desarrollo de las plantas en campo dentro de los invernaderos (Prasanna et al., 2013).

Por consiguiente, esta investigación se basó en evaluar el efecto de la aplicación de cinco productos comerciales para la corrección de un suelo salino en el rendimiento de ocho líneas puras de maíz (*Zea mays* L.), en el Centro de Investigación de Cultivos, Esquejes S.A., Jalapa, Guatemala, realizando el control y monitoreo de la concentración de sales en la etapa crítica del cultivo, para garantizar una mayor sobrevivencia de las plántulas (15 ddt).

En respuesta a la aplicación de cuatro productos químicos, el manejo cultural realizado por la empresa y un testigo, se pudo observar que se redujo la concentración de sales en el

suelo desde el momento de aplicación hasta la etapa crítica del cultivo, observando que no hay diferencia estadística entre los tratamientos, se identificó que a menor conductividad en el suelo mejores porcentajes de sobrevivencia, desarrollo y retorno para ocho líneas puras de maíz.

El efecto de la aplicación de los tratamientos fue que la conductividad eléctrica (CE) desde la aplicación hasta la etapa crítica disminuyó, reduciendo la concentración de sales, los valores obtenidos no superaron el nivel crítico de salinidad tolerable por el maíz (3.7 dS/m).

El efecto de los tratamientos para la corrección de salinidad demostró que a menor concentración de sales se obtiene mayor porcentaje de sobrevivencia, el porcentaje de sobrevivencia esperado (deseables ≥ 95 %) no se alcanzó en la etapa crítica y no existió efecto significativo entre los tratamientos, los valores más altos se obtuvieron al aplicar Dispersal (B6, 92.14 %), seguido por Myr Ca (B3, 89.29 %), en cuarto lugar fue el manejo cultural (utilizado por la empresa B1, 86.55 %) y por último fue el testigo (B2, 66.43 %).

La respuesta en el desarrollo de plantas de maíz debido a la aplicación de seis tratamientos, no tuvo efecto significativo, y se demostró que a menor concentración de sales se obtiene mayor desarrollo, los valores más altos en altura se obtuvieron al aplicar Dispersal (B6, 17.45 cm), seguido por manejo cultural (utilizado por la empresa B1, 17.34 cm); el número de hojas fue de 6 en todos los tratamientos; el diámetro más alto fue al aplicar Dispersal (B6, 9.93 mm), seguido por manejo cultural (utilizado por la empresa B1, 9.75 mm); en unidades relativas de clorofila el valor más alto fue Dispersal (B6, 48.72 URC), seguido por Myr Ca (B3, 48.63 UCR) y por último manejo cultural (utilizado por la empresa B1, 45.11 URC).

Al determinar el efecto en el retorno de mazorcas por la aplicación de correctores salinos, se identificó que no existe diferencia significativa, los valores más altos se obtuvieron al aplicar Dispersal (B6, 27.72 %), seguido por Fertisal (B4, 25 %) y por último manejo cultural (utilizado por la empresa B1, 19.40 %) y testigo (B2, 17.62 %), cabe mencionar que la empresa espera un retorno ≥ 26 % en los materiales de maíz doble haploide, y el único tratamiento que superó este parámetro fue Dispersal.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Salinidad de los suelos

La salinidad del suelo hace referencia a la presencia de alta concentración de sales solubles en la solución del suelo (Barkla et al., 2007); es un factor ambiental limitante en la agricultura, convirtiéndose en un obstáculo para la productividad, calidad y sostenibilidad agrícola.

A. Origen de la salinización de los suelos

La salinización de los suelos se origina por procesos naturales que ocurren en nuestro ecosistema y los procesos provocados por el ser humano, también llamada salinización antropogénica (Velarde, 2009). A continuación, se describen algunas causas que propician la salinización de los suelos.

a. Salinización natural de los suelos

Son varios los factores que contribuyen a la salinización natural de los suelos, como los procesos geomorfológicos de sedimentación, redistribución de materiales, erosión hídrica, erosión eólica, topografía del terreno, nivel freático superficial, tipo de material parental, condiciones climáticas y otros procesos naturales indica (Cortez, 2018).

La erosión hídrica provocada por las precipitaciones intensas y/o ausentes modifican la humedad y presión de los poros del suelo (Otero et al., 2005), que combinado con los minerales presentes en las rocas modifican el contenido de sales minerales disueltas en la capa superficial del suelo, además por medio de la infiltración y escurrimiento superficial se pueden arrastrar y acumular sales en las áreas bajas de los terrenos.

El clima interviene en el ascenso capilar del agua que lleva consigo sales minerales, esto es ocasionado por la fuerza de evapotranspiración, proceso que ocurre con mayor frecuencia en zonas áridas y semiáridas (Singh, 2015). También se ven afectadas las

zonas tropicales y subtropicales donde hay grandes intervalos de sequías y precipitaciones de alta intensidad añade Otero et al. (2005) & Velarde (2009).

En casos donde el nivel freático y la capa fértil se encuentren cerca, existe acumulación de sales, limitando el drenaje y arrastre de los residuos agrícolas por el agua superficial (Singh, 2015), además la salinización afecta la capacidad de infiltración del suelo, lo que crea un riesgo de inundación (Vargas, Pankova , Balyuk, Krasilikov, & Khasankhanova, 2018).

La erosión eólica favorece el transporte y depósito de sales en la parte superficial, perjudicando otras áreas y de esa forma salinizándolas. En Guatemala según Calderón del Cid (2015) las zonas más sensibles a salinización son: el corredor seco y las zonas de producción agrícola. Por otra parte, el cambio climático origina nuevas zonas salinas, este fenómeno trae consigo una diversidad de problemas, especialmente el incremento de la temperatura lo que genera la fijación de sales en el suelo por el proceso de la evapotranspiración (Carles E., 2019).

b. Salinización antropogénica de los suelos

Según Velarde (2009) la salinización antropogénica es el resultado de la actividad humana, particularmente de los procesos de producción agrícola. La alta demanda de productos agrícolas conlleva a la producción intensiva y extensiva, en donde se exige el consumo de productos químicos (fertilizantes, pesticidas, mejoradores de suelo, entre otros) y el uso indiscriminado de agua no apta para riego; además estos factores según Otero et al. (2005) & Lamz, A. & Gónzales M. (2013) propicia la salinización de áreas agrícolas.

En el año 2003 en Guatemala aproximadamente 312 mil hectáreas se encontraban bajo riego (FAO, 2016); el uso eficiente de riego en la agricultura a nivel mundial trae consigo el aumento de la producción a comparación de zonas que no presentan riego o el riego es temporal, sin embargo, Allara Morales (1990) & Santamaría, Figueroa & Medina (2004)

mencionan que el uso indiscriminado del agua en grandes proyectos ha causado la salinización de áreas agrícolas, por la introducción de sales.

Por lo anterior, es importante monitorear: la calidad de la fuente de agua (cantidad de sales disueltas), volumen de agua, frecuencia y eficiencia del sistema de riego y el drenaje del terreno; para evaluar la calidad del agua Ayers & Westcot (1984) han descrito directrices las cuales se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Directrices para la interpretación de la calidad del agua para el riego.

Problema y riego potencial	Unidades	Grado de restricción de uso			
		Ninguna	de leve a moderada	Grave	
SALINIDAD					
EC _w	dS / m	<0.70	0.70 - 3.00	> 3.00	
TDS	mg / L	<450	450 – 2000	> 2000	
INFILTRACIÓN					
SAR =	0 - 3	EC _w =	> 0.70	0.70 - 0.20	<0.20
	-3		> 1.20	1.20 - 0.30	<0.30
	-6		> 1.90	1.90 - 0.50	<0.50
	-8		> 2.90	2.90 - 1.30	<1.30
	-20		> 5.00	5.00 - 2.90	<2.90
TÓXICIDAD ESPECÍFICA DE IONES					
Sodio (Na)					
Riego de superficie	SAR	<3	3 – 9	> 9	
Riego por aspersión	yo / L	<3	> 3		
Cloruro (Cl)					
Riego de superficie	yo / L	<4	4 – 10	> 10	
Riego por aspersión	yo / L	<3	> 3		
Boro (B)					
	mg / L	<0.70	0.70 - 3.00	> 3.00	
EFFECTOS VARIOS					
Nitrógeno (NO ₃ -N)	mg / L	<5	5 – 30	> 30	
Bicarbonato (HCO ₃)	yo / L	<1.50	1.50 - 8.50	> 8.50	
pH		Rango normal 6.50 - 8.40			

Fuente: Ayers & Westcot, 1984.

El cuadro 5 indica los posibles problemas provocados por uso de agua de baja calidad para el riego y el riesgo potencial si no hay un control en los parámetros correspondientes al problema.

Otro factor que origina la salinización de nuevas áreas es el aporte sin medida de fertilizantes y productos químicos al suelo, los cuales ocasionan un desequilibrio en las características físicas, químicas y biológicas (Szaabolc, 1991); además de impactar en los procesos naturales como la erosión hídrica y eólica, escurrimiento superficial e infiltración del suelo (López, 2002).

Los fertilizantes alteran los procesos de salinización así que es importante conocer el tipo de fertilizante y la cantidad correcta que se debe incorporar al suelo, debido a que algunos fertilizantes aumentan la salinización ya que están fabricados a base de sales. Un factor que contribuye a este problema es la elección de los fertilizantes, usualmente no se toma en cuenta el índice de salinidad (cada fertilizante tiene efecto salinizante) al momento de elegir el fertilizante, mientras más alto es el índice, mayor es la cantidad de sales que aporta a la solución del suelo y el efecto osmótico que provocará en las plantas.

En el cuadro 6 se indica el índice de salinidad de algunos fertilizantes empleados en la agricultura recopilado por Ayers & Westcot (1984) de Rader et al. (1943). Los valores del índice de salinidad van desde 0.80 [Dolomita (carbonatos de calcio y magnesio)] a 153.80 (Cloruro de sodio), lo que indica que cuando más bajo es el índice, menor es el riesgo de afectar a las plántulas por efecto de salinidad (reducción del efecto osmótico) (Ayers & Westcot, 1984).

Cuadro 6. Índice de salinidad de los fertilizantes más utilizados.

Fertilizante	Índice de salinidad
Amoniaco anhidro	47.10
Nitrato de amonio	104.70
Nitrato de amonio-cal	61.10
Fosfato de amonio (11–48)	26.90
Sulfato de amonio	69.00
Carbonato de calcio (piedra caliza)	4.70

Continuación cuadro 6.

Nitrato de calcio	52.50
Sulfato de calcio (yeso)	8.10
Fosfato de diamónico	29.90
Dolomita (carbonatos de calcio y magnesio)	0.80
Sales de estiércol, 20 %	112.70
Sales de estiércol, 30 %	91.90
Fosfato de monoámonico	34.20
Fosfato monocálcico	15.40
Nitrato de sodio	100.00
Solución de nitrógeno al 37 %	77.80
Solución de nitrógeno al 40 %	70.40
Cloruro de potasio, 50 %	109.40
Nitrato de potasio	73.60
Sulfato de potasio	46.10
Cloruro de sodio	153.80
Sulfato de potasa-magnesia	43.20
Superfosfato, 16 %	7.80
Superfosfato, 45 %	10.10
Uramon	66.40
Urea	75.40

Fuente: Ayers & Westcot, 1984

B. Conductividad eléctrica (CE)

Según Richards et al. (1954) en el manual del diagnóstico y mejora de suelos salinos y alcalinos del laboratorio de suelo de Estados Unidos describen que la CE es la medida usada para estimar la concentración de sales presentes en la solución de suelo; la CE es la medida que más se ajusta al valor real del contenido de sales en solución, aunque no indica la composición cualitativa de la solución salina (González et al., 2010). El valor CE aumenta proporcionalmente con el contenido de sales facilitando las lecturas, las unidades más utilizadas para expresarla son los milimhos por centímetro (mmhos/cm) equivalente a un decisiemens por metro (dS/m) y milisiemens por centímetro mS/cm (Richards , y otros, 1954).

Allison et al. (1947) indica que la CE se puede calcular mediante una pasta saturada o una solución de la muestra de suelo. En laboratorio el aparato empleado para la lectura es el conductímetro, está compuesto por un electrodo que realiza la lectura por medio de la corriente eléctrica que emiten los iones salinos (Hanna®), mientras más corriente emitan las sales mayores es el contenido en la solución (Hernández, 2000). En campo se pueden utilizar conductímetros portátiles los cuales se introducen al suelo a la profundidad de la zona radicular del cultivo. En esta evaluación se empleó el Conductímetro portátil FieldScout que mide la CE directamente en campo y el conductímetro HI 9813-6, instrumento que mide el pH, CE y los sólidos totales (TDS) de la muestra del suelo en laboratorio (Hanna®).

C. Iones en la solución del suelo

Las sales del suelo se concentran en la capa superficial, en una solución de un suelo salino se encuentran altos contenidos de cationes de calcio (Ca^{+2}), sodio (Na^{+}) y magnesio (Mg^{+2}), y en menores contenidos potasio (K^{+}), amonio (NH^{++}) y boro (B3^{+}); los cationes al ponerse en contacto con los coloides, desplazan químicamente a otros iones, dando origen a la salinización (Allison et al., 1947). Según la investigación realizada por Díaz et al. (2018) al evaluar el uso de suelo y agua de calidad marginal para la producción de alfalfa en climas aridos en España, el contenido de los cationes anteriormente mencionados fueron los primeros en evaluarse para determinar el efecto en la salinidad.

En este tipo de suelos es característico encontrar altas concentración de aniones como carbonatos (CO_3^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^{1-}), cloruros (Cl^{-}), sulfatos (SO_4^{2-}), y nitrógeno en forma de nitratos (NO_3^{-}) (Díaz et al., 2018). Magistad & Chistiansen (1944) indican que la principal fuente de aniones es el agua de irrigación.

Las sales más comunes en suelos salinos son el cloruro de sodio (NaCl), cloruro de potasio (KCl), cloruro de calcio (CaCl_2) y cloruro de magnesio (MgCl_2) las cuales provocan toxicidad y antagonismo dentro del complejo de intercambio catiónico, se observa

antagonismo de nitratos con cloruros, sodio con potasio y calcio con potasio, zinc, boro, magnesio y hierro (Grattan y Grieve, 1992).

D. Clasificación de los suelos afectados por sales

Los suelos salinos se clasifican de acuerdo a los parámetros definidos por el laboratorio de suelos de Estados Unidos que son: el potencial de hidrógeno (pH), la conductividad eléctrica (CE) y el porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) como se indica en el cuadro 7 (Richards et al., 1954 & Allison et al., 1947).

Cuadro 7. Indicadores de salinidad del suelo y rango.

Clasificación	pH	C.E (mmhos/cm)	PSI (%)	Proceso
Salinos	< 8.50	> 4	< 15	Salinización
Sódicos	> 8.50	< 4	> 15	Sodificación
Salinos-sódicos	< 8.50	> 4	> 15	Salinización–Sodificación

Fuente: Richards et al., 1954.

En el cuadro 7 se observa la clasificación de los suelos afectados por sales, siendo estos: suelo salino, sódico y salino-sódico, también se muestra el rango de los parámetros empleados y el proceso en el que se encuentra cada tipo de suelo.

El pH indica la alcalinidad o basicidad del suelo, en forma abstracta se puede determinar la disponibilidad de los elementos por las plantas. El porcentaje de sodio intercambiable (PSI) del suelo indica en que porcentaje se encuentra el sodio respecto a las otras sales, si este elemento se encuentra en forma excesiva (> 25 %) puede provocar la expansión de arcillas y reducción de los poros del suelo (reducción de la conductividad hidráulica), en algunos suelos este fenómeno se presenta con valores relativamente bajos (PSI entre 10 % y 20 %) (Álvaro García, O., 2012).

El PSI está ligado con la relación de sodio absorbido (SAR) parámetros utilizados en la evaluación de suelos salinos, la SAR se mide en miliequivalente/litro (meq/L) e indica la

proporción relativa en que se encuentra el sodio respecto al calcio y magnesio, cationes divalentes que compiten con el sodio por los lugares de intercambio catiónico en el suelo, el rango establecido para un suelo salino es <12 meq/L, suelo sódico ≥ 12 meq/L y en un suelo salino-sódico ≥ 12 meq/L (Álvaro García, O., 2012).

a. Suelos salinos

Los suelos salinos se caracterizan por poseer alta concentración de sales solubles, predominando el catión Ca^{2+} (Fassbender & Bornemisza, 1994); una de las características visibles es este tipo de suelos es la formación de costras blanquecinas (Richards et al., 1954).

b. Suelos sódicos

En este tipo de suelo el catión Na^+ es el ion dominante, como consecuencia de ello la superficie del suelo puede presentar costras negras producto de la dispersión de arcillas y destrucción de materia orgánica (Richards et al., 1954), estos suelos también son llamados suelos alcalinos; Magistad & Chistiansen (1944) afirman que los suelos sódicos son producto de la irrigación. En áreas agrícolas donde hay exceso de sodio se puede formar una capa gruesa debajo de la capa arable, acentuado los problemas de permeabilidad y frenando así la pérdida sales por lavado (Allison et al., 1947).

c. Suelos salino-sódicos

Los suelos salinos-sódicos son una muestra clara de la combinación de los procesos de salinización y sodificación (Allison et al., 1947), estos suelos son característicos por presentar manchas o costras blanquecinas y también pueden estar floclulado como los suelos sodificados (Richards , y otros, 1954).

E. Respuesta a la salinidad por los cultivos

La salinidad del suelo es uno de los problemas más importantes que limitan el crecimiento y la productividad de una diversidad de plantas (Desoky, Merwad, & Rady, 2018). Los

cultivos responden de diferentes formas a un suelo salino, dependiendo del nivel de tolerancia de las plantas a las sales, este criterio se evalúa con el rendimiento relativo (Flores García, 1991), conocido también como producción relativa, esta variable toma en cuenta la concentración de sales presentes en la solución del suelo y el agua de riego (Mass & Hoffman, 1977). La producción relativa del cultivo de maíz influenciado por el contenido de salinidad se identifica en el cuadro 8.

Cuadro 8. Producción relativa del cultivo de maíz bajo influencia de salinidad.

Producción Relativa	100 %		90 %		75 %		50 %		0 %	
	Cultivo	CEe	CEw	CEe	CEw	CEe	CEw	CEe	CEw	CEe
Maíz	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	6.7

Fuente: Álvaro García, 2012.

Para el cultivo de maíz en el cuadro 8, se observa la producción relativa de acuerdo a diferentes concentraciones de sales en el suelo (CEe) y agua de riego (CEw), identificando que el aumento de la CE reduce el rendimiento del cultivo, para obtener el 100 % de producción es necesario manejar niveles inferiores a 1.7 dS/m (CEe) y 1.1 dS/m (CEw) en el cultivo.

El rendimiento relativo del cultivo está íntimamente relacionado por los efectos provocados por la presencia de altas concentraciones de sales en las plantas, identificando que la salinidad afecta de la siguiente manera:

a. Efecto sobre la absorción de agua y nutrientes

Singh (2015) & Álvaro García (2012) concuerdan que la salinización afecta el crecimiento de los cultivos al aumentar el potencial osmótico de la solución del suelo, este término se define como el incremento del esfuerzo que las plantas ejercen para extraer el agua del suelo a través de sus raíces; Lamz & Gónzales (2013) afirman que el efecto que generan los solutos disueltos en el agua, es similar a una falta de agua en el suelo, indicando que

las primeras reacciones ante el estrés hídrico es el encogimiento de las células, por ello la tasa de elongación se reduce.

El órgano más afectado en este tipo de suelos es la raíz, porque es la zona más sensible y expuesta a las altas concentraciones de sales, ya que las plantas concentran los solutos en esta zona para aumentar la absorción de nutrientes (Byrt et al., 2018). Calderón-Paniagua, Estrada-Luna & Martínez-Hernández (2001) al evaluar el efecto de la salinidad en el crecimiento y absorción nutrimental de plantas micropropagadas de nopal (*Opuntia* spp) demostraron que, al someter las plantas bajo esta condición se crea un desorden nutrimental, provocando un desbalance iónico. Algunas plantas tienen la capacidad de acumular sales en diferentes órganos, provocando toxicidad específica de iones, las más frecuente son causadas por el Na^+ y Ca^{2+} (Velarde, 2009).

Además, el estrés iónico y osmótico afectan la fotosíntesis, síntesis de proteínas, actividades enzimáticas y desarrollo de hojas (Bojórquez Quintal, 2015), hasta provocar la muerte celular (Greenway & Munns, 1983).

b. Efecto en la germinación y las etapas iniciales de las plantas

En la investigación realizada por Gonzáles Romero et al., (2010) se observó el efecto de un sustrato salino en la germinación del pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], identificando que a menor concentración de sales se obtuvo una mayor germinación concordando con los resultados obtenidos por Reyes Pérez (2014) en el plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). También en explantos de mandioca (*Manihot esculenta* Cranz) sometidos a estrés salino por NaCl, se observó que a menor concentración de sales se obtuvo mayor porcentaje de sobrevivencia y mayor número de hojas (Carretero Montero, 2002).

Otros cultivos como la cebada, el trigo, el maíz y la remolacha en la etapa de germinación y siembra son poco tolerantes a las sales, por lo que la CE no deben exceder de 4 a 5 dS/m (Ayers & Westcot, 1984), en el caso de la remolacha (*Beta vulgaris*) en la etapa de crecimiento es altamente tolerante, además se han observado evaluaciones en diversos cultivos que siguen ese comportamiento en las primeras etapas de crecimiento.

c. Efecto en el crecimiento y desarrollo de las plantas

La salinidad es el principal factor abiótico que interviene en el desarrollo de las plantas, principalmente las variedades precoces tienen una respuesta desfavorable debido a la poca tolerancia que poseen (Ayers & Westcot, 1984).

Chiconato et al. (2019) evaluó la adaptación de plantas de caña de azúcar en suelos salinos, comparando los rendimientos de dos cultivares expuestos a tres concentraciones de sales 40 mM, 80 mM y 160 mM NaCl, comprobando de esta manera el efecto de la CE en el desarrollo de las plantas, demostró que un cultivar (SP 81–3250) es tolerante a la salinidad mientras que el otro cultivar (IAC 87–3396) fue susceptible, pero en los dos cultivares hubo mayor crecimiento a una menor CE.

Viloria & Méndez Natera (2011) evaluaron la relación entre la CE, pH del agua de remojo, germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) bajo dos condiciones experimentales y concluyeron que no hay diferencia de diámetro de tallo en plántulas de maíz entre los tratamientos de CE mientras que si existió entre los cultivares.

También en el desarrollo del cultivo de sorgo (*Sorghum vulgare var. Sudanense*) se han reportado efectos negativos, al aumentar gradualmente la salinidad del suelo disminuye progresivamente la tasa de crecimiento (altura de la planta, peso fresco y seco, contenido de pigmentos fotosintéticos y relación de K/Na en las plantas) (Desoky, Merwad, & Rady, 2018).

F. Recuperación y manejo de suelos salinos

Debido a la respuesta desfavorables de los cultivos es necesaria la implementación de prácticas especiales para el manejo y mejoramiento de áreas agrícolas afectadas por la salinidad (Lamz, A. & Gónzales M., 2013). A lo largo del tiempo se han propuesto diversas técnicas de recuperación, Flores García (1991) las clasifica en métodos físicos, biológicos, eléctricos, químicos e hidrotécnicos y considera que los tres primeros son complementarios de los métodos químicos e hidrotécnicos.

Dentro de los métodos físicos se encuentran las prácticas culturales como los sistemas de labranza del suelo, incluyendo el arado profundo cuya finalidad es romper la capa compacta del suelo (Flores García, 1991), contribuyendo en mejorar el perfil y significativamente las propiedades físicas del suelo (Vargas et al., 2018). En este método entran los sistemas de drenaje, que contribuye a la lixiviación de sales y evita el anegamiento del suelo (Magistad & Chistiansen, 1944).

Los métodos biológicos se basan en el uso de plantas extractoras y tolerantes a las sales (Bandera R., 2013), tal es el caso del uso de trébol blanco (*Melilotus albus*), planta que en áreas salinas mejora la penetración e infiltración del suelo por medio de su profundo sistema radicular, además moviliza el calcio encargado de desplazar al sodio dentro del complejo de intercambio catiónico (Piñeiro, Cerana, & Panigatti, 1973). Los métodos biológicos incorporan estiércoles, compostas, restos de cosecha, abonos verdes y otros materiales orgánicos (Flores García, 1991).

La aplicación de abonos verdes con alto contenidos de azufre al degradarse, promueven la formación de sulfato de calcio beneficioso en el desplazamiento del sodio (Flores García, 1991). La incorporación de ácidos húmicos provenientes de humatos de vermicompost intervienen de forma positiva en el desarrollo de plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.), además de mejorar la permeabilidad del suelo e intervenir directamente en la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Reyes Pérez, 2014).

Zribi, Faci, & Aragüés (2011) indican que el uso de acolchados orgánicos, como la paja, corteza de pino y otros materiales vegetales, reducen significativamente la evapoconcentración y facilita el flujo descendente del agua, contribuyendo con la lixiviación de sales, además amortigua las fluctuaciones de temperatura mientras que los acolchados de plástico no, ocasionando un desequilibrio en la estabilidad del suelo. Al aplicar lodo de mármol y biochar se mejora la retención del agua en los suelos salinos, disminuyendo la generación de altas tasas de evapotranspiración (Salinas J., 2018). En general la aplicación de estos materiales genera cambios positivos en las propiedades físicas y los procesos microbianos del suelo (Flores, Flores & Tórrez , 2014 & Richards et

al., 1954) ayudando a la recuperación de los suelos dañados por sales a corto plazo (Otero et al., 2005).

Las prácticas que comprende el método hidrotécnico son las más utilizadas como enmiendas en los suelos salinos, estas prácticas se basan en la aplicación de agua en grandes cantidades, con la finalidad de arrastrar el exceso de sales de la zona radicular a capas inferiores (Ayers & Westcot, 1984; Richards , y otros, 1954), además de suplir las necesidades hídricas de las plantas. Este método es más efectivo en periodos donde el nivel freático superficial (Flores García, 1991) y la evapotranspiración sea baja (Flores García, 1991 & Vargas et al., 2018). Las prácticas de lavado se pueden combinar con prácticas de nivelación, arado y aplicación de mejoradores que contenga calcio (Piñeiro, Cerana, & Panigatti, 1973).

La inundación es la técnica de lixiviación más común (Magistad & Chistiansen, 1944), pero actualmente la implementación de sistemas focalizados como la aspersión combinada con sistemas de drenaje vertical y tratamientos químicos son más eficientes y requieren menor cantidad de agua (Vargas et al., 2018). Para el lavado del suelo es importante evaluar la calidad y el volumen de agua que se incorpora al suelo (Ayers & Westcot, 1984), en el cuadro 5 se observan las directrices para la interpretación de la calidad de agua para el riego y el riesgo potencial que provoca de no cumplir con los parámetros deseados.

Los métodos químicos se fundamentan en la sustitución de sodio intercambiable la cual se logra con la incorporación de calcio (Richards , y otros, 1954), especialmente en forma de sulfato de calcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Bandera R., 2013). La clase y cantidad del mejorador depende de las características propias del suelo (Flores García, 1991), la aplicación de yeso (sulfato de calcio) es la práctica más utilizada y evaluada como mejorador.

