

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE EL PROGRESO
ÁREA INTEGRADA (EPS)**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EFEECTO DE LA APLICACIÓN DE TRES MEZCLAS DE FERTILIZANTES EN
EL CRECIMIENTO DE *Cereus forbesii* C.F.Först. Y *Echinopsis subdenudata* Cárdenas,
EN INVERNADERO, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN HFT SEED
SERVICES S.A., EN ALDEA POTRERO CARRILLO, DEPARTAMENTO DE
JALAPA, GUATEMALA, C.A.**

DAVID OTTONIEL SINAY CONTRERAS

GUATEMALA ABRIL DE 2022

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE EL PROGRESO
ÁREA INTEGRADA (EPS)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EFFECTO DE TRES MEZCLAS DE FERTILIZANTE EN EL CRECIMIENTO DE
CACTÁCEAS *Cereus forbesii* C.F.Först. Y *Echinopsis subdenudata* Cárdenas, EN
INVERNADERO, POTRERO CARRILLO, DEPARTAMENTO DE JALAPA,
GUATEMALA, C.A.**

**PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO
CENTRO UNIVERSITARIO DE EL PROGRESO
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

DAVID OTTONIEL SINAY CONTRERAS

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

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

GUATEMALA, ABRIL DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
M.A. PABLO ERNESTO OLIVA SOTO
CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE EL PROGRESO

RECTOR

M. A. Pablo Ernesto Oliva Soto

CONSEJO DIRECTIVO
DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE EL PROGRESO

DIRECTOR	Ing. Agr. Julio César Martínez Fuentes
SECRETARIO	Ing. Agr. Luis Antonio Raguay Pirique
VOCAL PRIMERO	Lic. Ariel Alejandro Alvarado Ayala
VOCAL SEGUNDO	Licda. Gilma Friné Vásquez Ríos
VOCAL TERCERO	Lic. Edgar Adán Morales Falla
VOCAL CUARTO	Cristopher Miguel Godínez Ortiz
VOCAL QUINTO	Evelyn Jardenny Portillo Gálvez

GUATEMALA ABRIL DEL 2022

Guatemala, abril de 2022

Honorable Consejo Directivo.

Honorable Tribunal Examinador.

Centro Universitario de El Progreso.

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Honorable 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: **EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE TRES MEZCLAS DE FERTILIZANTE EN EL CRECIMIENTO DE *Cereus forbesii* C.F.Först Y *Echinopsis subdenudata* Cárdenas, EN INVERNADERO, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN HFT SEED SERVICES S.A., EN ALDEA POTRERO CARRILLO, DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, C.A.**, presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistema de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



DAVID OTTONIEL SINAY CONTRERAS

Tel: 59515043

Correo electrónico: 2874684530101@gmail.com

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Por cuidarme, guiarme y protegerme, permitiéndome finalizar una etapa más de mis estudios.

MIS PADRES

Francisco Sinay y Adolfinia Contreras por su apoyo y amor incondicional para poder finalizar una etapa más en mi carrera profesional. Por siempre estar conmigo y creer en mí. Enseñándome todo aquello que ahora me define.

MIS HERMANOS

Jonatan Sinay y Mairon Sinay por estar allí cuando les necesite a lo largo de mi vida, por la paciencia y enseñanzas que me proporcionaron.

MIS AMIGOS

Adriana Montejo, Briana Aristondo, Keyla Patzán, Alba Noj, Zac Obrey, Erick Aldana, Daniel Balcárcel y Gerson Girón. Por ser un apoyo incondicional y darme ánimos en esos momentos en que fueron necesarios, así mismo siendo un ejemplo a seguir.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO A:

DIOS

GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE EL PROGRESO

CARRERA DE AGRONOMÍA

FAMILIA

AMIGOS

AGRADECIMIENTOS

A: mis padres por su amor, protección, confianza y apoyo durante toda mi vida. Los amo.

A mis amigas y asesoras durante todo el proceso de EPS e Investigación MSc Ingeniera Keyla Patzán, Ingeniera Adriana Montejo e Ingeniera Briana Aristondo por ayudarme y siempre estar en todo momento. Les agradezco y les quiero.

Ingeniero Fred Luna e Ingeniera Mayra de Luna por darme la oportunidad de realizar EPS en la prestigiosa empresa HFT Seedservices S.A. Potrero Carrillo, Jalapa.

A mi amigo y compañero Zac Obray por ayudarme y darme ánimos.