Magistad & Chistiansen (1944) indican que el yeso es una molécula altamente soluble en agua, por ello, garantiza la reacción con otros iones presentes en la solución, logrando la sustitución y posteriormente la lixiviación, para finalmente eliminar el exceso de sales. Debido al costo adicional que implica la aplicación de yeso en la producción agrícola, se puede hacer uso de otras fuentes de calcio, como las utilizadas en la fertilización de los

cultivos (ej.: cloruro de calcio, azufre, polisulfuro de calcio, ácido sulfúrico, sulfato ferroso, sulfato de aluminio, roca caliza molida, entre otros) (Flores García, 1991 & Magistad & Chistiansen, 1944).

Se ha evidenciado que la aplicación de otros compuestos químicos, como el óxido nítrico (NO) y nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) mejoraron la tolerancia de plántulas de trigo al estrés salino y también la adición de ácidos carboxílicos mejoran las propiedades del suelo, reduciendo los niveles de iones en el lixiviado, pH y CE (Puertas Tijeras, Fernández Rodríguez, & Camacho Ferre, 2018).

Zuñiga et al. (2011) evaluaron tecnologías para la recuperación de suelos degradados por salinidad, en un suelo ligeramente salino (4 a 8 mmhos/cm² y PSI ≥ 15) en Colombia; los tratamientos evaluados incluyeron un testigo absoluto (drenaje), tratamiento convencional (aplicación de yeso y azufre) y 3 tratamientos alternativos a los tradicionales: biofertilizantes (conformado por microorganismos, fertilizantes orgánicos procedentes de extractos orgánicos, ácidos húmicos y micorrizas), biopolímeros (conformado por fósforo orgánico, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, complejo orgánico de silicio, poliácidos, ácidos orgánicos y acetatos) y electromagnetismo donde se realizó estimulación electromagnética por medio de solenoides combinada con técnicas blandas (uso de microorganismos).

Zuñiga et al. (2011) concluyó que los tratamientos convencionales, biopolímeros y electromagnetismo fueron más efectivos en cuanto a la respuesta fisiológica y productividad de cultivo de maíz, que utilizar biofertilizantes y utilizar únicamente agua (testigo).

2.2.2 Cultivo de maíz

A. Taxonomía

El maíz pertenece a la familia Poaceae una de las más importantes a nivel mundial (Acosta, R., 2009). El género *Zea* comprende cinco especies *Zea diploperennis* H.H. Iltis, Doebley & R. Guzmán, *Zea luxurians* (Durieu & Asch.) R.M. Bird, *Zea nicaraguensis* H.H.

Iltis & B.F. Benz, *Zea perennis* (Hitchc.) Reeves & Mangelsd y la especie de mayor importancia económica es *Zea Mays* L. que cuenta con cuatro subspecies *Zea mays* ssp *huehuetenangensis* (H.H. Iltis & Doebley) Doebley, *Zea mays mexicana* H.H.Iltis, *Zea mays* ssp *parviglumis* H.H. Iltis & Doebley y *Zea mays mays* recopilado por Office of the Gene Technology Regulator (2008). Guatemala cuenta con la especie *Zea luxurians* y subespecie *Zea mays* ssp *huehuetenangensis* (Orellana Polanco & Dardón Ávila , 2011).

B. Descripción botánica

El maíz es una herbácea anual monocotiledónea, con un tallo cilíndrico denominado culmo que alcanza hasta los 5 m de altura y posee nudos y entrenudos (Orellana Polanco & Dardón Ávila , 2011). La raíz es fibrosa se origina a partir de la radícula principal, también posee raíces adventicias desarrolladas desde el primer nudo, estas raíces contribuyen al anclaje y la absorción de agua y nutrientes (Paliwal, Granados, Lafitte, & Violic, 2001).

Las hojas parten de los nudos, son de gran tamaño, lanceoladas, de filotaxis alterna y con venación paralela, enrolladas por un vaina que cubre el tallo (Paliwal, Granados, Lafitte, & Violic, 2001). Las plantas de maíz son monoicas, la inflorescencia masculina es terminal, conocida como panícula o espiga y la inflorescencia femenina es conocida como elote o mazorca, se localizan en las yemas axilares de las hojas, la fecundación del ovulo es por un polen trinucleado que crea un grano o cariósipide, el número de frutos depende de la variedad y usualmente los granos se disponen en hileras (Orellana Polanco & Dardón Ávila , 2011).

C. Ciclo fenológico

El ciclo fenológico del maíz se divide en etapa vegetativa y reproductiva, el cuadro 9 muestra que la etapa vegetativa inicia con la emergencia del coleóptilo (Ve) y continúan de forma numérica con cada hoja, hasta que emerge la hoja bandera que envuelve a la espiga y finaliza con la emergencia de la espiga (Vt). La etapa reproductiva empieza con la floración masculina (R0), la expulsión del polen por las anteras y termina con la madurez fisiológica (R6), el grano cuenta con humedad entre el 30 % y 35 %. La duración

de cada etapa varía de 60 a 160 días, acuerdo al comportamiento del material vegetal existiendo madurez precoz, intermedia o tardía (Villaseca, 1987).

Cuadro 9. Estados del desarrollo vegetativo y reproductivo del maíz.

Etapa vegetativa		Etapa reproductiva	
Ve	Emergencia	R0	Floración masculina
V1	Primera hoja	R1	Floración Femenina
V2	Segunda hoja	R2	Ampolla
V6	Sexta hoja	R3	Leche
V9	novena hoja	R4	Masa
V(n)	n-ésima hoja	R5	Pasta
Vt	Espiga	R8	Madurez fisiológica

Fuente: Syngenta, 2013.

D. Fitomejoramiento del maíz

El fitomejoramiento se ha desarrollado como una solución inmediata para la tolerancia al estrés abiótico y principalmente aumentar el rendimiento genético en zonas marginales, para ello es necesaria la implementación de técnicas de mejoramiento genético (Acosta & Ríos Labrada, 2013).

En el cultivo de cereales las técnicas de mejoramiento genético se basan en la hibridación, la cual es una técnica convencional que usa el mecanismo de introgresión de genes por medio del cruzamiento de dos líneas puras obteniendo variedades sintéticas y mejoradas mediante la selección masal de la población formada por las variedades originales (Acosta & Ríos Labrada, 2013), pero esta técnica tiene una limitante, es muy tardada ya que para la obtención líneas puras se debe realizar un retro cruzamiento (Prasanna, Chaikam, & Mahuku, 2013), obteniendo resultados entre 6 a 8 generaciones de cultivo. Con el avance de la tecnología e implementación de otras técnicas se puede acortar el tiempo del mejoramiento genético, tal es el caso del uso de la tecnología de rescate de embriones doble haploides (DH) (CIMMYT, 2016).

La tecnología del rescate de embriones DH es utilizada en grandes proyectos de mejoramiento genético porque permite obtener líneas totalmente puras en 2 o 3 generaciones de cultivo, lo cual acorta el tiempo de obtención de nuevas variedades (entre 4 a 6 años) (Prasanna, Chaikam, & Mahuku, 2013).

Las líneas puras se caracterizan por poseer en su composición genética información de un progenitor, poseen caracteres deseados en los programas de fitomejoramiento como genes de resistencia o susceptibilidad a factores adversos (bióticos y bióticos), genes de interés comercial como alta productividad, entre otros, pero estos materiales son característicos ya que son plantas poco atractivas, raquílicas, poco productivas de polen y semillas (Prasanna, Chaikam, & Mahuku, 2013).

E. Requerimientos edafoclimáticas del cultivo

El manejo que se realice en las plántulas de maíz doble haploide (DH) es fundamental para lograr el desarrollo idóneo (Prasanna, Chaikam, & Mahuku, 2013), es importante tomar en cuenta la temperatura, la disponibilidad de recursos hídricos-edáficos, así como las necesidades nutrimentales, las cuales se detallan a continuación:

a. Temperatura

El desarrollo ideal del cultivo se alcanza con valores diurnos entre 25 °C a 30 °C, las temperaturas por debajo de los 8 °C retrasan el crecimiento y superiores a 38 °C estimulan la senescencia de la planta, afectando la viabilidad del polen; la temperatura influye en los procesos de acumulación y translocación de nutrientes, fotosíntesis, polinización, crecimiento del embrión, la formación de la masa del grano y acumulación de proteínas entre otros procesos (Orellana Polanco & Dardón Ávila , 2011).

En las etapas iniciales de las plántulas DH la temperatura debe estar entre 20 °C y 30 °C, si los valores son menores o mayores a los indicados anteriormente provoca estrés en las plántulas afectando su crecimiento y desarrollo (Prasanna, Chaikam, & Mahuku, 2013).

b. Hídricos

El requerimiento necesario de agua para el cultivo de maíz es de 595 mm en todo ciclo, en la etapa vegetativa se consume 30 % y en la etapa reproductiva el 70 % restante, debido a que en esta última etapa el cultivo es más sensible y presenta el punto crítico, el cual se ubica entre los 7 días previos al inicio de la floración y 15 días posteriores. De la disponibilidad de agua depende la adecuada polinización y el llenado de granos (Orellana Polanco & Dardón Ávila , 2011). El estrés hídrico provoca una disminución entre 7 % y 8 % en la producción del grano.

c. Edáficos

Los requerimientos edáficos óptimos para el desarrollo del cultivo son suelos profundos con texturas de preferencia franco-limoso, franco–arcilloso y franco-arcilloso-limoso, con pH de 5.60 a 6.50, suelos bien drenados para reducir problemas de salinidad (Villaseca, 1987), y conductividad eléctrica entre 0 dS/m a 3.7 dS/m en la etapa crítica del cultivo (Hoffman, Mass, Prichard, & Meyer, 1982)

d. Nutricionales

Los nutrientes disponibles generalmente limitan la producción, es importante conocer los requerimientos del cultivo y la oferta del suelo por medio de análisis de suelos del área para determinar las necesidades de fertilización del cultivo (Syngenta, sf),

En el cuadro 10 se identifican los requerimientos nutrientes que necesita el cultivo de maíz, requiriendo 6 macronutrientes y 7 micronutrientes, especificando la cantidad de nutriente que puede extraer el grano.

Cuadro 10. Requerimientos y extracción de grano de nutrientes para producir una tonelada de grano de maíz.

Nutriente	Requerimiento kg/T	Índice de cosecha	Extracción kg/T
Nitrógeno	22	0.65	14.5
Fosforo	4	0.75	3
Potasio	19	0.21	4
Calcio	3	0.07	0.20
Magnesio	3	0.28	0.80
Azufre	4	0.45	1.80
	g/T		g/T
Boro	20	0.25	5
Cloro	444	0.06	27
Cobre	13	0.29	4
Hierro	125	0.36	45
Magnesio	189	0.17	32
Molibdeno	1	0.63	1
Zinc	53	0.50	27

Fuente: Ciampitti & García, 2007 de Syngenta, sf.

F. Tolerancia del maíz a suelos salinos

En la investigación "Tolerancia a la salida de cultivos - evaluación actual" se describe al maíz como una planta medianamente tolerante a suelos salinos, esto se atribuye a la diversidad genética del cultivo (Mass & Hoffman, 1977).

Según Mass & Hoffman (1977) el cultivo de maíz tolera una concentración de sales de 3.4 dS/m, mientras que cinco años después Hoffman, Mass, Prichard, & Meyer (1982) determinaron que la tolerancia fue de 3.7 dS/m.

Kaddah & Ghowail (1964), Mass et al. (1982) & Fassbender & Bornemisza (1994) concuerdan que el maíz es más sensible al contenido de sales presentes en la solución de suelo, durante la etapa de crecimiento vegetativo. Así mismo Fassbender & Bornemisza (1994) agregan que las plantas maduras y la producción de granos son menos sensibles a estas condiciones.

González Romero et al. (2010) indica que la germinación y la etapa de plántula son las fases más vulnerables y están influenciadas por la temperatura, salinidad, luz y humedad del suelo. Si el cultivo es tolerante a sales, la energía producida la emplea para sobrevivencia (Tyerman et al, 2019).

Según Mass et al. (1982) al realizar la evaluación de la sensibilidad a la salinidad del maíz en varias etapas de crecimiento de 16 cultivares, 13 fueron relativamente tolerantes a la salinidad durante la germinación, todos los cultivares germinaron bien en salinidades de agua del suelo de hasta 10 dS/m y 7 cultivares germinaron también a 15 dS/m.

Según Mass et al. (1982) el crecimiento de las plántulas, por otro lado, fue bastante sensible a la salinidad del suelo. El umbral de salinidad para los rendimientos de materia seca a los 21 días después de la siembra varió de 0.30 dS/m a 2.50 dS/m y la mayoría de los valores se encontraban por debajo de 1.0 dS/m, por unidad de aumento del umbral, el crecimiento se reduce de 4.90 % en el cultivo de maíz.

Las curvas de respuesta de tolerancia a salinidad para un cultivar de maíz dulce, mostraron que los rendimientos de mazorcas frescas disminuyeron 7.70 % por unidad de aumento en la salinidad promedio del agua del suelo más allá de un umbral de 5.80 dS/m. Los rendimientos de granos disminuyeron 10.10 % por unidad de aumento por encima de 5.50 dS/m (Mass et al., 1982).

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 General

Evaluar el efecto de la aplicación de cuatro correctores salinos en el rendimiento de ocho líneas puras de maíz (*Zea mays* L.), en suelos del Centro de Investigación de Cultivos, Esquejes S.A., Jalapa, Guatemala.

2.3.2 Específicos

1. Determinar el comportamiento de la conductividad eléctrica y pH del suelo por la aplicación de correctores salinos en la etapa vegetativa de plantas doble haploides de maíz.
2. Evaluar el efecto de productos comerciales en el porcentaje de sobrevivencia después del trasplante de plantas doble haploides de maíz.
3. Evaluar la respuesta en el desarrollo (altura, diámetro, número de hojas y unidades relativas de clorofila) de plantas doble haploides de maíz.
4. Cuantificar el retorno de producción por la aplicación de productos comerciales.

2.4 HIPÓTESIS

Al aplicar correctores de salinidad se obtendrá una disminución en la concentración de sales en el suelo, provocando efectos positivos en la etapa vegetativa (sobrevivencia y desarrollo) de líneas puras de maíz.

Al aplicar correctores de salinidad a un suelo salino se obtendrá una disminución en la concentración de sales en el suelo, provocando efectos positivos en la etapa reproductiva (retorno de mazorcas) de líneas puras de maíz.

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Caracterización del área experimental, material vegetal y productos

A. Características químicas del suelo

En el cuadro 11 se detallan las características químicas del suelo previo al establecimiento del experimental para la aplicación de seis correctores de salinidad. Los resultados están detallados para tres estratos, de 0 cm a 10 cm (M1), 10 cm a 20 cm (M2) y de 20 cm a 30 cm.

El resultado del análisis químico presente en el cuadro 11 indica: que es de reacción ligeramente acida por el valor de pH (4.66 a 4.80); presenta una C.E de 2.25 mS/cm a 5.85 mS/cm identificando que en el primer estrato existe una mayor acumulación de sales, en promedio el PSI fue de 8.94 % y una SAR de 7.57 % clasificándolo como un suelo salino (cuadro 7) y el contenido de materia orgánica presente es bajo (1.14 % a 1.54 %). Los elementos que presentaron altas concentraciones son P, K, Mg, S, Fe y Na, además el B se encuentra deficiente y hay presencia de Al (elemento que según la concentración puede ser tóxico para las plantas).

Cuadro 11. Resultados de las propiedades químicas del suelo del área experimental.

	pH	Concentración de Sales (C.S.)	M.O.	C.I.C.c	Saturación (%)				
					(K)	(Ca)	(Mg)	(Al-H)	(Na)
Rango adecuado	5.50 - 7.20	0.20 - 0.80	2 - 4	5 - 15	4 - 6	60 - 80	10 - 20	< 20	< 5
M 1	4.69	5.85	1.32	21.90	11.74	60.03	21.63	0.20	6.37
M 2	4.80	4.64	1.54	17.70	11.92	62.76	19.75	0.30	5.28
M 3	4.66	2.25	1.14	17.40	11.94	62.04	20.48	0.30	5.26

	ELEMENTOS										Manganeso (Mn)	Zinc (Zn)	Aluminio (Al)	Sodio (Na)
	Nitrato (N-NO ₃)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Azufre (S)	Boro (B)	Cobre (Cu)	Hierro (Fe)					
Rango adecuado ppm (p/v)	25 - 250	30 - 75	300 - 500	2,000 - 3,000	250 - 500	10 - 100	1 - 5	1 - 7	40 - 250	10 - 250	2 - 25	< 20 % Sat Al	< 5 % Sat Na	
M 1	1,492	253.70	1,001	2,624	567.30	595.40	< 0.20	6.70	400.80	72.60	7.20	< 8	320	
M 2	964	230.30	823	2,223	419.70	476.40	< 0.20	6.60	381.10	57.20	5.90	< 8	215.50	
M 3	948	252.30	812.40	216.50	428.80	462.20	< 0.20	6.70	393.20	60.20	6.20	< 8	211	

Fuente: Centro de Investigación de Cultivos, 2018.

B. Antecedentes de los problemas de salinidad

La finca donde actualmente se encuentra el Centro de Investigación de Cultivos, inicio con la producción de semillas y esquejes de flores de diferentes especies (principalmente exportación de geranios). En la finca se producían alrededor de 25 millones de esquejes de geranio anualmente y eran exportados a Estados Unidos (Allen, 2007).

La producción de flores se realizaba en bolsas de polietileno negras, distribuidas sobre bancas a 0.50 m de altura (50 cm) (figura 19). La fertilización se realizaba por medio del sistema de riego por goteo. El problema se originó por la acumulación de residuos del riego (lixiviación), el exceso de fertilizantes aplicados al sistema de riego se concentró en la superficie del suelo, dando origen al suelo salino actual. Debido a que en la producción se utilizaba un sustrato ajeno en los invernaderos y que el suelo no era directamente para producción, se colocaban las bolsas sobre bancas (figura 20) por lo que las concentraciones de sales presentes en la parte superficial no fueron manejadas porque no era de interés, por lo anterior a la hora de implementar un nuevo cultivo (maíz) en el suelo, este tendría problemas productivos (Pérez, 2018).



Fuente: Morales, 2008.

Figura 19. Distribución de las bolsas empleadas en la producción de flores.



Fuente: Morales, 2008.

Figura 20. Altura de referencia de las bancas del cultivo de flores.

Actualmente en la finca se produce líneas puras de maíz, y se realizan monitoreos de la CE, dentro del manejo agronómico del cultivo se maneja la fertilización por medio del sistema de riego. La conductividad que aporta la solución nutritiva al suelo es en promedio 3.60 dS/m, para darle el manejo adecuado a los suelos, se toma como referencia la CE del último ciclo de cultivo, el cual es manejado por la enmienda de lavado de sales (cuadro 12), y después de tres ciclos se realiza una rotación de cultivos (soya).

Cuadro 12. Registros del monitoreo de la conductividad eléctrica en el área experimental.

Fecha de muestreo	Registro de la CE (dS/m)		Observaciones
	Lado A	Lado B	
11/10/2017	3.29	5.24	2do. día de bajado de sales
13/10/2017	0.74	1.88	Antes del trasplante
24/10/2017	0.60	0.61	Después del trasplante
19/03/2018	6.64	5.78	Registro de referencia para la evaluación

Fuente: Centro de Investigación de Cultivos, 2018.

En el cuadro 12 se identifican los registros de las concentraciones de sales después de realizar la enmienda de lavado de sales, identificando que en ambos lados del invernadero después del trasplante los valores de CE tienen valores de 0.60 dS/m y 0.61 dS/m los

cuales son adecuados según Esquejes S.A., (2018) porque se recomienda que al momento del trasplante de las plantas DH el valor sea ≤ 1 dS/m.

En suelos con alta concentración de sales del centro de investigación se han identificado problemas a nivel de planta como mortalidad mayor al 5 % después del trasplante, deficiencia de boro y magnesio en el tejido foliar de las plantas y a nivel de suelo mala infiltración.

C. Manejo del control de la salinidad

El centro de investigación de cultivos maneja tres métodos de enmiendas para el control de la salinidad del suelo, las cuales se describen a continuación.

a. Lavado de sales

Esta enmienda consiste en lixiviar el alto contenido de sales, aplicando un volumen de 46 m³ de agua por hectárea por día de lavado de sales, por 4 días consecutivos, luego se seca el suelo por 4 días, luego de este tiempo se trasplanta las plantas DH, obteniendo en este proceso CE ≤ 1 dS/m. Después del trasplante es necesario otro lavado de sales, por 3 días consecutivos, para asegurar una mayor sobrevivencia de plántulas, en el caso de la sobrevivencia con este método se ha logrado obtener valores de 95 % (5 % mortandad), el cual es el valor deseado por la empresa.

b. Rotación de cultivo

El 75 % de producción de la empresa Esquejes S.A. corresponde a maíz, el cual utiliza el 34 % del área productiva y se encuentra bajo condiciones semicontroladas, realizando 3 ciclos de cultivo al año por ende es un cultivo intensivo.

Al año del cultivo (después de 3 ciclos de cultivo de maíz) la empresa en el plan general se realiza rotación de cultivo con soya (figura 21), este cultivo contribuye a la reducción de la concentración de sales, además es una planta tolerante y por ello extrae de la solución altas cantidades de sales, debido a que no se realiza manejo agronómico (ni aplicaciones

de fertilizantes), el cultivo se encuentra en campo por un ciclo (50 a 60 días) y al finalizar la soya es incorporada al suelo.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 21. Rotación de cultivo con soya

c. Incorporación de materia verde y cal comercial

Se incorpora soya como materia verde para hacer la enmienda orgánica, para mejorar las características físicas de los suelos. La soya se incorpora cuando inicia la etapa reproductiva, se añade cal comercial (1,600 kg/ha) y se incorpora por medio de maquinaria agrícola.

D. Descripción de material vegetal

Los materiales que se utilizaron en esta investigación son plantas que pasaron por el proceso de duplicación cromosómica, tecnología conocida como rescate de embriones doble haploides ERDH, siglas en inglés. La región de origen de los materiales utilizados fue Norte América (NOAM), con madurez media, utilizando 8 materiales (cuadro 13).

Cuadro 13. Origen del material vegetal utilizado para la evaluación.

Código	Identificación del material	Región	Madurez
A1	18GU900009		
A2	18BD900016		
A3	18GU900010		
A4	18GU900015	NOAM	MEDIA
A5	18DW900019		
A6	18LD900016		
A7	18BG900016		
A8	18BG900019		

Fuente: Centro de Investigación de Cultivos, 2018.

El cuadro 13 describe los materiales utilizados en la evaluación, se identificaron con los códigos A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 y A8. El centro identifica a los materiales con los últimos dos dígitos del año en el que se realizó el ERDH, código del mejorador que envía la semilla y un correlativo de trabajo. De las siete regiones que hay únicamente se trabajó con NOAM (región de Norteamérica) y madurez de los materiales fue media.

Las líneas de maíz obtenidas del proceso de rescate de embriones doble haploides, debido a que el origen de semillas es diverso, se ha determinado por el Centro de Investigación un retorno esperado (producción) de mazorcas del 26 % (26,000 mazorcas/ha).

E. Descripción de los productos comerciales

Los productos evaluados fueron propuestos y facilitados por el Centro de Investigación de Cultivos de la empresa Esquejes S.A.

En el cuadro 14 se observa la composición química de los productos comerciales aplicados al suelo y las dosis empleadas para la investigación, las cuales se definieron por recomendación del fabricante.

Cuadro 14. Características químicas de productos comerciales evaluados.

No.	Nombre Comercial	Fuente (p/v)	Dosis L/ha
1.	Myr Ca®	Nitrógeno total 3.5 % Aminoácidos libres 5 % CaO 5 %	20
2.	Fertisal SL®	Materia Orgánica 70 % Ácidos Orgánicos 5 % Potasio (K ₂ O) 4 %	40
3.	Dispersal®	CaO 17.8 % MgO 0.72 %	28.60
4.	Terrabien®	Ácido polimaleico 35 % Ácidos fúlvicos 3 % Dispersantes y penetrantes 54 %	7

Fuente: elaboración propia, 2018.

El cuadro 15 se observa que, de los cuatro productos utilizados en la evaluación tres aportan elementos que combaten directamente la alta concentración de sales en el suelo (Fertisal, Dispersal y Terrabien), además se basan en el desplazamiento del sodio por calcio, para posteriormente lixiviar de manera correcta el exceso de sales.

Cuadro 15. Descripción de los productos comerciales.

No.	Nombre Comercial	Descripción	Función
1.	Myr Ca®	Fertilizante	Incorpora calcio de absorción inmediata por las plantas al suelo (Agrotecnologías Naturales, s.f.).
2.	Fertisal SL®	Fitomejorador de suelos alcalinos	Estabiliza los niveles altos de pH, neutraliza inmediatamente los elementos tóxicos principalmente el Na mediante la formación de sulfato de Na o nitratos de Na los cuales precipitan del horizonte del suelo. Incorpora Ca soluble de inmediata absorción para las plantas, mejora la estructura y fertilidad del suelo (Enlase, 2013).

Continuacion cuadro 15.

3.	Dispersal®	Corrector de suelos salino-sódico y salino	Provoca el intercambio de Na por Ca, y el Na es lixiviado fácilmente, el Ca se forma soluble y disponible para las plantas. Mejora la retención de agua y textura del suelo mejorando con ello el desarrollo radicular y la absorción de los nutrientes (Arvensis agro, S.A., s.f.)
4.	Terrabien®	Desalinizador, acondicionar de suelo salinos	La aplicación de ácidos orgánicos aumenta la eficiencia del intercambio de Ca y Mg por el Na permitiendo su liberación, al aplicarse incrementa la eficiencia del lavado de sales en el suelo, vía escorrentía por gravedad o por drenaje artificial. (Química Internacional Aplicada, S.A., s.f.)

Fuente: elaboración propia con base a Enlasa, 2013, Agrotecnologías Naturales, s.f., Arvensis agro, S.A., s.f., & Química Internacional Aplicada, S.A.,

2.5.2 Comportamiento de la CE y pH del suelo

Las sales solubles del suelo fueron determinadas de dos formas, directa, mediante la introducción del salinómetro FielScout® a una profundidad de 5 cm de capa superficial del suelo e indirecta, mediante la recolección de muestras de cada unidad experimental. Para el método directo se realizaron 13 lecturas, a los: 7, 6, 4 y 2 días antes del trasplante, el día del trasplante y a los 2, 3, 5, 8, 15, 21, 28 y 42 días después del trasplante mientras que para el método indirecto (7 lecturas) el día del trasplante y a los 2, 3, 5, 8, 15 y 2 días después del trasplante, para la CE y el pH.

La CE de forma indirecta permitió conocer la concentración de sales en solución, se procedió a recolectar una muestra compuesta de suelos (conformada por tres submuestras) por cada unidad experimental a una profundidad de 5 cm. La medición de la CE fue dS/m y se realizó de la siguiente manera:

- Se recolectó una muestra compuesta de suelo de aproximadamente 50 g a una profundidad de 5 cm.
- Se pesó 25 g de la muestra de suelo en una balanza mono plato, semi-analítica.
- Se agregó 50 ml de agua destilada a cada muestra de suelo y se agito por 5 min.
- La muestra se dejó reposar durante una hora, para permitir que los elementos presentes se encuentren en solución (figura 22).
- Antes de la lectura se agito nuevamente la muestra por 1 min.
- Se realizó la lectura del pH y CE con un conductivímetro (figura 39A).
- Se anotaron los resultados obtenidos en cada lectura.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 22. Solución de las muestras de suelo para la medición de EC.

A. Análisis de la información

Los datos recolectados de CE y pH de suelo fueron recopilados en un formato, se digitalizaron en una hoja de Excel® y finalmente se construyeron graficas del comportamiento con los valores observados en relación al día de la toma de muestra y al producto comercial utilizado para corregir la salinidad del suelo.

2.5.3 Porcentaje de sobrevivencia

A. Fase experimental

a. Descripción de los tratamientos

Para evaluar el efecto de la aplicación de productos comerciales en el porcentaje de sobrevivencia los tratamientos se encuentran integrados por la interacción de los factores A y B.

i. Factor A

El factor A se conformó por ocho líneas puras de maíz, en el cuadro 16 se detalla la identificación asignada para los ocho materiales utilizados, proporcionados por el Centro de Investigación de Cultivos, Esquejes S.A. los materiales son de origen norteamericano (NOAM) y maduración media. Estos materiales pasaron el proceso de rescate de embriones en el año 2018.

Cuadro 16. Identificación de los materiales trasplantados en la evaluación.

Identificación	Material
A1	18GU900009
A2	18BD900016
A3	18GU900010
A4	18GU900015
A5	18DW900019
A6	18LD900016
A7	18BG900016
A8	18BG900019

Fuente: elaboración propia, 2018.

ii. Factor B

El factor B conformado por los productos utilizados en la evaluación, en el cuadro 17 se describen los tratamientos empleados como correctores de salinidad. En el tratamiento B1 y B2 se emplea como producto agua, en el primero se aplica agua con la finalidad de

provocar la lixiviación de sales (lavado) y en el segundo se aplica agua a capacidad de campo. También se muestran las dosis de los tratamientos por invernadero (2016 m²), el código de identificación de cada tratamiento en campo, la conductividad y el pH de la aplicación.

Cuadro 17. Descripción de los tratamientos evaluados.

Código	Tratamientos	Dosis por Invernadero	CE (dS/m)	pH
B1	Manejo cultural	Agua	0.31	6.76
B2	Testigo	Agua CC	0.31	6.76
B3	Myr Ca®	4.2 L	0.35	8.20
B4	Fertisal SL®	8.4 L	0.26	8.03
B5	Terrabien®	1.47 L	0.29	8.23
B6	Dispersal®	6 L	0.28	8.13

Fuente: elaboración propia, 2018.

El cuadro 18 se observa la interacción entre el factor A (material vegetal) y el factor B (productos aplicados), teniendo en total 48 interacciones.

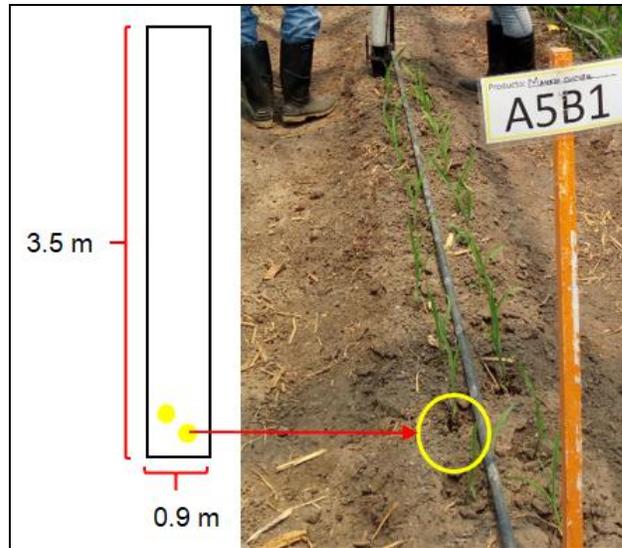
Cuadro 18. Combinaciones de los 48 tratamientos.

A1B1	A2B1	A3B1	A4B1	A5B1	A6B1	A7B1	A8B1
A1B2	A2B2	A3B2	A4B2	A5B2	A6B2	A7B2	A8B2
A1B3	A2B3	A3B3	A4B3	A5B3	A6B3	A7B3	A8B3
A1B4	A2B4	A3B4	A4B4	A5B4	A6B4	A7B4	A8B4
A1B5	A2B5	A3B5	A4B5	A5B5	A6B5	A7B5	A8B5
A1B6	A2B6	A3B6	A4B6	A5B6	A6B6	A7B6	A8B6

Fuente: elaboración propia, 2018.

b. Unidad experimental

La unidad experimental consistió en 35 plantas, distribuidas al tresbolillo en un área de 3.15 m² (ancho de 0.90 m y longitud de 3.50 m, figura 23).



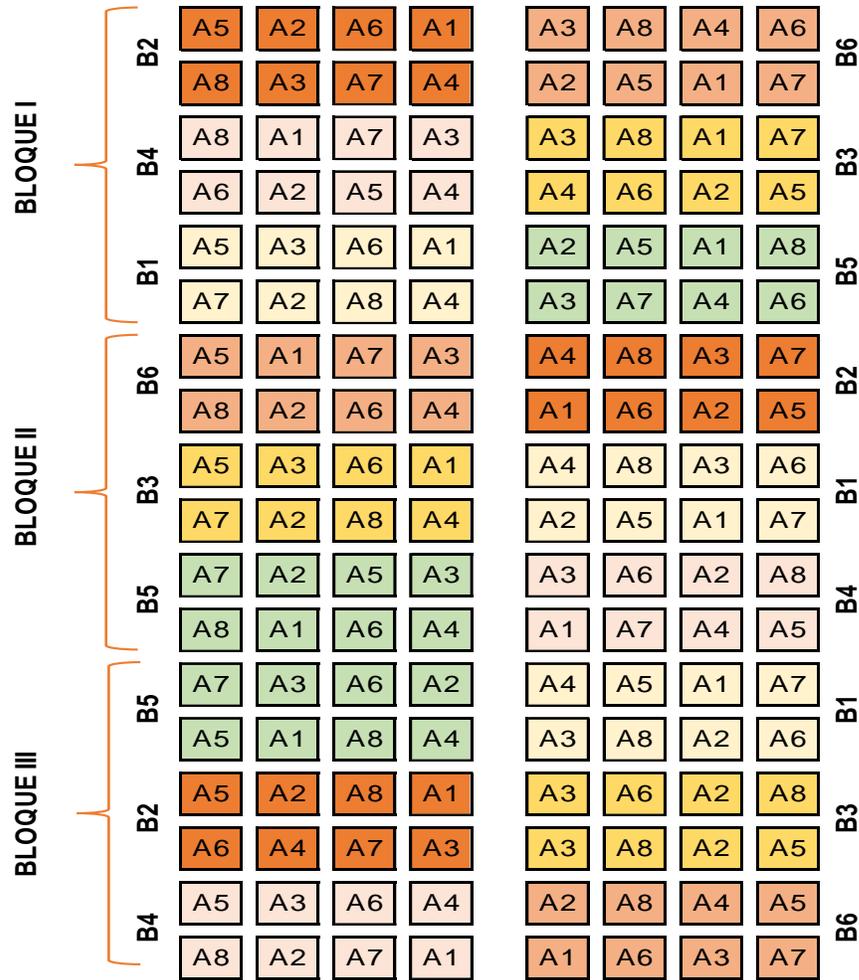
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 23. Unidad experimental.

En la figura 23 se ilustra del lado izquierdo la unidad experimental de la investigación y del lado derecho se observa el trasplante al tresbolillo de 35 plantas, correspondientes al material vegetal 18DW900019 (A5) y el tratamiento correspondiente a manejo cultural (B1), que actualmente utiliza la empresa. La separación entre cada unidad experimental es de 0.50 m.

c. Distribución de los tratamientos

Se evaluaron 48 tratamientos con 3 repeticiones (bloques), con un total de 144 unidades experimentales, la distribución fue totalmente al azar y se observa en la figura 24.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 24. Distribución de los tratamientos en campo.

La figura 24 muestra la distribución de los tratamientos en el área experimental, el factor A corresponde a la parcela pequeña (material vegetal) y el factor B a la parcela grande (productos aplicados).

d. Diseño estadístico

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, la parcela grande fue constituida por los tratamientos empleados para la corrección del suelo salino y la parcela pequeña se formó por las 35 plantas de cada material vegetal.

i. Modelo estadístico

El modelo correspondiente al diseño en bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas es:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + P_{j(i)} + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta observada o medida en la ijk – ésima unidad experimental.

μ = Media general.

α_i = Efecto de la parcela grande, factor B (tratamientos)

$P_{j(i)}$ = Error de la parcela grande (aleatorio)

γ_k = Efecto de la parcela pequeña, factor A (material vegetal)

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Efecto de la interacción entre el factor A y factor B

ε_{ijk} = Error de la parcela pequeña.

ii. Hipótesis estadística

- Hipótesis nula

$$H_0 = \text{Todas las } (\alpha\gamma)_{ij} = 0$$

$$H_0 = \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0$$

$$H_0 = \gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_b = 0$$

- Hipótesis alterna

$$H_a = \text{No todas las } (\alpha\gamma)_{ik} = 0$$

$$H_a = \text{No todas las } \alpha_i = 0$$

$$H_a = \text{No todas los } \gamma_k = 0$$

B. Manejo del experimento

a. Rotulación de las unidades experimentales

Se identificó cada unidad experimental de acuerdo a la figura 25 con estacas de 1 m de altura de color anaranjado, al inicio de cada unidad experimental (figura 28).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 25. Etiqueta de la unidad experimental.

b. Aplicación de tratamientos

i. Calibración del sifón

Para la aplicación de los diferentes productos se utilizó un sifón agrícola, el cual tiene un mecanismo igual al Venturi (figura 40A), este inyecta una dosis de solución madre por volumen de agua conocido, la relación del sifón empleado fue de 1:13 lo que quiere decir que inyecta 1 L de solución madre por 13 L de agua. La calibración del sifón se realizó de la siguiente manera:

- Llenar una probeta de 5 L.

- Enroscar el sifón a la llave principal de agua, y la manguera que aplica la solución (que contiene el tratamiento).
- Colocar la manguera que sale del sifón dentro del recipiente que contiene la solución madre.
- Colocar la manguera principal para medir el agua descargada en un recipiente, para realizar la aplicación del tratamiento a la unidad experimental (figura 41A).
- Abrir la llave de agua para medir el volumen de agua de descarga.
- Medir el tiempo de descarga de un volumen de 30 L.
- Realizar la lectura de la solución madre que se inyecta en los 30 L de agua (figura 42A).
- Realizar la calibración 3 veces para determinar la media del volumen de la solución madre y el tiempo.

ii. Dosificación

Después de la calibración del sifón se realizó la solución madre, para el número total de unidades que requerían la aplicación de ese tratamiento (figura 42A).

La solución madre se realizó en recipientes de 35 L, las dosis de los productos aplicados fueron: Myr Ca® 20 L/ha, Fertisal SL® 40 L/ha, Dispersal® 28.60 L/ha y Terrabien® 7 L/ha. La dosis de Myr Ca®, Fertisal®, Dispersal® fue fraccionada en dos, mientras que Terrabien® en la primera aplicación se fraccionó 70 % y 30 % en la segunda, La primera y segunda aplicación se realizó a los 8 y 4 días previo al trasplante.

iii. Aplicación

La aplicación de los productos se realizó por medio de una manguera con una descarga de 19 L/min; el producto se aplicó en la parte central del surco de cada unidad experimental, como se muestra en la figura 26.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 26. Aplicación de los productos en las unidades experimentales.

Las aplicaciones se realizaron a los 8 y 4 días antes del trasplante según la dosis.

c. Trasplante del material vegetal

El trasplante del material vegetal se realizó a los 30 días después de pasar por el rescate de embriones y la aclimatación (figura 27), de forma mecánica por medio de una trasplantadora diseñada por el centro de investigación.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 27. Plantas de maíz listas para el trasplante.

Las plantas fueron distribuidas al tresbolillo, con un distanciamiento de 20 cm y se trasplantaron 35 plantas por unidad experimental (figura 28).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 28. Trasplante del material vegetal.

Luego del trasplante se procede al sellado con agua, porque la temperatura del suelo es alta y puede deshidratar a las plántulas (figura 29).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 29. Sellado después del trasplante.

d. Riego

Durante la etapa crítica, ocho días después del trasplante, las plantas deben estar bien hidratadas para evitar el estrés hídrico.

Debido a la aplicación de productos en el suelo para el manejo de concentración de sales, se controló las láminas de riego, con el objetivo de evitar el desplazamiento de estas sales por altos volúmenes de agua. La humedad del suelo se monitorea por medio del sensor FieldScout®, regando según los criterios de la empresa durante la etapa vegetativa y reproductiva.

Para contrarrestar el estrés hídrico y el choque térmico por altas temperaturas del invernadero se nebulizaba el área experimental únicamente en la etapa crítica.

e. Fertilización

La primera fertilización se realizó a los 8 días después del trasplante, suministrando los nutrientes por medio del fertirriego (figura 30), la solución es la que utiliza la finca según las necesidades nutricionales del cultivo de maíz, la empresa tiene un plan de fertilización establecido.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 30. Cinta de riego del sistema de fertirriego.

En la figura 30 se puede observar las cintas de riego colocadas en la parte media del surco, los emisores se encuentran distanciados a cada 20 cm.

f. Control fitosanitario

El control de malezas se realizó manualmente, de forma focalizada y periódica. Para el control de plagas se realizó únicamente el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), causando daño en la etapa vegetativa del maíz (figura 31).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 31. Daños ocasionados por gusano cogollero en la etapa vegetativa del maíz.

El control del gusano cogollero fue de forma manual, matando los gusanos presentes en los cogollos de las plantas dañadas y también se empleó el control químico. El control de enfermedades se llevó a cabo según el plan preventivo y curativo manejado por el Centro de Investigación de Cultivos para el maíz.

g. Toma de datos

Para determinar el porcentaje de sobrevivencia, se contabilizaron las plantas presentes en cada unidad experimental a los 15 días después del trasplante, el valor de esta variable se determinó con la siguiente fórmula (López Bautista & González Ramírez, 2016):

$$\text{Porcentaje de sobrevivencia} = \frac{x}{n} * 100$$

Siendo:

x = Número de plantas vivas.

n = Número de observaciones por unidad experimental.

Considerando que la variable se trata de un porcentaje y no cumpla con los supuestos del modelo estadístico es recomendable realizar una transformación angular de datos, además de sustituir los valores de x cuando: $x=0$, el valor de $0/n$ se sustituye por el valor de $1/4n$ y $x=n$, el valor de n/n debe ser sustituido por el valor de $1-(1/4n)$ (López Bautista & González Ramírez, 2016).

C. Análisis de la Información

Los datos obtenidos de la variable porcentaje de sobrevivencia se corrigieron y transformaron para realizar el análisis de varianza, cumpliendo de esa forma con los supuestos que validaron el modelo estadístico-matemático.

2.5.4 Desarrollo del material vegetal

Para evaluar el desarrollo del material vegetal se tomaron las variables biométricas: altura, diámetro del tallo, número de hojas y eficiencia fotosintética. Para las mediciones de las cuatro variables se identificaron 10 plantas de cada unidad experimental con una etiqueta plástica de color amarillo. La fase experimental y manejo de la evaluación se describió anteriormente (inciso B).

A. Incremento de altura

se realizaron 5 lecturas, la primera un día después del trasplante para tomarla como altura inicial, midiendo desde la base del tallo hasta el ápice de la última hoja extendida con una cinta métrica (figura 32). Las siguientes lecturas se realizaron a los 8, 15, 21 y 28 días después del trasplante. Cada incremento se determinó con la siguiente fórmula:

$$\Delta h = hf - ho$$

Donde:

Δh = Incremento de altura.

hf = Altura final.

h_0 = Altura inicial.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 32. Medición del incremento de altura de las plantas a los 15 días después de trasplante.

B. Número de hojas.

Se realizó el conteo de las hojas de cada una de las 10 plantas identificadas por cada unidad experimental. Las lecturas se tomaron a los 8, 15, 21 y 28 días después del trasplante.

C. Diámetro del tallo

El diámetro se midió en la base del tallo en milímetros por medio del vernier (figura 33) de cada planta identificada por cada unidad experimental. Se realizaron 3 lecturas, a los 15, 21 y 28 días después del trasplante.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 33. Medición del diámetro de las plantas a los 15 días después del trasplante.

D. Eficiencia fotosintética

La eficiencia fotosintética se determinó en la parte media de la penúltima hoja, por cada planta identificada de cada unidad experimental, mediante las unidades relativas de clorofila determinadas por el clorofilometro Atleaf®. Se realizaron 4 lecturas, a los 15, 21, 28 y 42 días después del trasplante.

E. Análisis de la Información

Para las variables biométricas (incremento de altura, número de hojas, diámetro del tallo y unidades relativas de clorofila) se realizó un análisis de varianza. Los datos fueron procesados con el software estadístico InfoStat 2018e.

2.5.5 Retorno de producción

El retorno de la producción es la relación entre mazorcas granadas (x) y plantas sembradas (n), para determinar el porcentaje se empleó la siguiente fórmula (López Bautista & González Ramírez, 2016).

$$\text{Porcentaje de retorno de producción} = \frac{x}{n} * 100$$

Considerando que la variable se trata de un porcentaje y no cumple con los supuestos del modelo estadístico es recomendable realizar una transformación angular de datos, además de sustituir los valores de x cuando: $x = 0$, el valor de $0/n$ se sustituye por el valor de $1/4n$ y $x=n$, el valor de n/n debe ser sustituido por el valor de $1-(1/4n)$ (López Bautista & González Ramírez, 2016).

En campo se contabilizaron todas las mazorcas cosechadas por cada unidad experimental, donde se identificó un saco por unidad experimental y se depositó dentro de él las mazorcas cosechadas (figura 34), también se quitó la etiqueta de identificación de la unidad experimental y se colocó dentro de cada saco; posteriormente se trasladó la cosecha al área de procesamiento de semillas del centro para el conteo respectivo (figura 35).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 34. Cosecha de las unidades experimentales.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 35. Conteo de mazorcas de la unidad experimental.

A. Análisis de la Información

Los datos obtenidos de la variable porcentaje de retorno de producción se corrigieron y se transformaron para realizar el análisis de varianza, cumpliendo de esa forma con los supuestos que validaron el modelo estadístico-matemático. Los datos fueron procesados con el software estadístico InfoStat 2018e.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación se estableció de un suelo salino, en un invernadero con condiciones semicontroladas, el cual posee un techo con dos aguas, con altura mínima de 3 m y máxima de 6 m en un área de 2,016 m². además, se realizó de junio a septiembre del año 2018, observándose registros climáticos del invernadero con temperatura máxima de 52.30 °C, media de 25.7 °C y mínima de 15.55 °C. La humedad relativa máxima fue de 95.45 %, promedio de 63.47 % y mínima de 26.30 %. Durante el ciclo del cultivo la temperatura máxima del suelo fue de 64.70 °C y promedio de 39.22 °C; la humedad del suelo fue máxima 52.30 %, media de 27.68 % y mínima de 19.20 %.

2.6.1 Comportamiento de la CE y pH del suelo

El efecto de la aplicación de los tratamientos al suelo, se determinó por medio del comportamiento de la conductividad eléctrica (CE) y el potencial de hidrogeno (pH)

A. Conductividad eléctrica del suelo (CE)

El monitoreo de la CE del suelo se realizó de dos maneras, conductividad directa –CE (D)–, y conductividad de la muestra –CE (M)–. Los datos obtenidos de las lecturas se tomaron a partir del primer día, después de la primera aplicación de los tratamientos, ocho días antes del trasplante con diferentes intervalos, hasta los 42 días después del trasplante, etapa donde se termina de realizar la actividad de polinización de las plantas.

a. Conductividad tomada directamente del suelo CE (D)

Los promedios de los datos obtenidos de CE (D) en la etapa crítica del cultivo de maíz (de 0 a 15 días después del trasplante) se observan en el cuadro 19.

En el cuadro 19, se puede identificar que el bloque III presento en promedio mayor concentración de sales, esto fue debido a la posición del mismo respecto a la pendiente. El tratamiento que obtuvo la mayor concentración de sales fue el testigo (B2) y el tratamiento con menor concentración de sales fue Dispersal (B6).

Cuadro 19. Valores de CE (D) en la etapa crítica del cultivo de maíz DH por tratamiento (dS/m).

Tratamiento	Bloque			Promedio
	I	II	III	
B1	0.61	0.67	1.34	0.88
B2	1.26	1.08	2.68	1.67
B3	0.74	0.84	0.45	0.67
B4	0.80	0.47	1.04	0.77
B5	0.75	0.80	0.48	0.67
B6	0.56	0.44	0.93	0.65
Promedio	0.79	0.72	1.15	0.89

En la figura 36, se presenta el comportamiento de la CE tomada del suelo desde el primer día de la aplicación de los tratamientos hasta los 42 días después del trasplante, identificando que el testigo presentó las concentraciones más altas de CE durante la investigación.

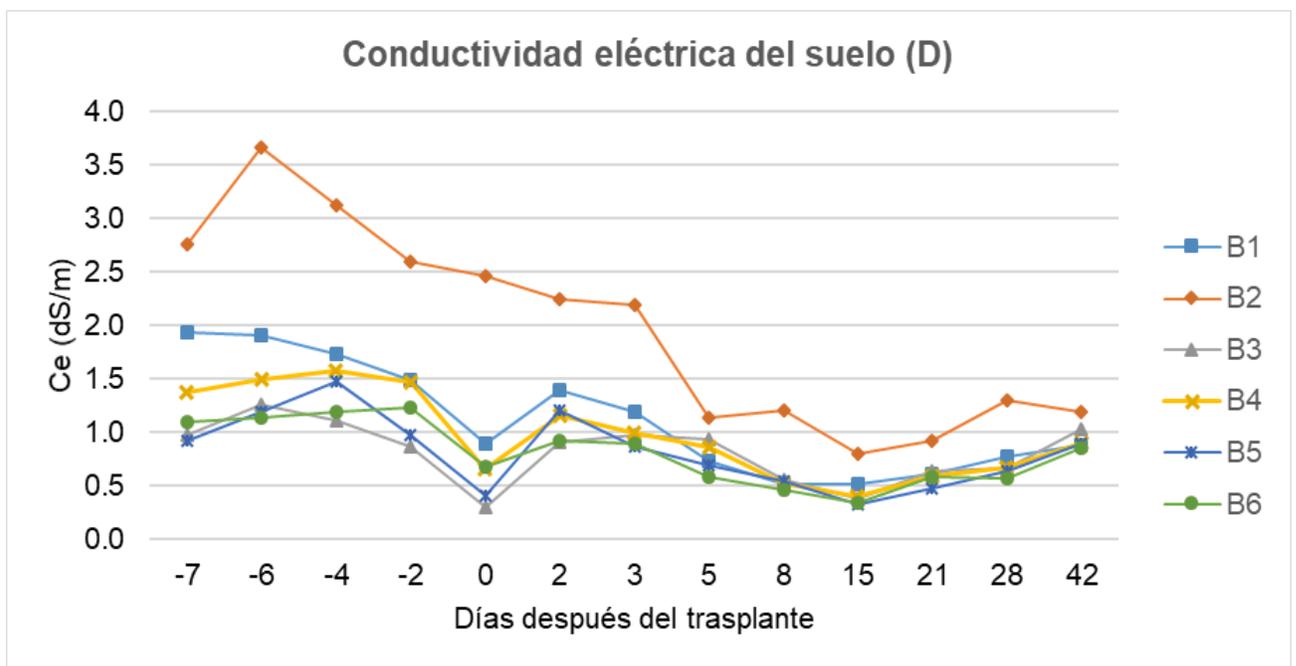


Figura 36. Comportamiento de la CE (D) de los tratamientos hasta los 42 DDT.

En la figura 36 se observa que todos los tratamientos presentan una tendencia de reducción del valor de la CE (D) del suelo, desde la primera aplicación hasta el momento de la recepción de las plantas de maíz DH, después del trasplante aumento la CE (D), atribuido a la incorporación de agua al suelo. El medidor directo que se empleó se activa mediante el riego (Hanna Instruments, s.f.), por ende, se determinaron las lecturas posteriores al trasplante con una humedad a capacidad de campo.

b. Conductividad tomada mediante muestras de suelo en el laboratorio CE (M)

Los promedios de los datos obtenidos de CE (M) del suelo en la etapa crítica del cultivo de maíz después del trasplante, se observan en el cuadro 20.

Cuadro 20. Valores medidos de CE (M) la etapa crítica del cultivo de maíz DH por tratamiento (dS/m).

Tratamiento	Bloque			Promedio
	I	II	III	
B1	1.42	1.24	2.51	1.72
B2	1.91	2.08	2.43	2.14
B3	2.17	2.49	1.23	1.96
B4	2.84	1.65	2.78	2.42
B5	2.08	2.09	1.63	1.93
B6	2.05	1.15	1.95	1.72
Promedio	2.08	1.78	2.09	1.98

Las conductividades de las muestras recolectadas de suelo, tuvieron un comportamiento similar al muestreo realizado en campo, los datos obtenidos en laboratorio se determinaron en una solución con relación 2:1 (agua: suelo). En la figura 37 se puede observar el comportamiento de la CE (M) en la etapa crítica de los materiales de maíz DH.

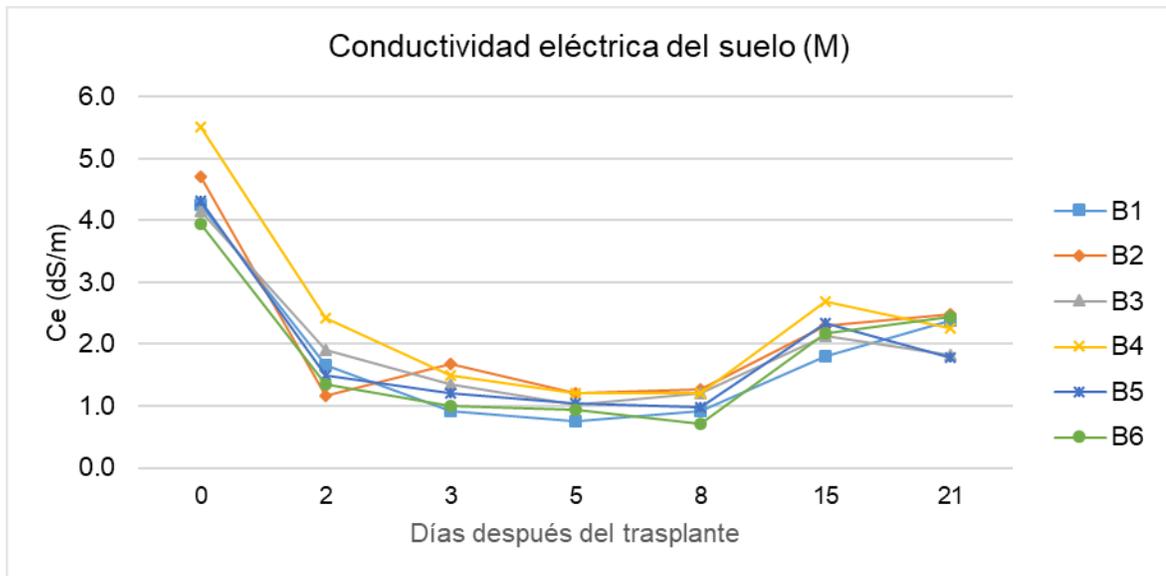


Figura 37. Comportamiento de la CE (M) en la etapa crítica del trasplante.