Mi asesora de tesis e investigación del CUNPROGRESO Ingeniera Alba Noj por los consejos y apoyo, durante el desarrollo y finalización del proyecto de investigación.

Mis supervisores de EPS, Ingeniero Nery Marín, Ingeniero Luis Gómez e Ingeniero Allan Sagastume por el soporte brindado.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
RESUMEN GENERAL.....	xi

1. CAPÍTULO I: Diagnóstico del área de invernaderos para la producción de cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y cactáceas (Cactaceae) en la Empresa HFT Seed Services S.A. Potrero Carrillo, Jalapa

1.1	Introducción.....	1
1.2	Marco teórico.....	3
1.2.1	Marco conceptual.....	3
1.2.2	Marco referencial.....	3
1.3	Objetivos.....	7
1.3.1	General.....	7
1.3.2	Específicos.....	7
1.4	Metodología.....	8
1.4.1	Material y equipo.....	8
1.4.2	Observación y caminata en la empresa.....	8
1.4.3	Entrevista no estructurada.....	8
1.4.4	Matriz de priorización de problemas.....	8
1.4.5	Árbol de problemas.....	9
1.4.6	Fase de gabinete.....	9
1.5	Resultados.....	10
1.5.1	Estructuras y materiales utilizados, en el sistema invernadero y climatización.....	10
1.5.2	Proceso de producción de tomate (<i>S. lycopersicum</i>).....	13
1.5.3	Proceso de producción de cactáceas.....	13
1.5.4	Información HFT Seedservices S.A.....	14
1.6	Conclusiones.....	22
1.7	Recomendaciones.....	23

1.8	Referencia	24
1.9	Anexos	25

2. CAPÍTULO II: EFECTO DE TRES MEZCLAS DE FERTILIZANTE EN EL CRECIMIENTO DE CACTÁCEAS *Cereus forbesii* C.F.Först., Y *Echinopsis subdenudata* Cárdenas EN INVERNADERO, POTRERO CARRILLO, DEPARTAMENTO DE JALAPA

2.1	Introducción	31
2.2	Definición del problema	33
2.3	Marco teórico	35
2.3.1	Marco conceptual	35
2.3.2	Marco referencial	46
2.3.3	Proceso de producción de cactáceas por la empresa	49
2.4	Objetivos	52
2.4.1	Objetivo general	52
2.4.2	Objetivos específicos	52
2.5	Hipótesis	53
2.6	Metodología	54
2.6.1	Material experimental	54
2.6.2	Diseño experimental	54
2.6.3	Croquis de campo	54
2.6.4	Factores a estudiar	55
2.6.5	Descripción de fertilización	56
2.6.6	Descripción de la unidad experimental	58
2.6.7	Variable de respuesta	58
2.6.8	Toma de datos	60
2.6.9	Análisis de la información	60
2.6.10	Manejo del experimento	61
2.6.11	Manejo agronómico	61
2.7	Resultados	64
2.7.1	Evaluación del efecto de tres mezclas de fertilización sobre el crecimiento vertical y grosor de tallo	64

2.7.2	Producción de biomasa en sistema radicular de cactáceas.....	72
2.7.3	Análisis económico.....	77
2.8	Conclusiones.....	79
2.9	Recomendaciones	80
2.10	Referencias	81
2.11	Anexos.....	86

3. CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN HFT SEEDSERVICES S.A. ALDEA POTRERO CARRILLO DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA.

3.1	Introducción.....	93
-----	-------------------	----

3.2 Servicio I: Verificación de la condición actual del sistema productivo determinando puntos críticos y mejora en HFT Seedservices S.A., Potrero Carrillo, Jalapa.

3.2.1	Objetivos.....	94
3.2.2	Metodología.....	95
3.2.3	Resultados.....	97
3.2.4	Conclusiones.....	104
3.2.5	Recomendaciones	105
3.2.6	Anexos	106

3.3 Servicio II: Monitoreo de parámetros productivos de cactáceas bajo condiciones controladas HFT Seedservices S.A.

3.3.1	Objetivos.....	112
3.3.2	Metodología.....	113
3.3.3	Resultados.....	114
3.3.4	Conclusiones.....	118
3.3.5	Recomendaciones	119
3.3.6	Anexos	120

3.4 Servicio III: Caracterización de los rasgos físicos de las líneas parentales de los cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernaderos de HFT Seed Services S.A., Potrero Carrillo, Jalapa.