En la figura 37, se observa el comportamiento de las CE (M) desde el trasplante hasta los 21 ddt, observando menores valores a los 5 ddt, y los mayores al momento del trasplante, además se identifica que estos valores tienden a disminuir con forme el muestreo. El tratamiento de Fertisal (B4) presentó la mayor concentración de sales durante la etapa de muestreo mientras que Dispersal (B6) los valores más bajos.

c. Discusión de resultados

Según Mass & Hoffman (1977) el maíz es considerado como una planta medianamente tolerante a suelos salinos, Hoffman, Mass, Prichard, & Meyer (1982) determinaron que la tolerancia es de 3.7 dS/m. Kaddah & Ghowail (1964), Mass et al. (1982), Fassbender & Bornemisza (1994) & Gonzáles Romero et al. (2010) concuerdan que el maíz es más sensible al contenido de sales presentes en la solución de suelo, durante la etapa de crecimiento vegetativo.

Mass et al. (1982) indica que el umbral de salinidad para los rendimientos de materia seca a los 21 días después de la siembra varió de 0.30 dS/m a 2.50 dS/m, la empresa Esquejes S.A. determino que la etapa crítica es hasta los 15 ddt para el cultivo de líneas puras de maíz, en todos los tratamientos se observó.

La conductividad determinada por el método directo (D) se encontró en valores de 0.65 dS/m (Dispersal, B6) a 1.67 dS/m (Testigo, B2), mientras que la conductividad determinada en laboratorio por dilución 1:2 (M) se encontró en valores de 1.72 dS/m (Dispersal, B6 y el manejo cultural de la empresa, B1) a 2.42 dS/m (Fertisal, B4), observando que todos los tratamientos se encuentran por debajo del nivel de tolerancia del cultivo 3.7 dS/m (Hoffman, Mass, Prichard, & Meyer, 1982). Los valores obtenidos en ambos metodos son variables, debido a que la CE (D) está en función a la humedad del suelo, porque el aire y las partículas del suelo conducen mal la electricidad, además estos valores son subestimados y poco precisos (Serrano Galiana, 2014).

Las conductividades determinadas por el método directo (D) e indirecto (M) en el bloque 3 son las más altas, esto se atribuye a la posición del bloque respecto a la pendiente del área experimental, los resultados concuerdan con los obtenidos por Herber (2011) en la investigación sobre la CE aparente como herramienta para delimitar zonas de manejo sitio específico en maíz (*Zea mays*) en la provincia de Corrientes de Argentina, ya que menciona que en este tipo de condiciones topograficas se puede provocar acumulación de sales por la relación entre la conductividad del suelo y la topografía del área.

B. Potencial de Hidrógeno (pH)

Los valores correspondientes al potencial de Hidrógeno (pH) en la etapa crítica del cultivo de maíz se observan en el cuadro 21. Antes de la aplicación de los tratamientos, el valor del pH inicial fue de 4.69, después de la aplicación de los productos se identifico el aumento del pH del suelo en los tratamientos en relación al valor inicial. El pH vario de 5.74 a 6.08 en el periodo crítico, y el pH óptimo para el cultivo de maíz está entre 5.6 a 6.5 según Villaseca (1987), por lo que con la aplicación de los tratamientos se logro alcanzar este valor ideal. El tratamiento manejado por Fertisal obtuvo los menores valores de pH (5.74) mientras que el mayor valor fue obtenido por Dispersal (6.08).

Cuadro 21. Valores promedios del pH en la etapa crítica de las plantas de maíz DH.

Tratamiento	Bloque			Promedio
	I	II	III	
B1	5.96	5.96	5.98	5.97
B2	5.87	5.85	6.13	5.95
B3	5.77	5.51	6.30	5.86
B4	5.45	5.79	5.98	5.74
B5	5.68	5.68	6.23	5.87
B6	5.77	6.03	6.42	6.08
Promedio	5.75	5.80	6.17	5.91

Barbaro, Karlanian, & Mata (2018) indican que el aumento o disminución del potencial de Hidrogeno del suelo se le atribuye a varios factores, entre ellos: la alcalinidad del agua, la acidificación por las raíces de las plantas, la incorporación de compost, productos a base de ácidos orgánicos, uso de fertilizantes de reacción ácida o básica, además estos autores mencionan que agregar calcio (óxido de calcio) al suelo (con un pH inferior a 5) incrementa el pH, demostrando que al aplicar de 2 g de cal dolomítica (cal común) al sustrato semanalmente con pH inicial de 4.6, se logra obtener un pH de 5.5. Para aumentar el pH se puede utilizar MgO y CaO, compuestos que se disuelven en menor tiempo que la cal dolomítica (Mikkelsen , 2010).

El comportamiento del pH desde el trasplante hasta los 21 días se muestra en la figura 38, identificando que el pH tiene una relación inversamente proporcional a la CE (M) debido a los tratamientos aplicados al suelo.

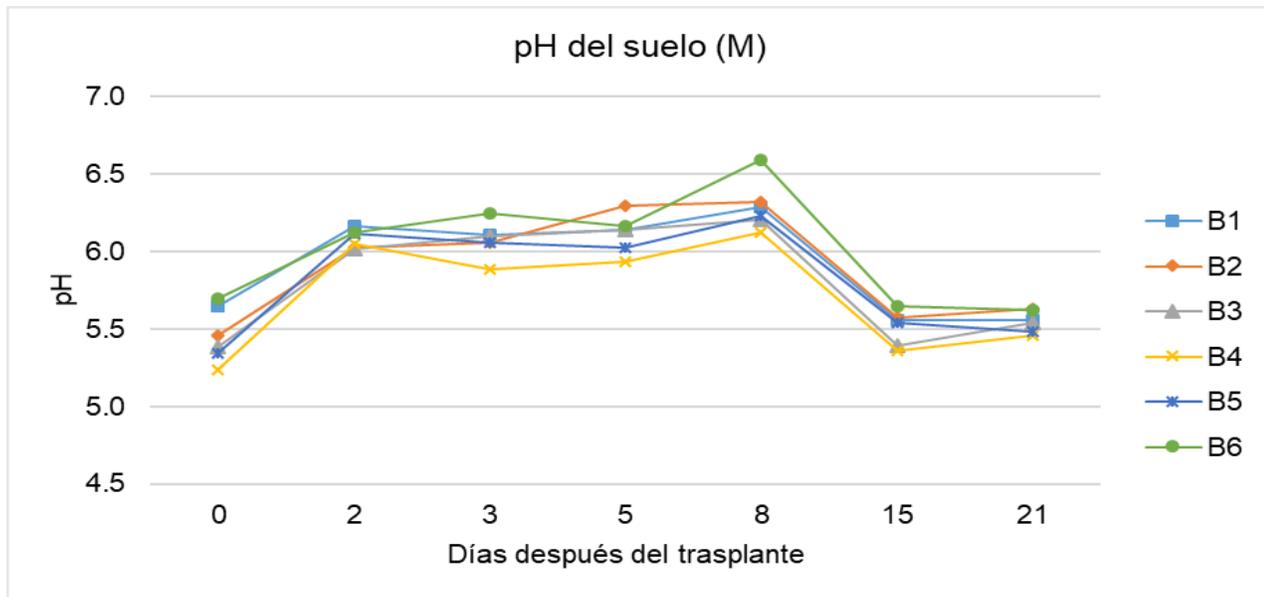


Figura 38. El pH del suelo durante la etapa de investigación

En la gráfica 38 se puede ver aumento de pH durante la etapa crítica del cultivo de maíz, a los 8 días después del trasplante se observaron los valores máximos de pH en todos los tratamientos aplicados, iniciando el aumento de los valores desde el segundo día después del trasplante (10 días después de la aplicación).

Villaseca (1987) indica que para el desarrollo óptimo del cultivo de maíz se requieren valores de pH entre 5.60 a 6.50 y en la evaluación se identificó que los valores medios de pH fueron de 5.86 (B3, Myr Ca) a 6.08 (B6, Dispersal), verificando que los valores se encuentran dentro del rango óptimo del cultivo.

Con la aplicación de Dispersal se obtuvo un valor mayor de pH (6.08), esto debido a que contiene óxido de calcio (CaO) y óxido de magnesio (MgO), moléculas más solubles y que tienen la característica de sustituir 2 moléculas de sodio o potasio del complejo de intercambio catiónico (Mikkelsen, 2010).

El mantenimiento de los niveles correctos de pH contribuye a un buen desarrollo de la planta, ya que los nutrientes se encuentran en equilibrio (estando disponibles) para la absorción de la planta, el desbalance de este parámetro propicia el antagonismo entre elementos.

2.6.2 Porcentaje de sobrevivencia

Los resultados del porcentaje de plantas que sobrevivieron en el invernadero a los 15 días después del trasplante en cada tratamiento se describe en el cuadro 22. El tratamiento que alcanzo la mayor sobrevivencia fue Dispersal (B6) con 92.14 % y el tratamiento con un menor porcentaje de sobrevivencia fue el testigo (B2) (aplicación de agua a capacidad de campo) con 66.43 %.

Cuadro 22. Porcentaje de sobrevivencia a los 15 días después del trasplante.

Tratamiento	Material vegetal								Promedio
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
B1	93.33	86.67	75.24	99.05	80.95	91.43	79.05	86.67	86.55
B2	87.62	75.24	48.57	82.86	73.33	54.29	40.00	69.52	66.43
B3	94.29	92.38	93.33	95.24	86.67	92.38	79.05	80.95	89.29
B4	75.24	80.00	93.33	92.38	82.86	91.43	92.38	80.00	85.95
B5	85.71	95.24	88.57	93.33	88.57	84.76	83.81	86.67	88.33
B6	99.05	91.43	94.29	93.33	94.29	98.10	80.95	85.71	92.14
Promedio	89.21	86.83	82.22	92.70	84.44	85.40	75.87	81.59	84.78

Los datos obtenidos en todas las unidades experimentales (cuadro 37A) fueron corregidos, cuando los extremos de la variable respuesta del porcentaje de sobrevivencia fueron de $x = 0$ se sustituyó por 0.7142 y $x = 100$ por 99.2857, los promedios obtenidos se presentan en el cuadro 23.

Cuadro 23. Porcentaje de sobrevivencia a los 15 días después del trasplante corregido en ocho materiales de maíz doble haploide.

Tratamiento	Material vegetal								Promedio
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
B1	93.10	86.43	75.24	98.57	80.95	91.43	79.05	86.43	86.40
B2	87.62	75.00	48.81	82.86	73.33	54.29	40.00	69.52	66.43
B3	94.29	92.38	93.10	95.00	86.67	92.14	79.05	80.71	89.17
B4	75.00	80.00	93.33	92.38	82.62	91.43	92.38	80.00	85.89
B5	85.71	94.76	88.57	93.10	88.33	84.76	83.57	86.67	88.18
B6	98.57	91.19	94.05	93.10	94.05	97.86	80.95	85.48	91.90
Promedio	89.05	86.63	82.18	92.50	84.33	85.32	75.83	81.47	84.66

Para determinar si los tratamientos aplicados causaron diferencia estadística significativa sobre el porcentaje de sobrevivencia, se realizó un análisis de varianza con los datos corregidos y transformados angularmente para ajustar los datos al cumplimiento de los supuestos del modelo (cuadro 24).

Cuadro 24. Resultados del análisis de varianza para la variable porcentaje de sobrevivencia de materiales de maíz doble haploide.

Variable		N	R2	R2Aj	CV	
Sobrevivencia		144	0.70	0.48	15.09	
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	p-valor	(Error)
Modelo	31556.64	59	534.86	3.28	<0.0001	
TRAT	10131.59	5	2026.32	2.23	0.1314	(TRAT*BLO)
TRAT*BLO	9088.99	10	908.9	5.57	<0.0001	
MAT	3228.58	7	461.23	2.83	0.0108*	
MAT*TRAT	7084.66	35	202.42	1.24	0.2113	
BLO	2022.83	2	1011.41	6.2	0.0031	
Error	13713.97	84	163.26			
Total	45270.61	143				

En el cuadro 24 muestra el resultado del análisis de varianza para la variable sobrevivencia, se identifica que no hay diferencia estadística significativa, porque el p-valor es mayor al nivel de significancia (> 0.05), al aplicar productos químicos para la corrección de sales en el suelo, por lo que no importa que producto se utilice se obtendrá una sobrevivencia similar en todos los tratamientos.

Al observar los datos medios de sobrevivencia por tratamiento van en rango de 92.14 % (B6, Dispersal) a 66.43 % (B2, aplicación de agua a capacidad de campo), y el manejo cultural 86.55 % (B1) que es el que utiliza la empresa, así mismo cabe mencionar que la empresa maneja valores de sobrevivencia deseables ≥ 95 %, y el tratamiento más cercano a este valor es Dispersal.

Los resultados obtenidos concuerdan con la investigación realizada en explantos de mandioca (*Manihot esculenta* Cranz) sometidos a estrés salino por NaCl, donde se observó que a menor concentración de sales se obtiene mayor porcentaje de

sobrevivencia (Carretero Montero, 2002), así mismo el maíz es medianamente tolerante a suelos salinos y se atribuye a la diversidad genética (Mass & Hoffman, 1977). Kaddah & Ghowail (1964), Mass et al. (1982) & Fassbender & Bornemisza (1994) y Gonzáles Romero et al. (2010) concuerdan que la etapa de plántula y crecimiento vegetativo son mas susceptibles para las plantas por lo que la sobrevivencia se determino a los 15 días después del trasplante.

Las investigaciones mencionadas anteriormente concuerdan con los datos de la investigación, Dispersal presento mayor sobrevivencia (92.14 %) con valores de pH cercano a neutro, y con las conductividades más bajas en la etapa crítica (15 ddt), y en el tratamiento empleado por la empresa (manejo cultural) se obtuvo 86.55 % de sobrevivencia y por último el tratamiento con menor sobrevivencia fue capacidad de campo con 66.43 % de sobrevivencia.

Además, los valores más bajos de sobrevivencia tanto a capacidad de campo y manejo cultural se deben al aumento del potencial osmótico de la solución del suelo (CE altas), afectando a la raíz por estar más expuesta a la concentración de sales, reduciendo la capacidad de absorción de agua y nutrientes y llegando a la muerte celular (Byrt et al., 2018 & Greenway & Munns, 1983).

En cuanto al factor correspondiente al material vegetal, si existe diferencia estadística significativa sobre el porcentaje de sobrevivencia porque el p-valor es menor al nivel de significancia (0.0108), el resultado se atribuyó específicamente al efecto de la expresión del carácter genotípico de cada material, como lo indica Calderón et al. (2001), & Chiconato et al. (2019). Debido a ello se observa la variación que existe entre los materiales, en promedio fue superior 18GU900015 (A4) con 92.70 % y el menor fue 18BG900016 (A7) con 75.87 % (cuadro 18) con diferencia de 16.83 %.

2.6.3 Desarrollo del material vegetal

A. Incremento de la altura de la planta

Los resultados del incremento de altura de los materiales de maíz doble haploides se muestran en el cuadro 25. El tratamiento que logro un mayor incremento en la altura fue Dispersal (B6, 17.45 cm) y el tratamiento que obtuvo un menor incremento fue el testigo (B2, 15.24 cm), la diferencia del incremento de alturas de los tratamientos fue 2.21 cm. El material que logro mayor incremento fue 18LD900016 (A6, 21.76 cm), observando que hay diferencias notorias dentro de los diferentes materiales que se manejaron y el menor incremento alcanzado fue 18DW900019 (A5, 9.58 cm) con diferencia del incremento de alturas por material de 12.18 cm.

Cuadro 25. Incremento de altura (cm) para ocho diferentes materiales de maíz doble haploide.

Tratamiento	Material vegetal								Promedio
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
B1	15.58	16.65	16.79	18.60	10.19	22.53	18.06	20.29	17.34
B2	17.42	16.15	13.97	18.10	9.23	20.67	13.80	17.24	15.82
B3	16.04	15.73	16.67	15.33	8.33	21.64	17.15	18.68	16.20
B4	15.84	16.00	16.39	17.38	9.10	22.17	17.38	19.68	16.74
B5	16.22	19.78	16.47	17.04	10.04	20.54	18.49	17.16	16.97
B6	17.71	16.31	17.46	18.08	10.58	23.00	17.91	18.51	17.45
Promedio	16.47	16.77	16.29	17.42	9.58	21.76	17.13	18.59	16.75

Para determinar si los tratamientos aplicados causaron diferencia estadística significativa sobre el incremento de alturas, se realizó un análisis de varianza de los valores obtenidos en campo (cuadro 26).

Cuadro 26. Resultado del análisis de varianza para la variable incremento de altura de materiales de maíz doble haploide.

Variable	N	R2	R2Aj	CV		
Incremento de altura	144	0.91	0.85	8.45		
F.V.	S.C	GL	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	1720.4	59	29.16	14.51	<0.0001	(TRAT*BLO)
TRAT	48.9	5	9.78	1.41	0.3008	
TRAT*BLO	69.41	10	6.94	3.45	0.0008	
MAT	1454.5	7	207.8	103.36	<0.0001*	
MAT*TRAT	131.22	35	3.75	1.86	0.0107*	
BLO	16.4	2	8.2	4.08	0.0204	
Error	168.86	84	2.01			
Total	1889.2	143				

En el cuadro 26 muestra el resultado del análisis de varianza del incremento de altura, se identifica que no hay diferencia estadística significativa, porque el p-valor es mayor al nivel de significancia (> 0.05) al aplicar productos químicos para la corrección de sales en el suelo, por lo que no importa que producto se utilice se obtendrá un incremento de altura similar en todos los tratamientos.

En cuanto al factor correspondiente al material vegetal, si existe diferencia estadística significativa sobre el incremento de la altura porque el p-valor es menor al nivel de significancia (<0.0001), el resultado se atribuyó específicamente al efecto de la expresión del carácter genotípico de cada material, como lo indica Calderón et al. (2001), Vilorio & Méndez Natera (2011) & Chiconato et al. (2019).

B. Número de hojas

Los resultados del número de hojas de los materiales de maíz doble haploides se muestran en el cuadro 27. En todos los tratamientos se logró identificar el mismo número de hojas, obteniendo en promedio 6 hojas en cada tratamiento. Los materiales que lograron mayor número de hojas fueron 18GU900009 (A1), 18BD900016 (A2), 18GU900010 (A3), 18GU900015 (A4) y 18LD900016 (A6) con 6 hojas y menores 18DW900019 (A5), 18BG900016 (A7) y 18BG900019 (A8) con 5 hojas con diferencia de 1 hoja.

Cuadro 27. Número de hojas promedio de ocho materiales de maíz doble haploide.

Tratamiento	Material Vegetal								Promedio
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
B1	5.80	5.69	6.36	6.56	5.09	5.45	5.15	5.31	5.68
B2	6.27	5.49	6.01	6.55	4.70	5.69	4.37	5.08	5.52
B3	5.98	5.51	6.59	6.38	5.01	5.67	5.09	5.16	5.68
B4	5.96	5.35	6.24	6.43	4.72	5.65	5.21	4.72	5.54
B5	6.10	5.71	6.26	6.21	4.88	5.32	5.05	4.73	5.53
B6	6.36	5.41	6.50	6.48	4.93	5.69	5.01	5.09	5.68
Promedio	6.08	5.53	6.33	6.43	4.89	5.58	4.98	5.01	5.60

Para determinar si los tratamientos aplicados causaron diferencia estadística significativa sobre el número de hojas, se realizó un análisis de varianza (cuadro 28).

Cuadro 28. Resultado del análisis de varianza para la variable número de hojas en materiales de maíz doble haploide.

Variable	N	R2	R2Aj	CV		
Número de hojas	144	0.86	0.77	5.94		
F.V.	S.C	GL	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	58.92	59	1.00	9.01	<0.0001	
TRAT	0.80	5	0.16	0.62	0.6897	(TRAT*BLO)
TRAT*BLO	2.59	10	0.26	2.33	0.0176	
MAT	48.49	7	6.93	62.49	<0.0001*	
MAT*TRAT	4.06	35	0.12	1.05	0.4214	
BLO	2.98	2	1.49	13.44	<0.0001	
Error	9.31	84	0.11			
Total	68.23	143				

En el cuadro 28 sobre el análisis de varianza del número de hojas, se identifica que no hay diferencia estadística significativa, porque el p-valor es mayor al nivel de significancia (> 0.05) al aplicar productos químicos para la corrección de sales en el suelo, por lo que no importa que producto se utilice se obtendrá un número de hojas similar en todos los tratamientos.

En cuanto al factor correspondiente al material vegetal, si existe diferencia estadística significativa sobre el incremento de la altura porque el p-valor es menor al nivel de

significancia (<0.0001), el resultado se atribuyó específicamente al efecto de la expresión del carácter genotípico de cada material, como lo indica Calderón et al. (2001), Vilorio & Méndez Natera (2011) & Chiconato et al. (2019).

C. Diámetro del tallo

Los resultados obtenidos para el diámetro (mm) de los materiales de maíz DH se muestran en el cuadro 29. El tratamiento que logró un mayor diámetro fue Dispersal (B6, 9.93 mm) y el tratamiento que obtuvo menor diámetro fue el testigo (B3, 9.38 mm), la diferencia de diámetro de los tratamientos fue 0.55 mm. El material que logró mayor valor fue 18GU900015 (A4, 12.08 mm) y el menor fue 18DW900019 (A5, 6.92 mm), hay diferencias notorias dentro de los diferentes materiales que se manejaron siendo 5.16 mm.

Cuadro 29. Diámetro (mm) promedio de ocho materiales de maíz doble haploide.

Tratamiento	Material vegetal								Promedio
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
B1	11.36	11.13	11.07	11.82	7.16	7.97	8.31	9.13	9.75
B2	11.85	11.18	12.24	12.25	6.60	7.93	6.97	8.19	9.65
B3	10.97	10.50	11.03	11.17	6.74	7.90	8.02	8.68	9.38
B4	11.71	10.22	11.22	12.33	6.87	8.35	8.20	8.54	9.68
B5	12.03	10.90	11.57	11.32	6.86	7.51	7.44	8.48	9.51
B6	11.73	10.79	11.19	13.57	7.31	7.93	8.36	8.54	9.93
Promedio	11.61	10.79	11.39	12.08	6.92	7.93	7.88	8.59	9.65

Para determinar si los tratamientos aplicados causaron diferencia estadística significativa sobre la variable diámetro promedio, se realizó un análisis de varianza (cuadro 30).

Cuadro 30. Resultados del análisis de varianza para la variable diámetro promedio en materiales de maíz doble haploide.

Variable		N	R2	R2Aj	CV	
Diámetro promedio		144	0.94	0.90	6.53	
F.V.	S.C	GL	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	552.18	59.00	9.36	23.57	<0.0001	
TRAT	4.34	5.00	0.87	1.73	0.2148	(TRAT*BLO)
TRAT*BLO	5.02	10.00	0.50	1.26	0.2647	
MAT	515.64	7.00	73.66	185.49	<0.0001*	
MAT*TRAT	22.72	35.00	0.65	1.63	0.0352*	
BLO	4.46	2.00	2.23	5.62	0.0051	
Error	33.36	84.00	0.40			
Total	585.53	143.00				

En el cuadro 30 sobre el análisis de varianza del diámetro, se identifica que no hay diferencia estadística significativa, porque el p-valor es mayor al nivel de significancia (> 0.05) al aplicar productos químicos para la corrección de sales en el suelo, por lo que no importa que producto se utilice se obtendrá un diámetro similar en todos los tratamientos.

En cuanto al factor correspondiente al material vegetal, si existe diferencia estadística significativa sobre el incremento de la altura porque el p-valor es menor al nivel de significancia (<0.0001), el resultado se atribuyó específicamente al efecto de la expresión del carácter genotípico de cada material, como lo indica Calderón et al. (2001), Vilorio & Méndez Natera (2011) & Chiconato et al. (2019).

D. Unidades relativas de clorofila

Los resultados del contenido de unidades relativas de clorofila de los materiales de maíz DH se muestran en el cuadro 31. El tratamiento que logro mayor número de unidades relativas fue Dispersal (B6, 48.72 URC) y el tratamiento que obtuvo un menor contenido fue manejo cultural (B1, 48.10 URC), la diferencia del URC de los tratamientos fue 0.62 URC. El material que logro mayor contenido de URC fue 18GU900009 (A1, 52.24 URC), observando que hay diferencias notorias dentro de los diferentes materiales que se manejaron y el menor contenido alcanzado fue 18BG900019 (A8, 46.51 URC) con rango entre materiales de 5.73 UCR.

Cuadro 31. Unidades relativas de clorofila (UCR) en ocho materiales de maíz doble haploide.

Tratamiento	Material Vegetal								Promedio
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
B1	51.28	41.82	49.76	51.44	50.19	45.11	47.86	47.33	48.10
B2	53.86	49.64	49.25	50.40	47.43	45.09	46.75	45.76	48.52
B3	51.69	49.00	52.20	48.88	48.07	46.53	47.57	45.13	48.63
B4	51.02	47.36	47.76	49.02	48.45	47.82	47.08	47.99	48.31
B5	52.74	48.76	51.23	49.40	47.53	44.92	46.88	47.16	48.58
B6	52.84	48.41	49.80	50.23	48.26	46.29	48.21	45.69	48.72
Promedio	52.24	47.50	50.00	49.89	48.32	45.96	47.39	46.51	48.48

Para determinar si los tratamientos aplicados causaron diferencia estadística significativa sobre el contenido fotosintético, se realizó un análisis de varianza de los valores obtenidos en campo (cuadro 32).

Cuadro 32. Resultado del análisis de varianza del contenido fotosintético en materiales de maíz doble haploide.

Variable	N	R2	R2Aj	CV		
URC	142	0.74	0.55	3.76		
F.V.	S.C	GL	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	777.74	59.00	13.18	3.95	<0.0001	
TRAT	5.05	5.00	1.01	0.17	0.9664	(TRAT*BLO)
TRAT*BLO	58.12	10.00	5.81	1.74	0.0850	
MAT	535.44	7.00	76.49	22.93	<0.0001	
MAT*TRAT	130.84	35.00	3.74	1.12	0.3308	
BLO	48.28	2.00	24.14	7.24	0.0013	
Error	273.59	82.00	3.34			
Total	1051.32	141.00				

En el cuadro 32 sobre el análisis de varianza del contenido fotosintético, se identifica que no hay diferencia estadística significativa, porque el p-valor es mayor al nivel de significancia (> 0.05) al aplicar productos químicos para la corrección de sales en el suelo, por lo que no importa que producto se utilice se obtendrán contenidos fotosintéticos similares en todos los tratamientos.

En cuanto al factor correspondiente al material vegetal, si existe diferencia estadística significativa sobre el incremento de la altura porque el p-valor es menor al nivel de significancia (<0.0001), el resultado se atribuyó específicamente al efecto de la expresión del carácter genotípico de cada material, como lo indica Calderón et al. (2001), Vilorio & Méndez Natera (2011) & Chiconato et al. (2019).

E. Discusión de resultados

Al observar los datos medios de incremento de altura por tratamiento van en rango de 17.45 cm (B6, Dispersal) a 15.82 cm (B2, aplicación de agua a capacidad de campo), y el manejo cultural 17.34 cm (B1) que es el que utiliza la empresa, el tratamiento con mayor incremento de alturas fue Dispersal. Chiconato et al. (2019) & Desoky, Merwad, & Rady (2018) mencionan que existe menor crecimiento de la planta a una mayor concentración de CE por lo que la tasa de elongación se reduce.

Las investigaciones mencionadas anteriormente concuerdan con los datos de la investigación, Dispersal presentó mayor incremento de altura con 17.45 cm con pH más cercano a neutro y CE más baja en etapa crítica (6.08 y CE de 1.72 dS/m en suelo en solución) y con el tratamiento empleado por la empresa que es de manejo cultural fue de 17.34 cm (pH de 5.97, CE de 1.72 en suelo en solución) con valores medios y por último el tratamiento con menor incremento de altura fue el testigo (agua a capacidad de campo) con 15.82 cm el cual presentó el valor más alto de CE en etapa crítica (pH de 5.95, CE 2.14 dS/m en suelo en solución).

Concentraciones altas de CE reducen el crecimiento de las plantas, hasta el cese en el incremento de alturas tal como lo indica Desoky, Merwad, & Rady (2018) donde muestran que un aumento gradual de la salinidad en el suelo disminuye gradualmente la altura de las plantas.

Calderón et al. (2001) demostraron que, al someter las plantas bajo condiciones de salinidad se crea un desorden nutrimental, provocando un desbalance iónico. Este desbalance se observa como estrés iónico y osmótico el cual afectan la fotosíntesis,

síntesis de proteínas, actividades enzimáticas y desarrollo de hojas (Bojórquez Quintal, 2015). Carretero Montero (2002) afirma lo mencionado anteriormente, en la evaluación de explantos de mandioca (*Manihot esculenta* Craz) sometidos a estrés salino por NaCl, observando que a menor concentración de sales se obtuvo mayor número de hojas.

Las investigaciones mencionadas anteriormente no concuerdan con los datos de la investigación, porque en todos los tratamientos se obtuvo la misma cantidad de hojas (6), esto se debe a que, según Hoffman, Mass, Prichard, & Meyer (1982) determinaron que la tolerancia del maíz es de 3.7 dS/m y en la evaluación los valores más altos fueron 2.42 dS/m (B4, Fertisal) en suelo en solución, por lo que el número de hojas no se vio influenciado por la CE del suelo

Los datos medios de diámetro por tratamiento se observan en un rango de 9.96 mm (B6, Dispersal) a 9.38 mm (B3, Myr Ca), y el manejo cultural 9.75 mm (B1) que es el que utiliza la empresa, el tratamiento con mayor diámetro fue Dispersal. Viloría & Méndez Natera (2011) demostraron que no existe diferencia estadística significativa entre la CE y el diámetro de tallo en plántulas de maíz. La investigación mencionada anteriormente concuerda con los datos de la investigación, porque en todos los tratamientos se obtuvo valores medios similares del diámetro del tallo.

Al observar los datos medios del contenido fotosintético por tratamiento van en rango de 48.72 UCR (B6, Dispersal) a 48.10 URC (B1, manejo cultural), siendo el segundo el tratamiento que utiliza la empresa; Dispersal es un producto que aumenta la retención de agua y la textura del suelo mejorando el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes por ello hay mayor contenido de pigmentos fotosintéticos Desoky, Merwad, & Rady (2018).

Calderón et al. (2001), Viloría & Méndez Natera (2011) & Chiconato et al. (2019) indican que la variación entre los materiales se deben al efecto de la expresión del carácter genotípico, en el incremento de altura de la planta fue superior 18LD900016 (A6) con 21.76 cm y el menor fue 18DW900019 (A5) con 9.58 cm (cuadro 25) con diferencia de 12.18 cm.

En el número de hojas fueron superiores 18GU900009 (A1), 18BD900016 (A2), 18GU900010 (A3), 18GU900015 (A4) y 18LD900016 (A6) con 6 hojas y menores 18DW900019 (A5), 18BG900016 (A7) y 18BG900019 (A8) con 5 hojas (cuadro 27) con diferencia de 1 hoja; en el diámetro de tallo fue superior 18GU900015 (A4) con 12.08 mm y el menor fue 18DW900019 (A5) con 6.92 mm (cuadro 29) con diferencia de 5.16 mm; y en las unidades relativas de clorofila fue superior 18GU900009 (A1) con 52.24 URC y el menor fue 18BG900019 (A8) con 46.51 URC (cuadro 31) con diferencia de 5.73 URC.

2.6.4 Retorno de la producción

El retorno de la producción obtenida por los ocho materiales de maíz DH por el efecto de la aplicación de los tratamientos utilizados para corregir la salinidad del suelo en campo, se presenta en el cuadro 33, el material A4 (18GU900015) presentó el mayor retorno de producción con 38.41 % y el menor retorno A6 (18LD900016) con 5.71 %. El tratamiento con mayor retorno fue Dispersal (27.74 %) y el más bajo fue Testigo (B1) con 17.62 %.

Cuadro 33. Porcentaje del retorno de la producción de ocho materiales de maíz doble haploides.

Tratamiento	Material vegetal								Promedio
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
B1	21.90	14.29	15.24	34.29	6.67	8.57	23.81	30.48	19.40
B2	28.57	22.86	8.57	27.62	11.43	3.81	14.29	23.81	17.62
B3	30.48	30.48	24.76	27.62	8.57	4.76	25.71	31.43	22.98
B4	19.05	15.24	36.19	49.52	13.33	8.57	22.86	35.24	25.00
B5	25.71	18.10	29.52	32.38	18.10	0.95	24.76	34.29	22.98
B6	29.52	28.57	27.62	59.05	15.24	7.62	25.71	28.57	27.74
Promedio	25.87	21.59	23.65	38.41	12.22	5.71	22.86	30.63	22.62

Los datos obtenidos en todas las unidades experimentales (cuadro 37A) fueron corregidos, cuando los extremos de la variable respuesta del retorno fueron de $x = 0$ se sustituyó por 0.7142 y $x = 100$ por 99.2857, los promedios obtenidos se presentan en el cuadro 34.

Cuadro 34. Porcentaje del retorno de la producción de materiales de maíz doble haploides corregido.

Tratamiento	Material vegetal								Promedio
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
B1	12	14.29	15.24	34.29	6.67	8.57	23.81	30.48	19.40
B2	28.57	22.86	8.81	27.62	11.43	4.05	14.52	23.81	17.71
B3	30.48	30.48	24.76	27.62	8.81	4.76	25.71	31.43	23.01
B4	19.05	15.24	36.19	49.52	13.33	8.57	22.86	35.24	25.00
B5	25.71	18.10	29.52	32.38	18.10	1.43	24.76	34.29	23.04
B6	29.52	28.57	27.62	59.05	15.24	7.86	25.71	28.57	27.77
Promedio	25.87	21.59	23.69	38.41	12.26	5.87	22.90	30.63	22.65

Para determinar si los tratamientos aplicados causaron diferencia estadística significativa sobre el porcentaje de retorno, se realizó un análisis de varianza con los datos corregidos y transformados angularmente para mayor ajuste a los supuestos del modelo (cuadro 35).

Cuadro 35. Resultados del análisis de varianza para retorno de la producción materiales de maíz doble haploide.

Variable	N	R2	R2Aj	CV		
Sobrevivencia	144	0.76	0.58	24.87		
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.	p-valor	(Error)
Modelo	3.59	59	0.06	4.4	<0.0001	
TRAT	0.25	5	0.05	3.16	0.0574	(TRAT*BLO)
TRAT*BLO	0.16	10	0.02	1.14	0.3396	
MAT	2.37	7	0.34	24.43	<0.0001*	
MAT*TRAT	0.69	35	0.02	1.42	0.0971	
BLO	0.13	2	0.06	4.67	0.0119	
Error	1.16	84	0.01			
Total	4.76	143				

El cuadro 35 muestra el resultado del análisis de varianza para la variable retorno de la producción de los materiales de maíz DH, se identifica que no hay diferencia estadística significativa, porque el p-valor es mayor al nivel de significancia (> 0.05), al aplicar

productos químicos para la corrección de sales en el suelo, por lo que no importa que producto se utilice se obtendrá una sobrevivencia similar en todos los tratamientos.

En cuanto al factor correspondiente al material vegetal, si existe diferencia estadística significativa sobre el retorno de la producción, porque el p-valor es menor al nivel de significancia (<0.0001), el resultado se atribuyó específicamente al efecto de la expresión del carácter genotípico de cada material, como lo indica Calderón et al. (2001), Vilorio & Méndez Natera (2011) & Chiconato et al. (2019). Debido a ello se observa la variación que existe entre los materiales, en promedio fue superior 18GU900015 (A4) con 38.41 % y el menor 18LD900016 (A6) con 5.71 % (cuadro 34) con diferencia de 32.70 %.

Los datos medios del retorno por tratamiento se observan en un rango de 27.74 % (B6, Dispersal) a 17.62 % (B2, testigo), y el manejo cultural 19.40 % (B1) que es el que utiliza la empresa, así mismo cabe mencionar que la empresa espera un retorno ≥ 26 % en los materiales de maíz DH, y el único tratamiento que supero este parámetro fue Dispersal.

Los resultados obtenidos concuerdan con la investigación realizada por Zuñiga et al. (2011) al evaluar las tecnologías para la recuperación de suelos degradados por salinidad, demostrando que, en los tratamientos convencionales, biopolímeros y electromagnetismo se obtiene mayor producción que al utilizar biofertilizantes y utilizar únicamente agua (testigo).

El retorno de la producción se puede ver afectado por la disponibilidad de agua, en la etapa reproductiva es más sensible y presenta el punto crítico (7 días previos al inicio de la floración y 15 días posteriores); de esta disponibilidad depende la adecuada polinización y el llenado de granos (Orellana Polanco & Dardón Ávila, 2011), por lo que el estrés hídrico provoca una disminución entre 7 % y 8 % en la producción del grano. Además, cuando la CE es mayores a 2 mmhos/cm también se reducen la tasa de producción del grano en 12 % (Villaseca, 1987).

Las investigaciones mencionadas anteriormente concuerdan con los datos obtenidos, Dispersal presento mayor retorno (B6, 27.74 %) con CE de 1.72 dS/m en suelo en

solución, siendo este producto un biopolímero que contiene CaO y MgO; siguiéndole Fertisal (B4, 25 %) con CE de 2.42 dS/m en suelo en solución, siendo este producto un biofertilizante que contiene materia orgánica, ácidos orgánicos y potasio), y por ultimo están los tratamientos manejados únicamente con agua: manejo cultural (B1, 19.40 %) con CE de 1.72 dS/m en suelo en solución, y testigo (B2, 17.62 %) con CE de 2.14 dS/m en suelo en solución.

2.7 CONCLUSIONES

1. La conductividad eléctrica desde la aplicación hasta la etapa crítica (15 ddt) disminuyó en todos los tratamientos, los valores obtenidos no superaron el nivel crítico de salinidad tolerable por el maíz (3.7 dS/m). La CE (D) fue de 0.65 dS/m (Dispersal, B6) a 1.67 dS/m (testigo, B2), CE (M) de 0.65 dS/m (Dispersal, B6 y manejo cultural, B1) a 2.42 dS/m (Myr Ca, B4) y los valores medios de pH fueron de 5.86 (B3, Myr Ca) a 6.08 (B6, Dispersal), todos los tratamientos se encontraban dentro del rango óptimo del cultivo (5.6 a 6.5).
2. El efecto de los tratamientos para la corrección de salinidad demostró que a menor concentración de sales se obtiene mayor porcentaje de sobrevivencia, el porcentaje de sobrevivencia esperado (deseables ≥ 95 %) no se alcanzó en la etapa crítica y no existió efecto significativo entre los tratamientos, los valores más altos se obtuvieron al aplicar Dispersal (B6, 92.14 %), seguido por Myr Ca (B3, 89.29 %), en cuarto lugar fue el manejo cultural (utilizado por la empresa B1, 86.55 %) y por último fue el testigo (B2, 66.43 %).
3. La respuesta en el desarrollo de plantas de maíz debido a la aplicación de seis tratamientos, no tuvo efecto significativo, y se demostró que a menor concentración de sales se obtiene mayor desarrollo, los valores más altos en incremento de altura se obtuvieron al aplicar Dispersal (B6, 17.45 cm), seguido por manejo cultural (utilizado por la empresa B1, 17.34 cm); el número de hojas fue de 6 en todos los tratamientos; el diámetro más alto fue al aplicar Dispersal (B6, 9.93 mm), seguido por manejo cultural (utilizado por la empresa B1, 9.75 mm); en unidades relativas de clorofila el valor más alto fue Dispersal (B6, 48.72 URC), seguido Myr Ca (B3, 48.63 URC).
4. En el retorno de producción por la aplicación de seis tratamientos, no tuvo efecto significativo, los valores más altos se obtuvieron al aplicar Dispersal (B6, 27.72 %), seguido por Fertisal (B4, 25 %) y por último manejo cultural (utilizado por la empresa B1, 19.40 %) y testigo (B2, 17.62 %).

2.8 RECOMENDACIONES

1. Como alternativa al manejo cultural que emplea la empresa, utilizar Dispersal (28.60 L/ha) para reducir el consumo de agua por el manejo cultural (153.18 m³ de agua por ha).
2. Implementar algún tipo de protección al suelo para reducir el aumento de la salinidad y sodicidad por el efecto de la evapoconcentración del agua y sales en la superficie del suelo, disminuir las fluctuaciones de temperatura y ahorro de agua por la limitación de la evapotranspiración.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, R. (2009). *El cultivo de maíz, su origen y clasificación*. Cultivos Tropicales, 30(2), 113-120. Recuperado el 23 de Marzo de 2018, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362009000200016&lng=es&nrm=iso. ISSN 0258-5936.
2. Acosta, R., & Ríos Labrada, H. (2013). *Obtención de poblaciones de maíz (Zea mays L.) en condiciones de polinización abierta*. In Biodiversidad del Programa de Innovación Agropecuaria Local (PIAL). Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Recuperado el 21 de Marzo de 2018, de http://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/CD_libro_biodiversidad_pial/Web/PDF/06-4_Rosa.pdf
3. Agrotecnologías Naturales. (s.f.). *Ficha Técnica Myr Ca 2*. Recuperado el 2018, de <http://www.crimolara.pt/m/504/myr-ca-1151.4447>e
4. Allara Morales, H. S. (1990). *Estudio preliminar de suelos salinos y sódicos en la unidad de riego La Fragua, Zacapa*. (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala). Recuperado el 11 de Marzo de 2019, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1125.pdf
5. Allen, C. (2007). *Bacteria, bioterrorism, and the Geranium Ladies of Guatemala*. En Neoliberal policies, repression, and women's poverty (págs. 169-177). Colorado, Estados Unidos: Paradigm Press. Recuperado el 1 de Marzo de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/253952669_Bacteria_Bioterrorism_and_the_Geranium_Ladies_of_Guatemala/download
6. Álvaro García, O. (2012). *Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego*. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica, 6, 27-36. Recuperado el 13 de Marzo de 2019, de [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/\\$FILE/6%20Art.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/$FILE/6%20Art.pdf)
7. Arvensis Agro, España. (s.f.). *Ficha técnica Dispersal*. Obtenido de https://www.arvensis.com/recursos/files/documentos/ficha_producto_fpw_en/dispersal_fpw_en.pdf
8. Atlántica Agrícola, España. (2017). *Catálogo de productos*. Recuperado el Marzo de 2018, de <http://www.atlanticaagricola.com/wp-content/uploads/2017/05/Catalogo-deproductos-ES.pdf>
9. Ayers, R., & Westcot, D. (1984). *Calidad del agua para la agricultura*. Papel del Riego y Drenaje de la FAO, 29(1). Recuperado el 14 de Marzo de 2019, de <http://www.fao.org/3/T0234E/T0234E00.htm>

10. Bandera, R. (2013). *Rehabilitación de suelos salino-sódico: Evaluación de enmiendas y especies forrajeras*. (Tesis MSc., Universidad de Buenos Aires, Área Recursos Naturales: Argentina). Recuperado el 18 de Marzo de 2019, de <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2013banderaramiro.pdf>
11. Barbaro, L., Karlanian, M., & Mata, D. (2018). *Importancia del pH y la conductividad eléctrica en los sustratos para plantas*. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto de Floricultura. Recuperado el 18 de Marzo de 2019, de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf
12. Barkla, B., Vera-Estrella, R., Balderas, E., & Pantoja, O. (2007). *Mecanismos de tolerancia a la salinidad en plantas*. *Biotecnología*, 14, 263-272. Recuperado el 22/03/2018 de Marzo de 2018, de http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro_25_aniv/capitulo_23.pdf
13. Beadle, G. (1939). *Teosinte and the origen of maize*. *Journal of Heredity*, 30(6), 245–247. Recuperado el 2017 de Marzo de 2017. <https://academic.oup.com/jhered/articleabstract/30/6/245/790455?redirectedFrom=fulltext>
14. Bojórquez Quintal, J. (2015). *Mecanismos de tolerancia a salinidad en plántulas de chile habanero (Capsicum chinense Jacq.)*. (Tesis PhD., Centro de Investigación Científica de Yucatán, Posgrado en Ciencias Biológicas: Mérida, Yucatán, México). Recuperado el Febrero de 2020. https://www.academia.edu/19107308/MECANISMOS_DE_TOLERANCIA_A_SALINIDAD_EN_PL%C3%81NTULAS_DE_CHILE_HABANERO?auto=download
15. Byrt, C., Munns, R., Burton, R., Gilliam, M., & Wege, S. (2018). *Root cell wall solutions for crop plants in saline soils*. *Plant Science*, 47-55. doi:10.1016/j.plantsci.2017.12.012
16. Calderón del Cid, C. (2015). *Estudio del efecto de inoculación de bacterias en un suelo extremadamente salino*. (Tesis Ing. Amb., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería / Universidad Nacional de Catamarca, Facultad de Ciencias Agrarias: Guatemala). Recuperado el 10 de Marzo de 2019, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/905/1/Carlos%20Roberto%20Calder%C3%B3n%20del%20Cid.pdf>
17. Calderón-Paniagua, N., Estrada-Luna A.A. y Martínez-Hernández, J. de J. (2001). *Efecto de la salinidad en el crecimiento y absorción nutrimental de plantas micropropagadas de Nopal (Opuntia spp)*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 7(2), 127-132. Recuperado el 18 de Marzo de 2019, de <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchscfaVII354.pdf>
18. Carles, E. (2019). *Efectos del cambio climático en Guatemala y en el mundo*. (P. M., Entrevistador) Guatemala.

19. Carretero Montero, C. (2002). *Tolerancia a la salinidad de plantas de mandioca (Manihot esculenta Cranz): influencia de la micorriza*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla, Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola.
20. Chiconato, D., Da Silveira Souza Junior, G., Dos Santos, D., & Munns, R. (2019). *Adaptation of sugarcane plants to saline soil*. Environmental and Experimental Botany, 1-28. doi:10.1016/j.envexpbot.2019.02.021
21. Cortez, P. (2018). *Salinidad y salinización de suelos*. Scribd. Recuperado el 10 de Marzo de 2019, de https://es.scribd.com/presentation/385666817/LASALINIDAD?language_setting_s_changed=espa%C3%B1ol
22. Desoky, E. S., Merwad, A. R., & Rady, M. (2018). *Los bioestimulantes naturales mejoran las características del suelo salino y el rendimiento del sorgo estresado con sal*. Comunicaciones en Ciencias del Suelo y Análisis de Plantas, 49(8), 967–983. doi:10.1080/00103624.2018.1448861
23. Díaz, F., Grattan, S., Reyes, J., De la Roza-Delgado, B., Benes, S., Jiménez, C., Tejedor, M. (2018). *Using saline soil and marginal quality water to produce alfalfa in arid climates*. Agricultural Water Management, 199, 11-21. doi:10.1016/j.agwat.2017.12.003
24. Enlasa, Guatemala. (2013). *Ficha técnica: Fertisal*. Recuperado el 2018, de https://grupoenlasa.com/sites/default/files/ft._fertisal_sl_1.pdf
25. Esquejes Guatemala, Centro de Investigación de Cultivos, Guatemala. (2017). *Condiciones edafoclimáticas de la finca Esquejes*. Jalapa, Guatemala.
26. FAO, Italia. (2015). *Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma. Recuperado el 07 de Julio de 2019, de <http://www.fao.org/3/i4405s/l4405S.pdf>
27. FAO, Italia. (2016). *AQUASTAT: Perfil de país - Guatemala*. Recuperado el 5 de Agosto de 2019, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/GTM/indexesp.stm
28. Fassbender, H., & Bornemisza, E. (1994). *Química del suelo con énfasis en América Latina* (Vol. II). San José, Costa Rica: IICA. Recuperado el 12 de Marzo de 2019, de <https://books.google.com.gt/books?hl=es&lr=&id=SqlGvAwjApEC&oi=fnd&pg=PR10&dq=quimica++de+los+suelos+salinos&ots=3iLemdgxr2&sig=-We3031qmmO0pdoUzHTnizQiUns#v=onepage&q=%20suelos%20salinos&f=false>

29. Flores, E., Flores, J., & Tórrez, J. (2014). *Recuperación de suelos salinos con la incorporación de sulfato de calcio hemidrato (Ca(SO₄)_{1/2}H₂O) en la comunidad de Yotala*. Ciencias Tecnológicas y Agrarias, vol. 1. Recuperado el marzo de 2014, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4883717>
30. Flores García, A. (1991). Suelos salinos y sódicos, breve revisión bibliográfica. La Habana, Cuba: Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana, Departamento de Suelos y Riego, Post Grado.
31. Gonzáles Romero, S., Quero Carrillo, A., Franco Mora, O., Ramírez Ayala, C., Ortega Escobar, H., & Trejo López, C. (2010). *Tolerancia a la salinidad del pasto Banderita [Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.] en la etapa de germinación en dos regímenes de temperaturas*. CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva, 17(3), 277-285. Recuperado el 14 de Junio de 2019, de <http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=10415212006>
32. Grattan, S.R. y Grieve, C.M. (1992). *Mineral element acquisition and growth response of plants grown in saline environments*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 275- 300. doi:doi.org/10.1016/0167-8809(92)90151-Z
33. Greenway, H., & Munns, R. (1983). *Interactions between growth, uptake of Cl⁻ and Na⁺, and Water relations of plants in saline environments*. Plant, Cell and Environment, 575-589. doi:10.1111/j.1365-3040.1983.tb01171.x
34. Hanna Instruments, Italia. (s.f.). *Hanna*. <https://hannainst.com.gt/>
35. Herber, L. (2011). *Conductividad eléctrica aparente como herramienta para delimitar zonas de manejo sitio específico en maíz (Zea maíz) en la provincia de Corrientes*. (Tesis MSc., Universidad de la Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, La Plata, Argentina). Recuperado el Marzo de 2019, de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/25089>
36. Hernández, O. (2000). *Uso de métodos químico-biológicos como mejoradores de la conductividad hidráulica de un suelo salino-sódico*. (Tesis MSc., Universidad de Colima, Biotenología: Tecomán, México). Recuperado el 24 de Marzo de 2018, de http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Oneyda%20Hernandez%20Lara.PDF
37. Hoffman, G., Mass, E., Prichard, T., & Meyer, J. (1982). *Salt tolerance of corn in the Sacramento San Joaquin Delta of California*. Irrigation Science, (4), 31-44. doi:doi.org/10.1007/BF00285555
38. Imada, S.; Matsuo, N.; Acharya K. & Yamanaka, N. (2014). *Effects of salinity on fine root distribution and whole plant biomass of Tamarix ramosissima cuttings*. Journal of Arid Environments, 114, 84-90. Recuperado el 21 de Marzo de 2018, de doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.11.011
39. Instituto de Desarrollo Agropecuario, Chile (INDAP). (2011). *Cropcheck Chile: Manual de recomendaciones cultivo de maíz grano*. Chile: Fundación Chile / INDAP. <https://es.scribd.com/document/329025285/Manualmaiz-baja-pdf>

40. Instituto Nacional de Estadística, Guatemala (INE). (2019). *Informe ejecutivo ENA, año agrícola 2017-2018*. Guatemala. Recuperado el 06 de 07 de 2019, de <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2019/01/29/20190129112819t0K8vdPBkGZ YjIhvSXRqTgPE0PsoxC9R.pdf>
41. Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura, México (INTAGRI). (2013). *La salinidad de los suelos, un problema que amenaza su fertilidad*. Recuperado el 23 de Marzo de 2018, de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/salinidad-de-suelosproblema-de-fertilidad>
42. International Maize and Wheat Improvement Center, México (CIMMYT). (2016). *CIMMYT*. Recuperado el 07 de Marzo de 2018, de International Maize and Wheat Improvement Center web site: <http://www.cimmyt.org>
43. Lamz, A. & Gónzales M. (2013). *Salinidad como problema en la agricultura: Mejora vegetal una solución inmediata*. Cultivos Tropicales, 34(4), 31-42. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000400005&lng=es&tlng=es.
44. Linares, E. (2005). *Instructivo para determinar la supervivencia en plantaciones forestales*. Perú: Ministerio de Agricultura y Riego (MINAG).
45. López, R. (2002). *Degradación del suelo: Causas, procesos, evaluación e investigación*. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes. Recuperado el 03 de Febrero de 2020, de <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libroselectronicos/Libros/degradacion/pfd/librocompleto.pdf>
46. López Bautista, E. A., & Gónzalez Ramírez, B. H. (2016). *Diseño y análisis de experimento fundamentos y aplicaciones a la agronomía*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Centro de Telemática. Recuperado el Junio de 2020, de http://fausac.usac.edu.gt/GPublica/images/7/73/Dise%C3%B1o_y_An%C3%A1lisis_de_Experimentos_2016.pdf
47. Luna V., S., Figueroa M., J., Baltazar M., B., Gomez L., R., Townsend, R., & Schoper, J. B. (2001). *Maize pollen longevity and distance isolation requirements for effective pollen control*. Crop Science Society of America, no. 41, 1551-1557. Recuperado el 21 de Marzo de 2018, de <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.2135/cropsci2001.4151551x>
48. Lutenberger, O. (s.f.). *Salinidad y su influencia en suelos y plantas*. Perú: Ministerio de Agricultura y Riego, Autoridad Nacional del Agua. Obtenido de <http://www.ana.gob.pe/media/496359/salinidad.pdf>