3.4.1	Objetivos.....	121
3.4.2	Metodología.....	122
3.4.3	Resultados.....	124
3.4.4	Conclusiones.....	127
3.4.5	Recomendaciones	128
3.4.6	Referencias.....	129
3.4.7	Anexos	130
3.4.8	Glosario.....	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de HFT SEED SERVICES S.A.....	3
Figura 2. Imagen Satelital HFT Seed Services S.A.....	4
Figura 3. Mapa de instalaciones HFT Seed Services S.A.....	4
Figura 4. Ejemplo de matriz de priorización de problemas.....	9
Figura 5. Ejemplo de árbol de problemas.....	9
Figura 6. Árbol de problema para planteó de investigación.....	20
Figura 7. Árbol de problema para planteó de servicio I.....	20
Figura 8. Árbol de problema para planteó de servicio II.....	20
Figura 9. Árbol de problema para planteó de servicio III.....	20
Figura 10A. Sistema de calefacción y sistema de riego.....	25
Figura 11A. Técnica de plantado.....	25
Figura 12A. Tutorio de cultivo.....	25
Figura 13A. Sellado de cultivo.....	25
Figura 14A. Candado verde o zona de control.....	26
Figura 15A. Extracción de polen cultivo de tomate.....	26
Figura 16A. Extracción de anteras (emasculación).....	26
Figura 17A. Variedad de tomate con rasgo determinado.....	26
Figura 18A. Variedad de tomate con fisiopatía de blossom.....	27
Figura 19A. Variedad de tomate indeterminado tipo cherrie.....	27
Figura 20A. Variedad de tomate con hendiduras comunes en la variedad tipo rustock.....	27
Figura 21A. Variedad de tomate con amarillamiento en las hojas, rasgo común en tomate tipo cherrie.....	27
Figura 22A. Agujero en plástico celloclin (cobertura principal).....	28
Figura 23A. Rotura en pantalla térmica (regulador de temperatura y sombra).....	28
Figura 24A. Croquis de reconocimiento del área de HFT.....	28
Figura 25. A. Hábito de la cactácea.....	36
Figura 26. Tipos de espinas.....	38
Figura 27. Morfología de areola y flor de cactáceas.....	39
Figura 28. Mapa de ubicación de HFT Seedservices S.A.....	46
Figura 29. Instalaciones de HFT Seedservices S.A.....	47

Figura 30. Instalaciones del invernadero a utilizar dentro de la empresa HFT	47
Figura 31. Mapa de zona de vida bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT).....	48
Figura 32. Croquis de diseño experimental	55
Figura 33. Establecimiento del área experimental.....	55
Figura 34. Materiales de aplicación de las mezclas experimentales.	58
Figura 35. Toma de datos de biomasa de sistema radicular	59
Figura 36. Aplicación de riego	63
Figura 37. Trasplante manual de cactáceas.	63
Figura 38. Plantas promedio de las mezclas	65
Figura 39. Promedio de crecimiento en altura de tallo con base a especie y mezcla	68
Figura 40. <i>C.forbesii</i> especie representativa de cactáceas columnares (izquierda) y <i>E.subdenudata</i> especie representativa de cactáceas globulares (derecha)	68
Figura 41. Promedio de crecimiento en diámetro de tallo comparando especie y mezcla.....	72
Figura 42. Promedio de producción de biomasa del sistema radicular	75
Figura 43. Muestreo de sustrato: demostración de esterilidad	76
Figura 44A. Cactáceas de venta local.....	86
Figura 45A. Cactáceas de exportación	86
Figura 46A. Semillero de cactáceas.....	86
Figura 47A. Trasplante de bandeja fase 1 a bandeja fase 2.....	87
Figura 48A. Paso de fase de producción 2 a fase de producción 3	87
Figura 49A. Agujero en pared de cultivo.	107
Figura 50A. Agujero en ventana de techo.	107
Figura 51A. Agujero en pantalla térmica.	108
Figura 52A. Fuga del sistema de riego por goteo.	108
Figura 53A. Aborto de frutos por exceso de humedad.....	109
Figura 54A. Plantas con virosis en cultivo de papa.....	109
Figura 55A. Incidencia de hongos (<i>Alternaria</i> sp.) por humedad relativa alta.	110
Figura 56A. Filtración de mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>) por aberturas en paredes de cultivo..	110
Figura 57A. Abertura en pared de Hall de salida.	111
Figura 58. Porcentaje de germinación de cactáceas en producción.....	115
Figura 59. Crecimiento promedio mensual de variedades de cactáceas.....	116