49. Magistad, O., & Chistiansen, J. (1944). *Saline soil their nature and management*. Washington, Estados Unidos: USDA, Circular no. 707. Recuperado el Marzo de 2019, de <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uiug.30112019274585;view=1up;seq=3>
50. Mass, E., & Hoffman, G. (1977). *Crop salt tolerance - current assessment*. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 42. Recuperado el 24 de Marzo de 2018, de <https://eurekamag.com/ftext.php?pdf=000329529>
51. Maas, E. V., Hoffman, G. J., Chaba, G. D.; Poss, J. A., & Shannon, M. C. (28 de September de 1982). *Salt sensitivity of corn at various growht stages*. *Irrigation Science*, no. 4, 45-57. Recuperado el 21 de March de 2018, de <https://scihub.tw/https://link.springer.com/article/10.1007/BF00285556>
52. Mikkelsen, R. (2010). *Soil and fertilizer magnesium*. *Better Crops*, 2(94), 26-28. Recuperado el Mayo de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/308795926_Soil_and_Fertilizer_Magnesium
53. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala (MAGA). (2017). *HBA de maíz en Guatemala*. Guatemala. Recuperado el 21 de Marzo de 2018, de http://web.maga.gob.gt/diplan/download/informacion_del_sector/publicaciones_diversas/Hoja%20de%20Balance%20y%20Abastecimiento%20de%20Ma%C3%ADz%202016-2017.pdf
54. Morales Sazo, A. G. (2008). *Análisis jurídico y doctrinario sobre la obligación patronal de alfabetizar a los trabajadores de floricultura en el departamento Jalapa*. (Tesis Abog. Not., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales: Guatemala). Recuperado el 16 de 2019, de <https://docplayer.es/80963541-Universidad-de-san-carlos-de-guatemala-facultad-de-ciencias-juridicas-y-sociales.html>
55. Morán, M.; Molina, V. & Pazmiño, A. (2017). *Influencia del boro en la floración y rendimiento del cacao variedad CCN-51 en la zona de Mata de Cacao*. *FADMI*, (1), 36-49.
56. Office of the Gene Technology Regulator. (2008). *The biology of Zea mays L. ssp mays (maize or corn)*. USA: Departament of Health and Ageing Office of the Gene Technology Regulation. Recuperado el Marzo de 2019, de [http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/5DCF28AD2F3779C4CA257D4E001819B9/\\$File/The%20Biology%20of%20Zea%20mays%20L.%20ssp%20mays%20\(maize%20or%20corn\).pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/5DCF28AD2F3779C4CA257D4E001819B9/$File/The%20Biology%20of%20Zea%20mays%20L.%20ssp%20mays%20(maize%20or%20corn).pdf)

57. Orellana Polanco, A., & Dardón Ávila, D. (2011). *Aspectos generales y guía para el manejo agronómico del maíz en Guatemala*. Guatemala: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas.
58. Otero, L., Francisco, A., Gálvez, V., Morales, R., Sánchez, I., Labaut, M., . . . Rivero, L. (2005). *Caracterización y evaluación de la salinidad*. Cuba: Ministerio de la Agricultura, Instituto de Suelos. Recuperado el 22 de Marzo de 2018, de <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5420/salinidad.pdf>
59. Paliwal, R. (2001). *Morfología del maíz tropical*. In Paliwal, R., Granados, G., Lafitte, H., & Violic, A. *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. Roma, Italia: FAO. Recuperado el Marzo de 2019, de Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s04.htm>
60. Paliwal, R., Granados, G., Lafitte, H., & Violic, A. (2001). *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. Roma, Italia: FAO. Recuperado el Marzo de 2019, de Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/3/x7650s/x7650s00.htm#toc>
61. Pérez, D. (2018). *Manejo de los cultivos en invernadero de la empresa Esquejes S.A., Guatemala*. (P. M., Entrevistador).
62. Piñeiro, A., Cerana, L., & Panigatti, J. (1973). *Suelos salinos y sódicos*. Argentina, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado el Septiembre de 2018, de http://rafaela.inta.gov.ar/info/bolintdiv/inta_rafaela_boletin_interno_divulgacion_07.pdf
63. Pioneer, USA. (2015). *Corn growth and development de DuPont Pioneer*. Recuperado el 23 de Marzo de 2018, de https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicio/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf
64. Prasanna, B., Chaikam, V., & Mahuku, G. (2013). *Tecnología de dobles haploides en el mejoramiento de maíz: Teoría y práctica*. México, CIMMYT. Recuperado el 07 de Marzo de 2018, de <https://repository.cimmyt.org/xmlui/handle/10883/1369>
65. Puertas Tijeras, M., Fernández Rodríguez, E., & Camacho Ferre, F. (2018). *Estudio de control de la salinidad de los suelos mediante el uso de correctores salino*. España: Universidad de Castilla-La Mancha, Departamento Ingeniería Química y Departamento Técnico de Carbotecnía.
66. QAM, México. (2016). *Ficha técnica Regensoil WP*. México: Recuperado el 2018. <http://www.qam.com.mx/site2/wp-content/uploads/2017/05/FICHA-TECREGENSOIL.pdf>

67. Química Internacional Aplicada, México. (s.f.). *Terrabien desalinizador*. México. Recuperado el Marzo de 2018, de <http://www.quimia.com.mx/descargas/fichasquimia/terrabiendesalinizador.pdf>
68. Reyes Pérez, J. (2014). *Efecto de un bioestimulante natural como atenuante del estrés salino en variedades de albahaca (Ocimum basilicum L.)*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC., Baja California Sur. Recuperado el Mayo de 2020, de http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/2183/127%20reyes_j.pdf?sequence=1&isAllowed=y
69. Richards, L., Allison, L., Brown, J., Hayward, H., Bernstein, L., Fireman, M., . . . Reeve, R. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. California, USA: USDA. Recuperado el 09 de Marzo de 2019, de https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/20360500/hb60_pdf/hb60complete.pdf
70. Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo*. Uruguay: Universidad de la República, Departamento de Suelo y Agua, Montivideo.
71. Salinas J. (2018). *Uso de lodo de mármol y biochar para mejorar la capacidad de retención de agua del suelo*. Spanish Journal of Soil Science, 8(1), 121-129. doi:10.3232/SJSS.2018.V8.N1.08
72. Santamaría, J., Figueroa, U., & Medina, M. (2004). *Productividad de la alfalfa en condiciones de salinidad en el distrito de riego 017, Comarca Lagunera*. Tierra Latinoamericana, 22(3), 343-349. Recuperado el 13 de Marzo de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57322311.pdf>
73. Santos, ID. (2015). *Prácticas de laboratorio edafología II*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Sub Área de Manejo de Suelo, Agua y Ambiente.
74. Serratos, J. (2009). *Greenpeace*. Recuperado el 24 de Marzo de 2018, de www.greenpeace.org
75. Singh, A. (2015). *Salinización del suelo y anegamiento: Una amenaza para el medio ambiente y la sostenibilidad agrícola*. Ecological Indicators, 57, 128-130. Recuperado el 13 de Marzo de 2019, de [10.1016/j.ecolind.2015.04.027](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.04.027)
76. Syngenta, Colombia. (2013). *Guía práctica del cultivo de maíz*. Colombia.
77. Syngenta, Argentina. (s.f.). *Nutrición maíz: Aspectos generales y guía para el manejo agronómico del Maíz en Guatemala*. Recuperado el Mayo de 2020, de <https://www.syngenta.com.ar/nutricion-1>
78. Tian, X., He, M., Wang, Z., Zhang, J., Song, Y., He, Z., y Dong, Y. (2015). *La aplicación de óxido nítrico y nitrato de calcio mejora la tolerancia de las plántulas de trigo al estrés salino*. Reglamento de Crecimiento de Plantas, 77(3), 343-356. doi:10.1007/s10725-015-0069-3

79. Tyerman, S. (2018). *Costos energéticos de la tolerancia a la salinidad en plantas de cultivo*. New Phytologist Trust, Noviembre 29, 25-29. Recuperado el 10 de Marzo de 2019, de <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/nph.15555>
80. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Sub-área Manejo de Suelo y Agua, Guatemala. (2015). *Prácticas de Laboratorio Edafología I*. Guatemala.
81. Van Balen, L. & Bravo, R. (1974). *Observaciones sobre floración y viabilidad del polen en maíces mejorados y criollos, en la Villa del Rosario, Estado Zulia*. Revista de la Facultad de Agronomía, 2(4), 35-49.
82. Vargas, R., Pankova, E., Balyuk, S., Krasilikov, P., & Khasankhanova, G. (2018). *Handbook for saline soil management*. Roma, Italia: FAO / Lomonosov Moscow State University. Recuperado el 15 de Agosto de 2019, de <http://www.fao.org/3/I7318EN/i7318en.pdf>
83. Velarde, A. (2009). *Modulación del transporte iónico por poliaminas y especies reactivas de oxígeno y su posible impacto en la respuesta de plantas al estrés salino*. (Tesis MSc., Universidad de Colima, Facultad de Medicina: México). Recuperado el 09 de Marzo de 2019, de http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/VELARDE_BUENDIA_ANA_MAR%C3%8DA.pdf
84. Villaseca, S. (1987). *Requerimientos de suelo y clima del maíz*. IPA La Platina, no. 43) 38- 40.
85. Viloria, H., & Méndez Natera, J. R. (2011). *Relación entre la conductividad eléctrica, pH del agua de remojo, germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (Zea mays L.) bajo dos condiciones experimentales*. Scientia Agropecuaria, 2(4), 123- 228. Recuperado Septiembre de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/3576/357633700003.pdf>
86. Visconti, F. & De Paz, J. M. (2019). *Manejo del riego en zonas amenazadas por salinización del suelo utilizando el sistema de recomendación on-line DSSSALTIRSOIL*. (pp. 275-288). Presentado en: Congreso Nacional del Agua 2019: Innovación y sostenibilidad; Temática: Agua y agricultura. Alicante, España: Asociación de Abastecimientos de Agua y Saneamientos de Andalucía. Recuperado el Marzo de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/331302288_Manejo_del_riego_en_zonas_amenazadas_por_salinizacion_del_suelo_utilizando_el_sistema_de_recomendacion_on-line_DSS-SALTIRSOIL
87. Zribi, W., Faci, M., & Aragüés, R. (2011). *Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas*. Información Técnica Económica Agraria, (107), 148-162.

88. Zuñiga, O., Osorio, J., Cuero, R., & Peña, J. (2011). *Evaluación de tecnologías para la recuperación de suelos*. Facultad de Agronomía Medellín, 64(1), 5769-5779. Recuperado el mayo de 2020, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/26378/26729>



2.10 ANEXOS

Cuadro 36A. Informe de análisis de agua del pozo uno.

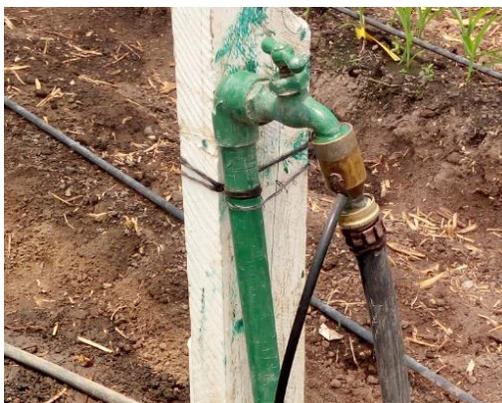
Parámetro	Dimensionales	Límite de detección	Resultado
Temperatura	°C	-50 - 300	39.60
Cloro Residual	mg/L	0.30 - 3	0
Apariencia	NR/R	-	NR
Olor	NR/R	-	NR
Color	UPC	0.20 - 500	ND
Turbiedad	UNT	1 - 400	ND
Conductividad	µS/cm	0.01 - 500000	310
pH	Unidades	0.01 - 14	6.76
Salinidad	-	0 - 70	0
Solidos Totales Disueltos	mg/L	0.01 - 1999	2.85
Calcio	mg/L	5 - 160	30
Dureza Total	mg/L	Desde 17.10	68
Hierro Total	mg/L	0.01 - 3	0.47
Manganeso	mg/L	0.010 - 10.00	0.19
Nitritos	mg/L	0.007 - 3.28	<0.07
Nitratos (cómo N)	mg/L	0.10 - 30	2.60
Fluoruro	mg/L	0.01 - 200	<0.01
Cloruro	mg/L	2.50 - 250	4.30
Sulfato	mg/L	25 - 3	60
Magnesio	mg/L	Desde 5	<5

Fuente: Centro de Investigación de Cultivos, 2018.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 39A. Lectura de CE y pH de las muestras del suelo.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 40A. Sifón tipo Venturi utilizado para la aplicación de los productos.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 41A. Calibración de la solución descargada en un recipiente de volumen conocido.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 42A. Dosis consumida de solución madre en volumen conocido de agua.

Cuadro 37A. Datos por observación empleados para el análisis estadístico.

BLO	TRAT	MAT	PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA	INCREMENTO DE ALTURA	NÚMERO DE HOJAS	DIÁMETRO	UNIDADES RELATIVAS DE CLOROFILA	RETORNO
1	B1	A1	91.43	14.36	5.20	11.07	48.92	14.286
1	B1	A2	88.57	15.51	5.54	10.82	47.70	17.143
1	B1	A3	97.14	18.24	6.70	10.49	50.01	14.286
1	B1	A4	100.00	18.64	6.54	10.76	48.20	28.571
1	B1	A5	97.14	9.51	4.66	6.74	47.73	5.714
1	B1	A6	91.43	21.12	5.12	7.60	44.21	11.429
1	B1	A7	82.86	19.29	5.04	8.85	48.03	37.143
1	B1	A8	88.57	21.68	5.52	9.24	45.89	28.571
1	B2	A1	94.29	16.61	6.12	11.82	51.59	34.286
1	B2	A2	100.00	14.65	5.42	11.27	50.79	28.571
1	B2	A3	51.43	12.36	5.54	11.79	48.27	8.571
1	B2	A4	97.14	17.68	6.14	11.23	49.90	25.714
1	B2	A5	91.43	7.47	4.40	5.82	48.78	11.429
1	B2	A6	57.14	20.98	5.46	8.20	44.74	8.571
1	B2	A7	57.14	16.21	4.62	7.68	46.85	25.714
1	B2	A8	97.14	18.08	4.78	8.35	45.77	28.571
1	B3	A1	94.29	15.87	5.78	10.98	51.66	28.571
1	B3	A2	97.14	14.41	5.42	9.70	48.53	25.714
1	B3	A3	100.00	16.13	6.52	10.60	50.49	22.857
1	B3	A4	88.57	15.43	6.18	11.31	47.11	20.000
1	B3	A5	91.43	7.37	4.26	6.82	47.77	0.000
1	B3	A6	85.71	22.64	5.20	7.53	48.10	8.571
1	B3	A7	65.71	18.05	4.74	7.68	48.15	22.857
1	B3	A8	80.00	16.19	4.66	8.69	43.46	34.286
1	B4	A1	71.43	15.65	5.88	11.99	53.44	25.714
1	B4	A2	88.57	13.84	5.12	9.37	46.87	25.714
1	B4	A3	94.29	18.01	6.58	11.56	46.46	45.714
1	B4	A4	82.86	18.60	6.54	11.85	46.00	45.714
1	B4	A5	77.14	9.83	4.56	7.00	48.57	20.000
1	B4	A6	88.57	20.15	5.36	8.71	49.15	8.571
1	B4	A7	91.43	14.72	4.84	7.70	46.94	28.571
1	B4	A8	82.86	19.15	4.36	7.81	48.49	34.286
1	B5	A1	71.43	17.68	6.16	11.37	53.20	28.571
1	B5	A2	100.00	18.94	5.82	10.52	47.93	22.857
1	B5	A3	91.43	17.23	6.38	11.40	50.81	42.857
1	B5	A4	85.71	17.10	6.02	11.14	47.68	31.429
1	B5	A5	100.00	11.48	4.82	7.25	45.26	37.143
1	B5	A6	97.14	19.57	5.24	7.27	43.41	0.000

Continuación cuadro 37A.

1	B5	A7	71.43	17.07	4.68	7.22	45.64	20
1	B5	A8	85.71	17.33	4.64	8.44	44.46	42.857
1	B6	A1	97.14	16.23	6	11.27	54.49	40
1	B6	A2	80	15.25	5.16	9.14	43.99	22.857
1	B6	A3	85.71	16.56	6.2	10.41	48.25	8.571
1	B6	A4	85.71	15.56	5.83	13.77	47.76	54.286
1	B6	A5	94.29	9.48	4.48	8.28	50.01	20
1	B6	A6	97.14	20.54	5.62	7.68	45.05	8.571
1	B6	A7	80	15.73	4.54	7.66	49.41	20
1	B6	A8	80	17.07	4.82	8.89	45.92	40
2	B1	A1	88.57	15.37	5.62	10.29	52.57	5.714
2	B1	A2	100	16.57	5.9	10.95	47.83	8.571
2	B1	A3	91.43	16.7	6.3	11.04	48.77	14.286
2	B1	A4	100	18.61	6.56	11.85	51.57	31.429
2	B1	A5	91.43	11.08	5.24	7.66	50.23	11.429
2	B1	A6	97.14	23.49	5.38	7.45	42.75	8.571
2	B1	A7	94.29	19	5.59	8.26	46.67	22.857
2	B1	A8	100	20.2	5.36	8.91	49.3	34.286
2	B2	A1	82.86	18.07	6.66	11.63	55.13	20
2	B2	A2	62.86	17.64	5.54	11.38	50.67	11.429
2	B2	A3	94.29	15.59	6.48	12.69	51.9	17.143
2	B2	A4	65.71	18.03	6.56	12.32	49.14	22.857
2	B2	A5	60	11.27	4.9	6.97	42.85	11.429
2	B2	A6	74.29	23.63	6.18	7.84	45.06	0
2	B2	A7	60	14.67	5.16	8	47.74	17.143
2	B2	A8	80	19.52	5.64	8.43	42.2	28.571
2	B3	A1	94.29	15.49	6.42	10.78	52.6	25.714
2	B3	A2	85.71	16.92	5.78	11.06	50.03	25.714
2	B3	A3	82.86	15.31	6.36	11.51	52.86	22.857
2	B3	A4	97.14	14.9	6.22	10.69	50.42	20
2	B3	A5	74.29	8.2	5.36	7.13	46.95	17.143
2	B3	A6	91.43	19.58	5.66	8.04	45.35	2.857
2	B3	A7	77.14	14.71	5.26	8.1	49.63	17.143
2	B3	A8	62.86	18.89	5.38	9.08	46.45	25.714
2	B4	A1	100	16.34	6.14	11.34	49.53	17.143
2	B4	A2	97.14	17.05	5.7	10.43	47.27	11.429
2	B4	A3	88.57	15	5.56	10.2	46.39	22.857
2	B4	A4	97.14	15.12	6	12.97	49.5	28.571
2	B4	A5	100	9.98	4.68	7.48	46.7	2.857
2	B4	A6	97.14	22.83	5.88	7.86	46.42	5.714
2	B4	A7	97.14	18.82	5.06	8.21	45.45	17.143

Continuación cuadro 37A.

2	B4	A8	94.29	21.15	4.74	8.1	46.52	40
2	B5	A1	88.57	16.75	6.42	12.08	51.72	22.857
2	B5	A2	85.71	19.86	5.48	10.02	48.95	8.571
2	B5	A3	77.14	15.83	6.02	11.65	50.66	14.286
2	B5	A4	100	15.89	6.16	11.06	49.3	28.571
2	B5	A5	68.57	8.49	4.84	6.74	48.51	8.571
2	B5	A6	77.14	20.25	4.98	7.1	44.23	2.857
2	B5	A7	80	18.22	4.66	6.88	46.36	25.714
2	B5	A8	80	16.6	4.76	8.08	46.36	28.571
2	B6	A1	100	18.43	6.72	11.79	53.67	14.286
2	B6	A2	94.29	15.39	5.32	11.19	50.6	20
2	B6	A3	97.14	17.5	6.34	11.95	52.57	37.143
2	B6	A4	100	20.04	6.98	13.49	52.52	65.714
2	B6	A5	100	9.15	4.94	6.56	48.65	5.714
2	B6	A6	100	24.72	5.98	8.28	47.2	0
2	B6	A7	97.14	19.6	5.3	9.22	46.4	40
2	B6	A8	100	19.03	5.32	8.54	45	25.714
3	B1	A1	100	17.03	6.58	12.73	52.34	45.714
3	B1	A2	71.43	17.86	5.62	11.63	29.91	17.143
3	B1	A3	37.14	15.43	6.08	11.68	50.48	17.143
3	B1	A4	97.14	18.56	6.58	12.83	54.54	42.857
3	B1	A5	54.29	9.97	5.38	7.1	52.61	2.857
3	B1	A6	85.71	22.99	5.86	8.87	48.38	5.714
3	B1	A7	60	15.91	4.82	7.82	48.88	11.429
3	B1	A8	71.43	18.99	5.04	9.25	46.81	28.571
3	B2	A1	85.71	17.57	6.02	12.11	54.86	31.429
3	B2	A2	62.86	16.18	5.5	10.87	47.47	28.571
3	B2	A3	0	13.97*	6.01*	12.24*	47.56*	0
3	B2	A4	85.71	18.6	6.94	13.21	52.15	34.286
3	B2	A5	68.57	8.96	4.8	7.02	50.67	11.429
3	B2	A6	31.43	17.41	5.44	7.76	45.48	2.857
3	B2	A7	2.86	10.54	3.33	5.22	45.65	0
3	B2	A8	31.43	14.12	4.82	7.79	49.31	14.286
3	B3	A1	94.29	16.76	5.74	11.15	50.82	37.143
3	B3	A2	94.29	15.85	5.34	10.74	48.44	40
3	B3	A3	97.14	18.57	6.9	10.98	53.26	28.571
3	B3	A4	100	15.68	6.74	11.51	49.11	42.857
3	B3	A5	94.29	9.43	5.42	6.26	49.48	8.571
3	B3	A6	100	22.7	6.16	8.14	46.14	2.857
3	B3	A7	94.29	18.7	5.26	8.28	44.91	37.143
3	B3	A8	100	20.97	5.44	8.27	45.47	34.286

Continuación cuadro 37A.

3	B4	A1	54.29	15.53	5.86	11.79	50.09	14.286
3	B4	A2	54.29	17.12	5.24	10.84	47.94	8.571
3	B4	A3	97.14	16.17	6.58	11.9	50.43	40
3	B4	A4	97.14	18.44	6.76	12.17	51.57	74.286
3	B4	A5	71.43	7.5	4.92	6.13	50.08	17.143
3	B4	A6	88.57	23.53	5.72	8.49	47.88	11.429
3	B4	A7	88.57	18.6	5.72	8.7	48.84	22.857
3	B4	A8	62.86	18.74	5.06	9.7	48.95	31.429
3	B5	A1	97.14	14.24	5.72	12.65	53.31	25.714
3	B5	A2	100	20.54	5.84	12.15	49.4	22.857
3	B5	A3	97.14	16.34	6.38	11.66	52.21	31.429
3	B5	A4	94.29	18.14	6.44	11.77	51.22	37.143
3	B5	A5	97.14	10.16	4.98	6.59	48.81	8.571
3	B5	A6	80	21.8	5.74	8.17	47.12	0
3	B5	A7	100	20.17	5.8	8.2	48.66	28.571
3	B5	A8	94.29	17.54	4.8	8.91	50.65	31.429
3	B6	A1	100	18.48	6.36	12.15	50.36	34.286
3	B6	A2	100	18.3	5.74	12.04	50.65	42.857
3	B6	A3	100	18.32	6.96	11.21	48.57	37.143
3	B6	A4	94.29	18.66	6.62	13.44	50.41	57.143
3	B6	A5	88.57	13.1	5.36	7.08	46.12	20
3	B6	A6	97.14	23.74	5.48	7.84	46.62	14.286
3	B6	A7	65.71	18.4	5.18	8.21	48.83	17.143
3	B6	A8	77.14	19.43	5.12	8.19	46.15	20

*Dato faltante calculado

Fuente: elaboración propia, 2018.

3.1 PRESENTACIÓN

El Centro de Investigación de Cultivos de la finca Esquejes S.A., se dedicada a la tecnología de doble haploides en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), y está ubicada en el departamento de Jalapa, se realizó como parte de los servicios prestados del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- de la Facultad Agronomía, se realizó un servicio con el fin de proporcionar a la empresa información técnica y logística, este servicio consistió en evaluar el efecto de la aplicación de atrazina sobre la esterilidad en líneas puras de maíz (*Zea mays* L.) de agosto a noviembre de 2018.

El servicio de la evaluación del efecto de la aplicación de atrazina sobre la esterilidad en cinco líneas puras de maíz (*Zea mays* L.), cada unidad experimental constó de 8.80 m² con 110 plantas de cada línea evaluada por unidad y 40 unidades experimentales en total 624 m², el criterio de clasificación fue el tratamiento: con aspersion y sin aspersion, los materiales utilizados fueron: 18TR900008, 18TR900006, 18PT900023, 18TR900007 y 18TR900015

Los resultados obtenidos en la evaluación fueron: el porcentaje de esterilidad que no se vio afectado al aplicar o no el herbicida (atrazina) en las cinco líneas puras de maíz.

Las alturas de los materiales obtenidos fueron: 18PT900023 con 1.52 m (con aspersion), y 1.53 m (sin aspersion); 18TR900006 con 1.51 m (con aspersion), y 1.42 m (sin aspersion); 18TR900007 con 1.63 m (con aspersion), y 1.60 m (sin aspersion); 18TR900008 con 1.56 m (con aspersion), y 1.51 m (sin aspersion); y 18TR900015 con 1.35 m (con aspersion), y 1.39 m (sin aspersion). Los diámetros del tallo de los materiales obtenidos fueron: 18PT900023 con 13.25 mm (con aspersion), y 13.19 mm (sin aspersion); 18TR900006 con 11.58 mm (con aspersion), y 10.82 mm (sin aspersion); 18TR900007 con 12.15 mm (con aspersion), y 10.98 mm (sin aspersion); 18TR900008 con 10.23 mm (con aspersion), y 10.44 mm (sin aspersion); y 18TR900015 con 9.69 mm (con aspersion), y 9.68 mm (sin aspersion).

El número de hojas de los materiales obtenidos fueron: 18PT900023 con 8 (con y sin aspersión); mientras que 18TR900006, 18TR900007 y 18TR900015 obtuvieron 9 (con y sin aspersión); mientras que 18TR900008 tuvo 9 (con aspersión), y 8 (sin aspersión). El número de hojas de los materiales obtenidos fueron: 18PT900023 con 9 (con aspersión) y 10 (sin aspersión); 18TR900006 con 10 (con y sin aspersión); 18TR900007 y 18TR900008 con 10 (con aspersión) y 9 (sin aspersión); y 18TR900015 tuvo 9 (con y sin aspersión).

Las unidades relativas de clorofila de los materiales obtenidos fueron: 18PT900023 con 51.44 (con aspersión), y 52.02 (sin aspersión); 18TR900006 con 52.42 (con aspersión), y 49.23 (sin aspersión); 18TR900007 con 50.78 (con aspersión), y 52.14 (sin aspersión); 18TR900008 con 54.27 (con aspersión), y 52.97 (sin aspersión); y 18TR900015 con 53.07 (con aspersión), y 52 (sin aspersión). Y la aplicación de atrazina en la etapa reproductiva afecto al tiempo de liberación de polen únicamente en el material 18TR900015 obteniendo 29 ddt (con aplicación) y 31 ddt (sin aplicación), los otros materiales no se vieron afectados; y ningún material fue afectado en cuanto al tiempo de emergencia del jilote, colocación de glassine, e inicio de polinización.

3.2 SERVICIO 1. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ATRAZINA SOBRE LA ESTERILIDAD DE CINCO LÍNEAS PURAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE CULTIVOS, ESQUEJES S.A.

3.2.1 Objetivos

A. General

Evaluar el efecto de la aplicación de atrazina sobre la esterilidad de cinco líneas puras de maíz (*Zea mays* L.) en el Centro de Investigación de Cultivos, Esquejes S.A.

B. Específicos

1. Conocer el efecto de la aplicación de atrazina en el porcentaje de plantas estériles en cinco líneas puras de maíz (*Zea mays* L.).
2. Cuantificar la respuesta en el desarrollo (altura, diámetro, unidades relativas de clorofila, número de hojas y nudos) de cinco líneas puras de maíz (*Zea mays* L.) ante la aplicación de atrazina.
3. Determinar el efecto de la aplicación de atrazina en la etapa reproductiva de cinco líneas puras de maíz (*Zea mays* L.).

3.2.2 Metodología

A. Porcentaje de plantas estériles

a. Fase experimental

i. Descripción de los tratamientos

El primer factor que se tomó en cuenta para la evaluación del efecto de la atrazina sobre la esterilidad fue el material vegetal con el que se trabajó; se sembraron cinco líneas doble haploides de maíz (*Zea mays* L.), describen en el cuadro 38.

Cuadro 38. Descripción de los materiales sembrados para la determinar el efecto de la aplicación de atrazina en cinco cultivares doble haploides de maíz (*Zea mays* L.).

Material	Identificación	Característica	Madurez
18TR900008	A	Tropical	Tardía
18TR900006	B	Tropical	Tardía
18PT900023	C	Tropical	Tardía
18TR900007	D	Tropical	Tardía
18TR900015	E	Tropical	Tardía

Fuente: Centro de investigación de Cultivos, Esquejes S.A., 2018.

En el cuadro 38 se indica la descripción de cada material trabajado, la identificación de cómo fue localizada en campo, características y madurez de cada material, según la duración del ciclo de cultivo.

El segundo factor que se tomó en cuenta en la evaluación fue el producto que se aplicó. En el cuadro 39 se observan los tratamientos evaluados, la identificación en campo, la descripción del producto, dosis comercial y la dosificación por unidad experimental.

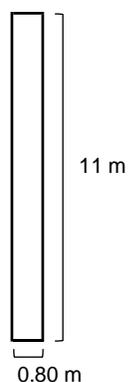
Cuadro 39. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Identificación	Descripción	Dosis	Dosificación
Con aspersión	1	Atrazina	1.687 Kg/ha	3.75 g/l
Sin aspersión	0	Testigo	X	X

Fuente: Disagro, 2019.

ii. Unidad experimental

Cada unidad experimental constó de 8.80 m² y las dimensiones de cada una fue de 0.80 m de ancho y 11 m de longitud (figura 43), los pilones se distribuyeron al tresbolillo, obteniendo 110 plantas de cada línea evaluada por unidad.



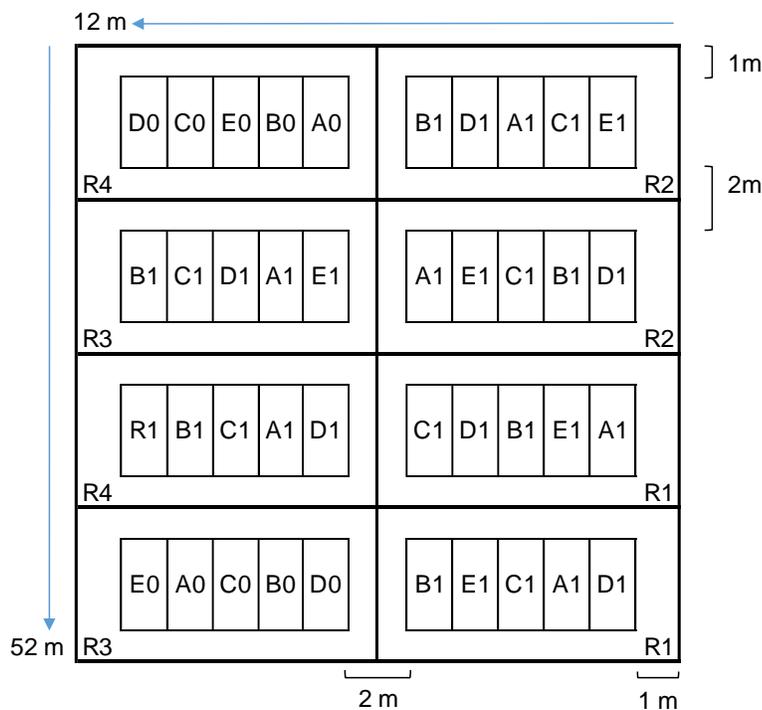
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 43. Dimensionales de la unidad experimental

Cada unidad experimental fue compuesta por la interacción de los materiales y tratamientos, se utilizó cuatro repeticiones y se obtuvieron en total 40 unidades experimentales.

iii. Distribución de los tratamientos

El área experimental fue de 624 m², los tratamientos se distribuyeron completamente al azar con arreglo en parcelas divididas, siendo la parcela grande el tratamiento y la parcela pequeña los materiales.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 44. Distribución de los tratamientos en la parcela experimental.

b. Manejo del experimento

i. Rotulación de las unidades experimentales

Se rotulo cada unidad experimental con etiquetas que incluyeron el tratamiento evaluado y el número de repetición, estas se engraparon a estacas de 1 m de altura y se colocaron al inicio de cada unidad experimental (dirección norte a sur).

ii. Trasplante

Después de la identificación de las unidades experimentales, se procedió a trasladar las bandejas que contenían una línea pura de maíz a la parcela experimental, dejando tres bandejas por cada repetición como se observa en la figura 45. y se distribuyeron según la figura 46.

Luego se trasplanto cada pilón al tresbolillo con ayuda de un trasplantador, dejando por unidad experimental 110 pilones



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 45. Distribución y trasplante de pilones de maíz en la unidad experimental respectiva.

iii. Aspersión del producto

La aspersión de atrazina se realizó cinco días después del trasplante (figura 46), con una bomba de mochila motorizada Maruyama® de 20 l de capacidad con una boquilla tipo abanico de doble salida de la marca Yamaho® C6.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 46. Aplicación de herbicida (atrazina) a las unidades experimentales respectivas.

Se pesó 75 g de herbicida y luego se realizó la mezcla del producto empleando 20 litros de agua.

iv. Toma de datos

El porcentaje de esterilidad es la relación de plantas con espigas estériles en el total de plantas sembradas por área. Para determinar si el uso de atrazina afectó el número de plantas estériles, se realizó un conteo de forma visual del número de plantas que presentaron espigas estériles y con la siguiente fórmula se determinó el porcentaje.

$$\% \text{ de esterilidad} = \left(\frac{\text{plantas con espigas estériles}}{\text{total de plantas en la unidad experimental}} \right) * 100$$

c. Análisis de la información

Para el análisis de la información se utilizó el software InfoStat versión 2018e, se realizó una prueba de T para dos muestras independientes, y de cada variable; el criterio de clasificación fue el tratamiento: con aspersión (1) y sin aspersión (0), y los materiales utilizados en la evaluación fueron: 18TR900008, 18TR900006, 18PT900023, 18TR900007 y 18TR900015 (respectivamente A, B, C, D y E).

d. Recursos

Los recursos que se utilizaron son:

- Plantas de maíz (5 materiales).
- Estacas.
- Etiquetas.
- Bandejas para siembra.
- Trasplantadoras.
- Bomba de mochila motorizada Maruyama® con boquilla tipo abanico de doble salida de la marca Yamaho® C6.

- Herbicida (Atrazina).
- Cinta métrica (Stanley ®).
- Vernier (Mitutoyo ®).
- Clorofilometro (At-leaf®).
- Glassine.
- Lápiz.
- Libreta de campo.
- Computadora con programa de Microsoft Excel y software InfoStat versión 2016.
- Cámara fotográfica.

B. Desarrollo vegetativo

Para determinar el desarrollo vegetativo las cinco líneas de maíz doble haploide se identificaron 10 plantas por unidad experimental y se midió la altura, diámetro del culmo, contenido fotosintético (unidades relativas de clorofila) y se contaron las hojas y los nudos; el conteo se realizó a los 35 días después del trasplante.

- La altura se midió con una cinta métrica (Stanley ®), desde la base del culmo hasta el último nudo.
- El diámetro se midió con un vernier (Mitutoyo ®), se colocó en medio del entrenudo que se encuentra debajo del nudo que sostiene al jilote.
- Para el número de hojas y nudos se realizó un conteo de las plantas seleccionadas de cada unidad experimental.
- Las unidades relativas de clorofila fueron tomadas con el clorofilometro (Atleaf®), la lectura se realizó a la mitad de la segunda hoja extendida.

a. Análisis de la Información

Para el análisis de la información se utilizó el software InfoStat versión 2018e, se realizó una prueba de T para dos muestras independientes para las 5 variables que conforman el desarrollo vegetativo (altura, diámetro, contenido fotosintético, número de hojas y nudos).

El criterio de clasificación fue el tratamiento: con aspersión (1) y sin aspersión (0), y los materiales utilizados en la evaluación fueron: 18TR900008, 18TR900006, 18PT900023, 18TR900007 y 18TR900015 (respectivamente A, B, C, D y E).

b. Recursos

Los recursos que se utilizaron son:

- Plantas de maíz (5 materiales).
- Cinta métrica (Stanley ®).
- Vernier (Mitutoyo ®).
- Clorofilometro (At-leaf®).
- Lápiz.
- Libreta de campo.
- Computadora con programa de Microsoft Excel y software InfoStat versión 2016.
- Cámara fotográfica.

C. Etapa reproductiva

Para determinar algún efecto del herbicida en el desarrollo de la etapa reproductiva se contabilizaron los días a iniciar la emergencia del jilote, colocación de glassine, liberación de polen e inicio de polinización.

- Para determinar los días de emergencia del jilote después del trasplante, se contabilizaron los días hasta que el 5 % de plantas de cada unidad experimental sincronizara y emergiera una pulgada de la vaina de la hoja el jilote.
- La colocación de glassine se realizó cuando la planta la necesito y el dato se tomaba cuando se colocó el glassine en el 5 % de las plantas de cada unidad experimental.
- Para determinar la liberación de polen se contaron los días después del trasplante transcurridos y se tomó como criterio que las anteras de las espigas liberaran 25 % de polen.

- El inicio de polinización se tomó cuando el 3 % de las plantas de cada población recibían la primera polinización.

c. Análisis de la información

Para el análisis de la información se utilizó el software InfoStat versión 2018e, se realizó una prueba de T para dos muestras independientes de los de las variables días de: emergencia del jilote, colocación del glassine, liberación de polen e inicio de polinización. el criterio de clasificación fue el tratamiento: con aspersion (1) y sin aspersion (0), y los materiales utilizados en la evaluación fueron: 18TR900008, 18TR900006, 18PT900023, 18TR900007 y 18TR900015 (respectivamente A, B, C, D y E).

d. Recursos

Los recursos que se utilizaron son:

- Plantas de maíz (5 materiales).
- Glassine.
- Lápiz.
- Libreta de campo.
- Computadora con programa de Microsoft Excel y software InfoStat versión 2016.
- Cámara fotográfica.

3.2.3 Resultados

En la evaluación del efecto de la aplicación de atrazina sobre la esterilidad de cinco líneas puras de maíz en el Centro de Investigación de Cultivos se realizó desde el 6 de agosto al 28 de noviembre de 2,018 en la finca Esquejes S.A., teniendo una duración de 114 días.

A. Esterilidad

Los resultados obtenidos en campo que determina este porcentaje se observan en el cuadro 40.

Cuadro 40. Datos obtenidos en campo para determinar la esterilidad en cinco materiales de maíz.

Bloque	Rep.	Tratamiento.	Material	Plantas muertas	Plantas polinizadas	Plantas bisexuales	Plantas diploides	Espigas estériles	Plantas estériles	Plantas sin jilote	Total de plantas trasplantadas	% de esterilidad
1	R1	Sin aspersión	18TR900008	1	45	2	4	57	58	1	110	51.82
	R1		18TR900006	1	25	8	4	72	72	0	110	65.45
	R1		18PT900023	3	32	4	5	63	66	3	110	57.27
	R1		18TR900007	3	42	3	2	60	60	0	110	54.55
	R1		18TR900015	0	18	2	0	90	90	0	110	81.82
3	R2		18TR900008	3	41	5	1	60	60	0	110	54.55
	R2		18TR900006	0	30	6	1	73	73	0	110	66.36
	R2		18PT900023	10	47	0	5	45	48	3	110	40.91
	R2		18TR900007	3	29	2	6	69	70	1	110	62.73
	R2		18TR900015	4	13	2	0	90	91	1	110	81.82
2	R3		18TR900008	3	41	2	2	62	62	0	110	56.36
	R3		18TR900006	0	17	6	5	82	82	0	110	74.55
	R3		18PT900023	2	43	4	1	55	60	5	110	50.00
	R3		18TR900007	2	37	4	0	67	67	0	110	60.91
	R3		18TR900015	3	14	0	0	93	93	0	110	84.55
4	R4		18TR900008	0	47	0	1	61	62	1	110	55.45
	R4		18TR900006	0	23	10	6	70	71	1	110	63.64
	R4		18PT900023	4	43	1	5	53	57	4	110	48.18
	R4		18TR900007	3	34	3	6	63	64	1	110	57.27
	R4		18TR900015	0	15	1	0	94	94	0	110	85.45
2	R1	18TR900008	1	36	1	1	71	71	0	110	64.55	
	R1	18TR900006	2	16	4	4	84	84	0	110	76.36	
	R1	18PT900023	5	42	4	1	55	59	4	111	50.00	
	R1	18TR900007	0	32	1	2	75	75	0	110	68.18	
	R1	18TR900015	5	18	0	0	87	87	0	110	79.09	
4	R2	18TR900008	3	48	0	1	58	58	0	110	52.73	
	R2	18TR900006	3	28	9	3	66	67	1	110	60.00	
	R2	18PT900023	2	51	3	2	48	52	4	110	43.64	
	R2	18TR900007	3	37	5	0	63	65	2	110	57.27	
	R2	18TR900015	2	16	2	0	90	90	0	110	81.82	
3	R3	18TR900008	3	45	0	2	60	60	0	110	54.55	
	R3	18TR900006	2	21	9	3	74	75	1	110	67.27	
	R3	18PT900023	0	39	2	3	63	66	3	110	57.27	
	R3	18TR900007	1	29	5	1	74	74	0	110	67.27	
	R3	18TR900015	2	9	3	0	95	96	1	110	86.36	
1	R4	18TR900008	0	40	2	5	63	63	0	110	57.27	
	R4	18TR900006	2	27	8	3	68	70	2	110	61.82	
	R4	18PT900023	3	51	2	1	50	53	3	110	45.45	
	R4	18TR900007	1	37	4	2	66	66	0	110	60.00	
	R4	18TR900015	1	18	0	0	91	91	0	110	82.73	
Promedio			Sin aspersión	2.25	31.8	3.25	2.7	68.95	70	1.05	110	62.68
			Con aspersión	2.05	32	3.2	1.7	70.05	71.1	1.05	110	63.68

El porcentaje de esterilidad se determinó como relación entre el número de espigas estériles con el total de plantas trasplantadas por unidad experimental como se observa en el cuadro 40.

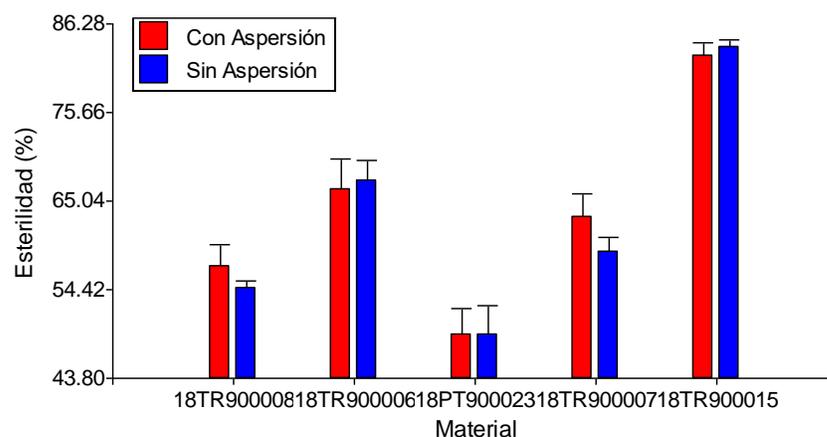


Figura 47. Porcentaje de esterilidad de cinco materiales de maíz.

En la figura 47 se identifica que existe variabilidad en el porcentaje de esterilidad entre los materiales, 18PT900023 tiene los valores más bajos con 49.09 % (con y sin aplicación de herbicida) y los valores más altos en el material 18TR900015 con 83.41 % (sin aplicación de herbicida). Para determinar si existe diferencia entre los dos grupos de aplicación (con o sin) de varianzas se realizó el análisis estadístico t de Student para las dos muestras independientes con una prueba bilateral, tal como se observa en el cuadro 41.

Cuadro 41. Prueba de t del porcentaje de esterilidad de cinco materiales de maíz.

Material	Prueba de T para muestras independientes		Media (1)	Media (2)	p-valor
	Grupo 1	Grupo 2			
18PT900023	Con aspersión	Sin aspersión	49.090	49.090	>0.9999
18TR900006	Con aspersión	Sin aspersión	66.360	67.500	0.8047
18TR900007	Con aspersión	Sin aspersión	63.180	58.860	0.2327
18TR900008	Con aspersión	Sin aspersión	57.270	54.550	0.3641
18TR900015	Con aspersión	Sin aspersión	82.500	83.410	0.6260

En el cuadro 41 se observa que el p-valor es mayor al nivel de significancia (> 0.05) para cada material ya sea con o sin aplicación de herbicida la media del porcentaje de

esterilidad en ambos grupos es igual, por lo que no hay diferencia en la esterilidad al aplicar o no el herbicida.

Además en el cuadro 40 se muestran los datos obtenidos en campo sobre otras variables complementarias al porcentaje de esterilidad, se identificaron 2 plantas muertas con y sin aspersión del herbicida; 32 plantas polinizadas con y sin aspersión del herbicida; 3 plantas bisexuales con y sin aspersión del herbicida; 3 plantas diploides cuando no existió aspersión del herbicida, mientras que con la aplicación fueron 2 plantas; 69 espigas estériles cuando no existió aspersión del herbicida, mientras que con la aplicación fueron 70 espigas; 70 plantas estériles cuando no existió aspersión del herbicida, mientras que con la aplicación fueron 71 plantas; 1 plantas sin jilote con y sin aspersión del herbicida y 62.68 % de plantas estériles cuando no existió aspersión del herbicida, mientras que con la aplicación fueron 63.68 %.

B. Desarrollo vegetativo

Para determinar la vigorosidad se tomaron 10 plantas por unidad experimental donde se midió la altura, diámetro de plantas; se contaron las hojas y nudos y se tomaron las unidades relativas de clorofila, los promedios de los datos obtenidos en campo por unidad experimental se observan en el cuadro 42.

Cuadro 42. Promedios por unidad experimental para determinar la vigorosidad de cinco materiales de maíz.

Bloque	Tratamiento	Rep.	Aplicación	Material	Altura (m)	No. de hojas	No. de nudos	Diámetro (mm)	URC
1	A1B1	1	Sin aspersión	18TR900008	1.390	9	10	10.569	55.680
	A1B2			18TR900006	1.608	9	9	11.408	48.470
	A1B3			18PT900023	1.539	9	9	12.672	51.480
	A1B4			18TR900007	1.500	9	9	9.750	49.503
	A1B5			18TR900015	1.473	8	8	9.990	52.390
3	A1B1	2		18TR900008	1.455	8	9	9.772	50.350
	A1B2			18TR900006	1.249	10	10	10.111	52.330
	A1B3			18PT900023	1.496	8	10	12.817	53.970
	A1B4			18TR900007	1.701	10	10	11.862	51.680
	A1B5			18TR900015	1.361	9	9	9.651	52.300
2	A1B1	3		18TR900008	1.555	8	9	11.748	51.460
	A1B2			18TR900006	1.497	8	10	11.946	45.330
	A1B3			18PT900023	1.575	9	10	14.322	52.560
	A1B4			18TR900007	1.734	9	9	11.430	52.440
	A1B5			18TR900015	1.420	8	8	10.764	53.570
4	A1B1	4	18TR900008	1.633	9	9	9.658	54.370	
	A1B2		18TR900006	1.326	9	10	9.817	50.790	
	A1B3		18PT900023	1.525	8	9	12.924	50.050	
	A1B4		18TR900007	1.464	10	8	10.881	54.940	
	A1B5		18TR900015	1.304	9	9	8.292	49.730	
2	A2B1	1	Con aspersión	18TR900008	1.544	9	10	9.857	53.340
	A2B2			18TR900006	1.560	10	10	11.958	55.790
	A2B3			18PT900023	1.506	7	9	12.809	54.960
	A2B4			18TR900007	1.507	9	10	12.254	51.040
	A2B5			18TR900015	1.242	8	8	8.029	50.550
4	A2B1	2		18TR900008	1.464	10	10	10.268	54.361
	A2B2			18TR900006	1.579	9	10	10.067	49.880
	A2B3			18PT900023	1.497	8	9	12.993	49.260
	A2B4			18TR900007	1.534	9	9	11.095	52.680
	A2B5			18TR900015	1.301	8	8	9.897	55.220
3	A2B1	3		18TR900008	1.635	9	10	9.998	56.110
	A2B2			18TR900006	1.423	9	9	12.056	53.870
	A2B3			18PT900023	1.561	9	9	13.128	47.202
	A2B4			18TR900007	1.480	9	10	12.699	52.270
	A2B5			18TR900015	1.436	9	9	10.181	52.550
1	A2B1	4	18TR900008	1.616	9	10	10.794	53.260	
	A2B2		18TR900006	1.476	9	10	12.224	50.120	
	A2B3		18PT900023	1.530	8	10	14.044	54.330	
	A2B4		18TR900007	1.883	10	10	12.533	47.108	
	A2B5		18TR900015	1.426	9	9	10.722	53.840	

a. Altura de la planta

La altura de la planta se midió con cinta métrica desde la base de la caña hasta el último nudo y los resultados obtenidos se observan en la figura 48.

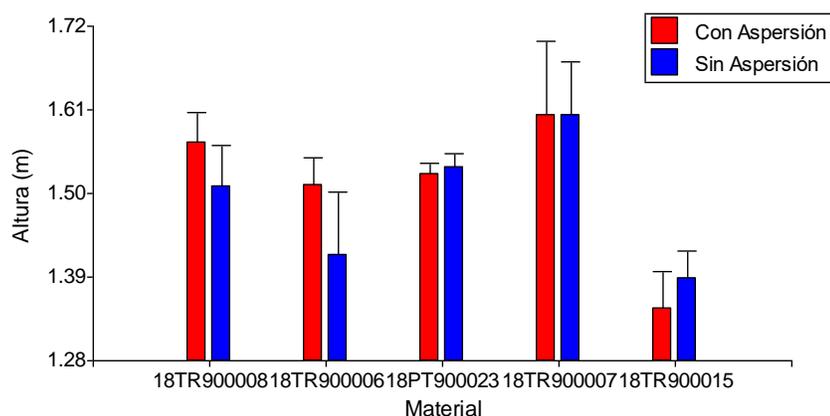


Figura 48. Altura de la planta en metros de cinco materiales de maíz.

En la figura 46 se observa que existe variabilidad en la altura de plantas entre los materiales, 18TR900015 tiene los valores más bajos con 1.35 m (con aplicación de herbicida) y los valores más altos en el material 18TR900007 con 1.63 m (con aplicación de herbicida). Para determinar si existe diferencia entre los dos grupos de aplicación (con o sin) de varianzas se realizó el análisis estadístico t de Student para las dos muestras independientes con una prueba bilateral, tal como se observa en el cuadro 43.

Cuadro 43. Prueba de t de la altura de la planta en metros de cinco materiales de maíz.

Prueba de T para muestras independientes					
Material	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	p-valor
18PT900023	Con aspersión	Sin aspersión	1.52	1.53	0.8196
18TR900006	Con aspersión	Sin aspersión	1.51	1.42	0.1409
18TR900007	Con aspersión	Sin aspersión	1.63	1.60	0.6429
18TR900008	Con aspersión	Sin aspersión	1.56	1.51	0.2069
18TR900015	Con aspersión	Sin aspersión	1.35	1.39	0.3751

En el cuadro 43 se observa que el p-valor es mayor al nivel de significancia (> 0.05) para cada material ya sea con o sin aplicación de herbicida la media de la altura de la planta en ambos grupos es igual, por lo que no hay diferencia en la altura al aplicar o no el herbicida.

b. Diámetro del tallo

Para obtener el diámetro del tallo se midió con un vernier, en medio del entrenudo que se encuentra debajo del nudo que sostenía al jilote, los resultados obtenidos se observan en el cuadro 49.

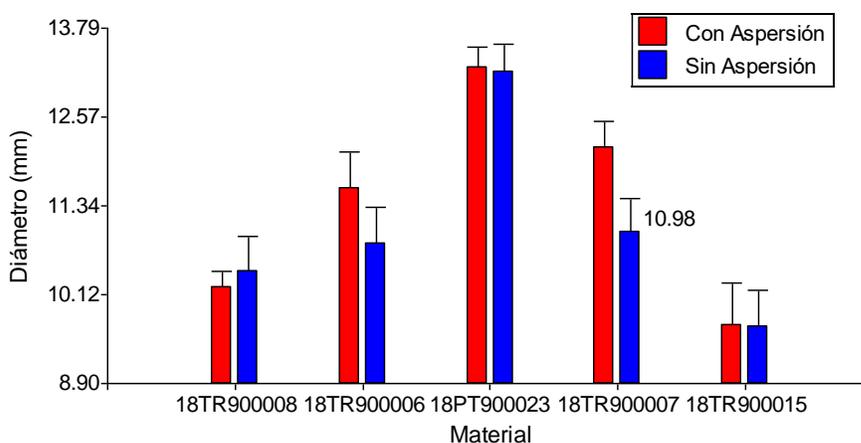


Figura 49. Diámetro del tallo en milímetros de cinco materiales de maíz.

En la figura 49 se observa que existe variabilidad del diámetro del tallo entre los materiales, 18TR900015 tiene los valores más bajos con 9.68 mm (sin aplicación de herbicida) y los valores más altos en el material 18PT900023 con 13.25 mm (con aplicación de herbicida).

Para determinar si existe diferencia entre los dos grupos de aplicación (con o sin) de varianzas se realizó el análisis estadístico t de Student para las dos muestras independientes con una prueba bilateral, tal como se observa en el cuadro 44.

Cuadro 44. Prueba de t del diámetro del tallo de cinco materiales de maíz.

Prueba de T para muestras independientes					
Material	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	p-valor
18PT900023	Con aspersion	Sin aspersion	13.25	13.19	0.8846
18TR900006	Con aspersion	Sin aspersion	11.58	10.82	0.1171
18TR900007	Con aspersion	Sin aspersion	12.15	10.98	0.0163*
18TR900008	Con aspersion	Sin aspersion	10.23	10.44	0.6187
18TR900015	Con aspersion	Sin aspersion	9.69	9.68	0.9874

En el cuadro 44 se observa que el p-valor es mayor al nivel de significancia (> 0.05) para los materiales 18PT900023, 18TR900006, 18TR900008 y 8TR900015 ya sea con o sin aplicación de herbicida la media del diámetro del tallo en ambos grupos es igual, por lo que no hay diferencia en el diámetro al aplicar o no el herbicida. Mientras que en 18TR900007 si hay diferencia estadística porque el nivel de significancia es menor a 0.05 (0.0163) obteniendo mayor diámetro cuando se aplica el herbicida.

c. Número de hojas

Para obtener el número de hojas se realizó un conteo visual y los resultados obtenidos se observan en la figura 50.

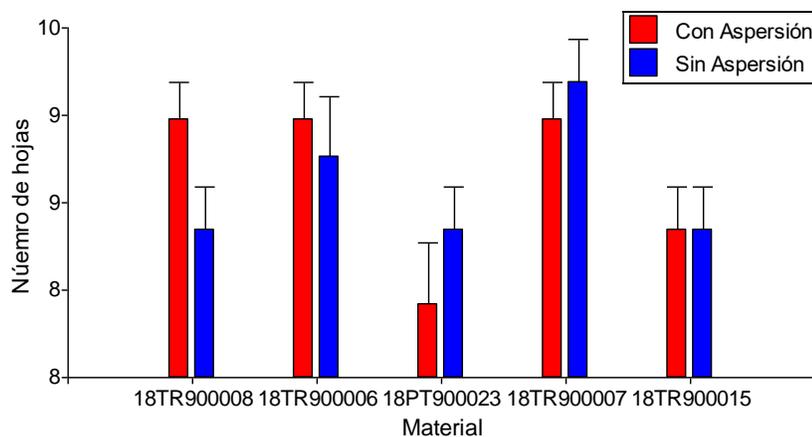


Figura 50. Número de hojas de cinco materiales de maíz.

En la figura 50 se observa que existe variabilidad en el número de hojas entre los materiales, 18PT900023 tiene los valores más bajos con 8 (con aplicación de herbicida) y los valores más altos en el material 18TR900006 con 9 (con aplicación de herbicida). Para determinar si existe diferencia entre los dos grupos de aplicación (con o sin) de varianzas se realizó el análisis estadístico t de Student para las dos muestras independientes con una prueba bilateral, tal como se observa en el cuadro 45.

Cuadro 45. Prueba de t del número de hojas de cinco materiales de maíz.

Prueba de T para muestras independientes					
Material	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	p-valor
18PT900023	Con aspersion	Sin aspersion	8.13	8.48	0.3070
18TR900006	Con aspersion	Sin aspersion	9.30	9.08	0.4535
18TR900007	Con aspersion	Sin aspersion	9.03	9.05	0.9248
18TR900008	Con aspersion	Sin aspersion	9.25	8.48	0.0033*
18TR900015	Con aspersion	Sin aspersion	8.74	8.58	0.4611

En el cuadro 45 se observa que el p-valor es mayor al nivel de significancia (> 0.05) para los materiales 18PT900023, 18TR900006, 18TR900007 y 8TR900015 ya sea con o sin aplicación de herbicida la media del número de hojas en ambos grupos es igual, por lo que no hay diferencia en el número de hojas al aplicar o no el herbicida. Mientras que en 18TR900008 si hay diferencia estadística porque el nivel de significancia es menor a 0.05 (0.0033) obteniendo mayor número de hojas cuando se aplica el herbicida.

d. Número de nudos

Para obtener el número de nudos se realizó un conteo visual y los resultados obtenidos se observan en la figura 51.

En la figura 51 se observa que existe variabilidad en el número de nudos entre los materiales, 18TR900015 tiene los valores más bajos con 9 (con y sin aplicación de herbicida) y los valores más altos en el material 18TR900008 con 10 (con aplicación de herbicida). Para determinar si existe diferencia entre los dos grupos de aplicación (con o

sin) de varianzas se realizó el análisis estadístico t de Student para las dos muestras independientes con una prueba bilateral, tal como se observa en el cuadro 46.

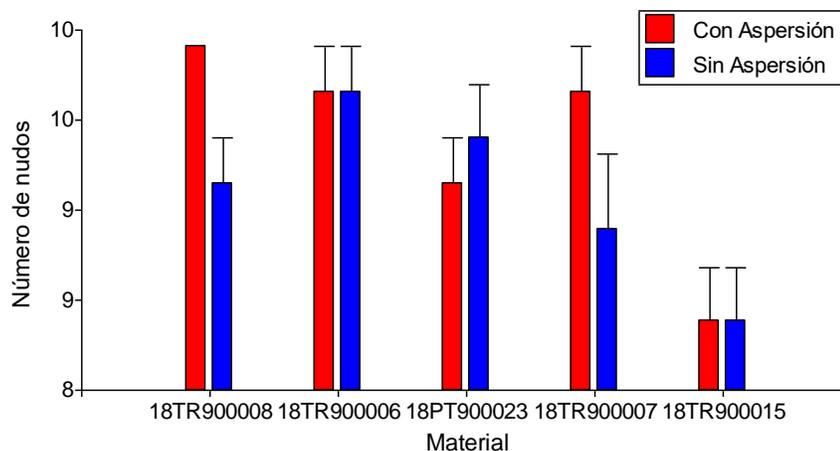


Figura 51. Número de nudos de cinco materiales de maíz.

Cuadro 46. Prueba de t del número de nudos de cinco materiales de maíz.

Prueba de T para muestras independientes					
Material	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	p-valor
18PT900023	Con aspersion	Sin aspersion	9.15	9.53	0.1857
18TR900006	Con aspersion	Sin aspersion	9.68	9.65	0.9265
18TR900007	Con aspersion	Sin aspersion	9.88	9.15	0.0169*
18TR900008	Con aspersion	Sin aspersion	10.13	9.38	0.0020*
18TR900015	Con aspersion	Sin aspersion	8.74	8.58	0.4611

En el cuadro 46 se observa que el p-valor es mayor al nivel de significancia (> 0.05) para los materiales 18PT900023, 18TR900006 y 8TR900015 ya sea con o sin aplicación de herbicida la media del número de nudos en ambos grupos es igual, por lo que no hay diferencia en el número de nudos al aplicar o no el herbicida. Mientras que en 18TR900007 y 18TR900008 si hay diferencia estadística porque el nivel de significancia es menor a 0.05 (0.0169 y 0.0020 respectivamente) obteniendo mayor número de nudos cuando se aplica el herbicida.

e. Unidades relativas de clorofila

Para obtener las unidades relativas de clorofila se midió con clorofilometro a la mitad de la segunda hoja extendida y los resultados obtenidos se observan en la figura 52.

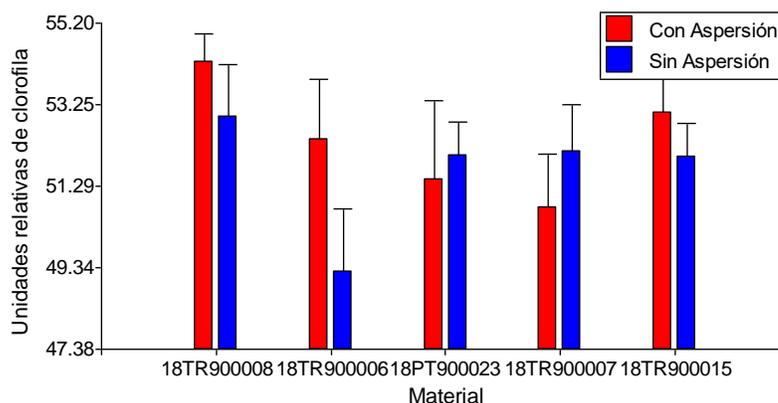


Figura 52. Unidades relativas de clorofila de cinco materiales de maíz.

En la figura 52 se observa que existe variabilidad en las unidades relativas entre los materiales, 18TR900007 tiene los valores más bajos con 50.78 (con aplicación de herbicida) y los valores más altos en el material 18TR900008 con 54.27 (con aplicación de herbicida).

Para determinar si existe diferencia entre los dos grupos de aplicación (con o sin) de varianza se realizó el análisis estadístico t de Student para las dos muestras independientes con una prueba bilateral, tal como se observa en el cuadro 47.

Cuadro 47. Prueba de t de las unidades relativas de clorofila de cinco materiales de maíz.

Material	Prueba de T para muestras independientes		Media (1)	Media (2)	p-valor
	Grupo 1	Grupo 2			
18PT900023	Con aspersión	Sin aspersión	51.44	52.02	0.7210
18TR900006	Con aspersión	Sin aspersión	52.42	49.23	0.0363*
18TR900007	Con aspersión	Sin aspersión	50.78	52.14	0.4540
18TR900008	Con aspersión	Sin aspersión	54.27	52.97	0.3363
18TR900015	Con aspersión	Sin aspersión	53.07	52.00	0.4456

En el cuadro 47 se observa que el p-valor es mayor al nivel de significancia (> 0.05) para los materiales 18PT900023, 18TR900007, 18TR900008 y 8TR900015 ya sea con o sin aplicación de herbicida la media de las unidades relativas en ambos grupos es igual, por lo que no hay diferencia en las unidades relativas al aplicar o no el herbicida. Mientras que en 18TR900006 si hay diferencia estadística porque el nivel de significancia es menor a 0.05 (0.0363) obteniendo mayores unidades relativas cuando se aplica el herbicida.

C. Desarrollo de la etapa reproductiva

Para determinar el desarrollo de la etapa reproductiva se determinó por unidad experimental el tiempo de emergencia del jilote, de la colocación del glassine, liberación del polen y la iniciación de la polinización, las fechas obtenidas en campo se observan en el cuadro 48.

Cuadro 48. Datos obtenidos en campo para determinar el desarrollo de la etapa reproductiva de cinco materiales de maíz.

Repetición	Aplicación	Material	Inicio de glassine (ddt)	Emergencia de jilote (ddt)	Liberación de polen (ddt)	Inicio de polinización (ddt)
R1	Sin aspersión	18TR900008	25	23	31	35
		18TR900006	26	24	34	36
		18PT900023	30	29	32	36
		18TR900007	27	26	31	36
		18TR900015	24	23	32	34
R2		18TR900008	25	20	30	32
		18TR900006	25	22	29	32
		18PT900023	29	28	32	35
		18TR900007	27	25	32	34
		18TR900015	25	24	29	31
R3		18TR900008	23	21	29	33
		18TR900006	24	22	32	34
		18PT900023	29	28	34	36
		18TR900007	27	26	31	35
		18TR900015	20	19	31	31
R4	18TR900008	26	24	31	34	
	18TR900006	26	23	30	36	
	18PT900023	30	29	34	37	
	18TR900007	25	20	32	36	
	18TR900015	23	23	31	32	

Continuación cuadro 48.

R1	Con aspersión	18TR900008	22	20	28	32
		18TR900006	23	22	30	32
		18PT900023	29	28	32	36
		18TR900007	28	25	33	37
		18TR900015	24	23	27	31
R2		18TR900008	26	24	32	34
		18TR900006	26	23	31	36
		18PT900023	30	29	34	36
		18TR900007	27	26	32	34
		18TR900015	22	21	28	31
R3		18TR900008	25	24	30	34
		18TR900006	26	24	30	35
		18PT900023	31	30	31	36
		18TR900007	29	27	31	36
		18TR900015	25	24	30	35
R4		18TR900008	24	23	30	32
		18TR900006	25	21	30	33
		18PT900023	31	29	31	34
		18TR900007	27	26	31	36
		18TR900015	24	22	29	33

a. Emergencia del jilote

Para determinar el tiempo de emergencia del jilote después del trasplante, se contabilizaron los días hasta que el 5 % de plantas de cada unidad experimental sincronizara y emergiera una pulgada de la vaina de la hoja el jilote y los resultados obtenidos se observan en la figura 53.

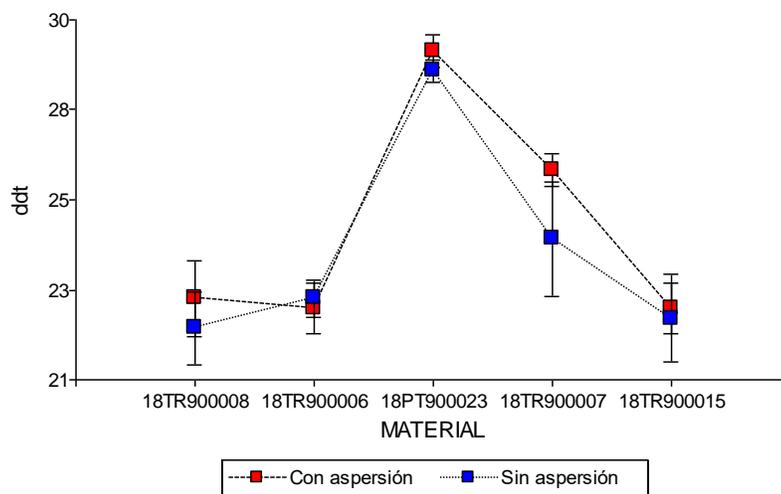


Figura 53. Tiempo de emergencia del jilote en días después del trasplante (ddt) de cinco materiales de maíz.

En la figura 53 se observa que existe variabilidad en el número de días después del trasplante (ddt) de la emergencia del jilote entre los materiales, 18TR900008 tiene los valores más bajos con 22 ddt (sin aplicación de herbicida) y los valores más altos en el material 18PT900023 con 29 ddt (con aplicación de herbicida). Para determinar si existe diferencia entre los dos grupos de aplicación (con o sin) de varianzas se realizó el análisis estadístico t de Student para las dos muestras independientes con una prueba bilateral, tal como se observa en el cuadro 49.

Cuadro 49. Prueba de t del tiempo de emergencia del jilote en días después del trasplante (ddt) de cinco materiales de maíz.

Prueba de T para muestras independientes					
Material	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	p-valor
18PT900023	Con aspersión	Sin aspersión	29.0	28.5	0.3559
18TR900006	Con aspersión	Sin aspersión	22.5	22.8	0.7663
18TR900007	Con aspersión	Sin aspersión	26.0	24.3	0.2856
18TR900008	Con aspersión	Sin aspersión	22.8	22.0	0.5891
18TR900015	Con aspersión	Sin aspersión	22.5	22.3	0.8519

En el cuadro 49 se observa que el p-valor es mayor al nivel de significancia (> 0.05) para cada material ya sea con o sin aplicación de herbicida la media del tiempo de emergencia

del jilote (ddt) en ambos grupos es igual, por lo que no hay diferencia en la emergencia del jilote al aplicar o no el herbicida.

b. Colocación de glassine

Para determinar el tiempo de colocación de glassine se tomó como base que el 5 % de las plantas de cada unidad experimental ya las tenían y los resultados obtenidos se observan en la figura 52, identificando que existe variabilidad en el número de días después del trasplante (ddt) de la colocación del glassine entre los materiales, 18TR900015 tiene los valores más bajos con 23 ddt (con aplicación de herbicida) y los valores más altos en el material 18PT900023 con 30 ddt (con aplicación de herbicida).

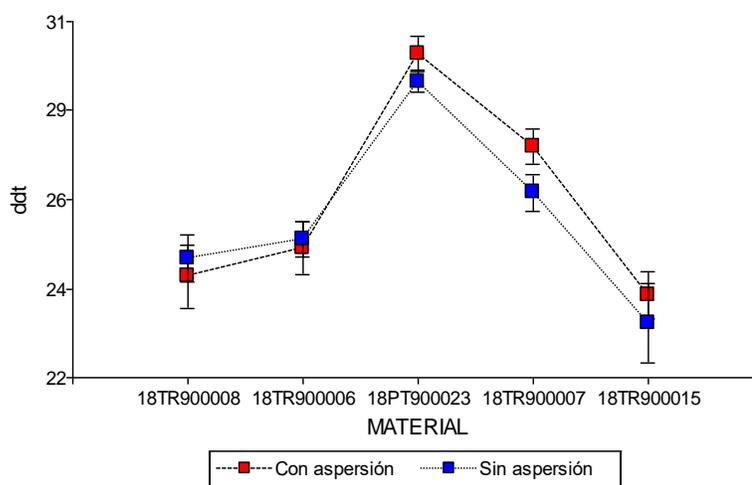


Figura 54. Tiempo de colocación de glassine en el jilote en días después del trasplante (ddt) de cinco materiales de maíz.

Para determinar si existe diferencia entre los dos grupos de aplicación (con o sin) de varianzas se realizó el análisis estadístico t de Student para las dos muestras independientes con una prueba bilateral, tal como se observa en el cuadro 50.

Cuadro 50. Prueba de t del tiempo de colocación de glassine en jilote en días después del trasplante (ddt) de cinco materiales de maíz.

Prueba de T para muestras independientes					
Material	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	p-valor
18PT900023	Con aspersión	Sin aspersión	30.3	29.5	0.2283
18TR900006	Con aspersión	Sin aspersión	25.0	25.3	0.7796
18TR900007	Con aspersión	Sin aspersión	27.8	26.5	0.1210
18TR900008	Con aspersión	Sin aspersión	24.3	24.8	0.6540
18TR900015	Con aspersión	Sin aspersión	23.8	23.0	0.5705

En el cuadro 50 se observa que el p-valor es mayor al nivel de significancia (> 0.05) para cada material ya sea con o sin aplicación de herbicida la media del tiempo de la colocación de glassine (ddt) en ambos grupos es igual, por lo que no hay diferencia en la colocación del glassine al aplicar o no el herbicida.

c. Liberación de polen

Para determinar el tiempo de la liberación del polen se tomó como base que el 25 % de las plantas de cada unidad experimental liberaran el polen de las espigas y los resultados obtenidos se observan en la figura 55.

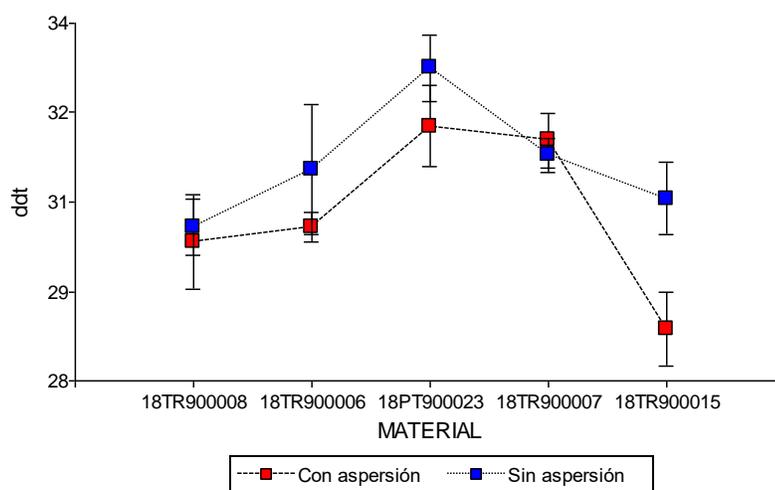


Figura 55. Tiempo de liberación de polen en días después del trasplante (ddt) de cinco materiales de maíz.

En la figura 55 se observa que existe variabilidad en el número de días después del trasplante (ddt) de la liberación de polen entre los materiales, 18TR900015 tiene los valores más bajos con 29 ddt (con aplicación de herbicida) y los valores más altos en el material 18PT900023 con 33 ddt (con aplicación de herbicida). Para determinar si existe diferencia entre los dos grupos de aplicación (con o sin) de varianza se realizó el análisis estadístico t de Student para las dos muestras independientes con una prueba bilateral, tal como se observa en el cuadro 51.

Cuadro 51. Prueba de t del tiempo de liberación de polen en días después del trasplante (ddt) de cinco materiales de maíz.

Prueba de T para muestras independientes					
Material	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	p-valor
18PT900023	Con aspersion	Sin aspersion	32.0	33.0	0.3153
18TR900006	Con aspersion	Sin aspersion	30.3	31.3	0.4437
18TR900007	Con aspersion	Sin aspersion	31.8	31.5	0.6704
18TR900008	Con aspersion	Sin aspersion	30.0	30.3	0.8005
18TR900015	Con aspersion	Sin aspersion	28.5	30.8	0.0468*

En el cuadro 51 se observa que el p-valor es mayor al nivel de significancia (> 0.05) para los materiales 18PT900023, 18TR900006, 18TR900007 y 18TR900008 ya sea con o sin aplicación de herbicida la media del tiempo de liberación de polen (ddt) en ambos grupos es igual, por lo que no hay diferencia en la liberación de polen al aplicar o no el herbicida. Mientras que en 18TR900015 si hay diferencia estadística porque el nivel de significancia es menor a 0.05 (0.0468) obteniendo mayores días para la liberación del polen cuando no se aplica el herbicida.

d. Inicio de polinización

Para determinar el tiempo del inicio de la polinización se tomó como base que el 3 % de las plantas de cada unidad experimental recibían la primera polinización y los resultados obtenidos se observan en la figura 56, identificando que existe variabilidad en el número de días después del trasplante (ddt) del inicio de polinización entre los materiales,

18TR900015 tiene los valores más bajos con 32 ddt (con aplicación de herbicida) y los valores más altos en el material 18PT900023 con 36 ddt (con aplicación de herbicida).

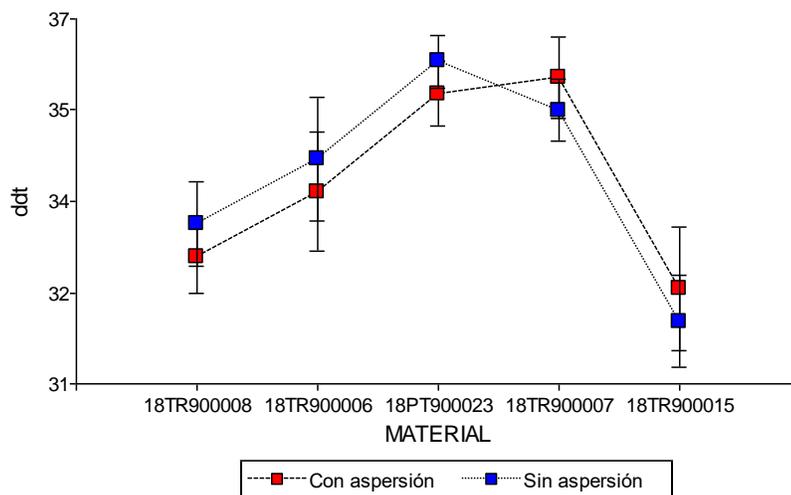


Figura 56. Tiempo de inicio de polinización en días después del trasplante (ddt) de cinco materiales de maíz.

Para determinar si existe diferencia entre los dos grupos de aplicación (con o sin) de varianzas se realizó el análisis estadístico t de Student para las dos muestras independientes con una prueba bilateral, tal como se observa en el cuadro 52.

Cuadro 52. Prueba de t del tiempo de inicio de polinización en días después del trasplante (ddt) de cinco materiales de maíz.

Material	Prueba de T para muestras independientes		Media (1)	Media (2)	p-valor
	Grupo 1	Grupo 2			
18PT900023	Con aspersión	Sin aspersión	35.5	36.0	0.4680
18TR900006	Con aspersión	Sin aspersión	34.0	34.5	0.7185
18TR900007	Con aspersión	Sin aspersión	35.8	35.3	0.5504
18TR900008	Con aspersión	Sin aspersión	33.0	33.5	0.5847
18TR900015	Con aspersión	Sin aspersión	32.5	32.0	0.6891

En el cuadro 52 se observa que el p-valor es mayor al nivel de significancia (> 0.05) para cada material ya sea con o sin aplicación de herbicida la media del tiempo de liberación de polen (ddt) en ambos grupos es igual, por lo que no hay diferencia en la liberación de polen al aplicar o no el herbicida.

3.2.4 Evaluación

Se logró evaluar al 100 % los efectos de la aplicación de atrazina sobre la esterilidad de cinco líneas puras de maíz (*Zea mays* L.) en el Centro de Investigación de Cultivos, Esquejes S.A., se identificó que el porcentaje de esterilidad no se ve afectado al aplicar o no el herbicida (atrazina) en las cinco líneas, y ningún material fue afectado en cuanto a el desarrollo y etapa reproductiva del cultivo, por lo que la empresa puede seguir utilizando el herbicida ya que controla adecuadamente a las plantas arvenses.

3.2.5 Bibliografía

1. Disagro, Guatemala. (2018). *Ficha técnica de Tarea® 80*. Recuperado el 2 de agosto de 2018, de https://www.disagro.com/sites/default/files/panfleto_producto/panfleto-tarea-80wp.pdf



Rolando Barrios



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



REF. Sem. 56/2020

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CORRECTORES SALINOS EN EL RENDIMIENTO DE LÍNEAS PURAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN SUELOS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE CULTIVOS ESQUEJES, S.A., GUATEMALA, C.A."

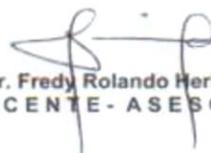
DESARROLLADO POR LA ESTUDIANTE: MELISA NOHEMÍ MARÍA PATÁN VALDEZ

CARNE: 201400396

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Lic. Walter Arnoldo de la Roca
Ing. Agr. Félix Martínez
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. Félix Rocael Martínez Gómez
ASESOR ESPECIFICO


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

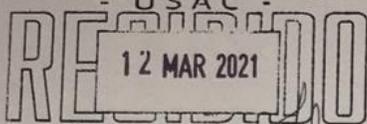


Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro
DIRECTOR DEL IIA

CFLB/nm
c.c. Archivo



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



CONTROL ACADÉMICO
 HORA: 12:19 FIRMA: [Signature]

Ref. SAIEPSA.19.2021

Guatemala, 12 marzo de 2021

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CORRECTORES SALINOS EN EL RENDIMIENTO DE LÍNEAS PURAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.), EN SUELOS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE CULTIVOS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL ÁREA DE BABY NURSERY, ESQUEJES S.A., JALAPA. GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: MELISA NOHEMÍ MARÍA PATÁN VALDEZ

No. CARNÉ 201400396

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

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CORRECTORES SALINOS EN EL RENDIMIENTO DE LÍNEAS PURAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.), EN SUELOS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE CULTIVOS ESQUEJES, S.A. GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Lic. Walter Arnoldo de la Roca
 Ing. Agr. Félix Martínez
 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”

[Signature]

Vo. Bo. Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Reyes
 Coordinador Area Integrada – EPS



cc.archivo
 PPR/azud



No. 18.2021

Trabajo de Graduación: "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CORRECTORES SALINOS EN EL RENDIMIENTO DE LÍNEAS PURAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.), EN SUELOS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE CULTIVOS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL ÁREA DE BABY NURSERY, ESQUEJES S.A., JALAPA, GUATEMALA, C.A."

Estudiante: Melisa Nohemí María Patán Valdez

Carné: 201400396

"IMPRÍMASE"

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