Figura 60. Porcentaje de mortalidad de cactáceas.....	117
Figura 61A. Toma de datos de cactáceas.	120
Figura 62. Ejemplificación de Fotografías en conjunto de las variedades.	126
Figura 63A. Algunas categorías de fruto.....	130
Figura 64A. Variabilidad de formas de hoja	131
Figura 65A. Corte de fruto para conteo de semillas	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de priorización de problemas	17
Tabla 2. Resultados de la priorización de problemas	19
Tabla 3. Nutrientes óptimos para el buen desarrollo de cactáceas	44
Tabla 4. Descripción de mezclas.	56
Tabla 5. Producto comercial soluciones por litro	57
Tabla 6. Tabla de toma de datos para variables de respuesta (altura, diámetro y biomasa del sistema radicular).....	59
Tabla 7. Promedio de crecimiento vertical del callo de cactáceas.	64
Tabla 8. Análisis de varianza para la variable altura de tallo de cactáceas.	65
Tabla 9. Prueba de medias de Tukey para la variable de altura de tallo por especie.	66
Tabla 10. Prueba de medias de Tukey para la variable altura con respecto a las mezclas	66
Tabla 11. Prueba de medias de Tukey para la interacción de Mezcla X Especie para la variable altura y categorización visual de calidad.	67
Tabla 12. Promedio de crecimiento en diámetro del tallo.	69
Tabla 13. Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo de cactáceas.	69
Tabla 14. Prueba de medias de Tukey para la variable diámetro de tallo por especie.	70
Tabla 15. Prueba de medias de Tukey para la variable diámetro con respecto a las mezclas.	70
Tabla 16. Prueba de medias de Tukey para la interacción de Mezcla X Especie.....	71
Tabla 17. Promedio de biomasa en sistema radicular de cactáceas.....	72
Tabla 18. Análisis de varianza para la producción de biomasa del sistema radicular.....	73
Tabla 19. Prueba de medias de Tukey para la variable biomasa radicular por especie.....	73
Tabla 20. Prueba de medias de Tukey para la variable biomasa del sistema radicular con respecto a las mezclas.	73
Tabla 21. Prueba de medias de Tukey para la interacción de Mezcla X Especie.....	74
Tabla 22. Beneficios brutos y netos.....	78
Tabla 23. Dominancia.....	78
Tabla 24. Retorno marginal.	78
Tabla 25. Tabla de resumen de rentabilidad por mezcla.	78
Tabla 26A. Costo de producción.	88
Tabla 27A. Modelo de tabla de recolección de datos para cactáceas en milímetros y gramos.	90

Tabla 28. Inspección de plásticos cobertores	97
Tabla 29. Inspección del sistema de riego	100
Tabla 30. Inspección de sistema calefacción	102
Tabla 31A. Formato de revisión de invernadero	106
Tabla 32. Listado de variedades	114
Tabla 33A. Formato de recolección de datos	120
Tabla 34. Listado de variedades	124
Tabla 35A. Evaluación de trabajo, variedades de tomate.....	132

RESUMEN GENERAL

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) dio inicio en el mes de febrero del año 2021, en la Finca HFT Seedservices S.A., ubicada en el departamento de Jalapa, aldea Potrero Carrillo. Para ello se elaboró un diagnóstico cuya finalidad fue establecer la situación en que se encontraba la finca. Esto sirvió para conocer puntos de mejora que afectan la producción de híbridos y cactáceas. Los servicios priorizados a través del análisis de datos del diagnóstico fueron: 1) apoyo de inspección de estructura física del sistema de producción; 2) optimización de información en germinación, crecimiento, mortalidad de cactáceas y 3) caracterización física de variedades de tomate.

HFT Seedservices S.A., es una empresa dedicada a la producción de semillas híbridas de tomate, chile, pepino y papa, además cuenta con un área recientemente establecida dedicada a la producción de especies de la familia cactaceae con fines de exportación, manejadas bajo condiciones controladas (invernaderos), que pasan por una serie de etapas hasta su empaque y exportación, estas son, etapa 1: germinación; etapa 2: crecimiento 1; etapa 3: crecimiento 2 y cosecha. Cada una de las etapas por las que pasan las plantas son manejadas bajo condiciones óptimas a fin de preparar y obtener el cultivo para la exportación.

Para HFT Seedservices S.A., es importante garantizar la calidad de cada una de las plantas en cada una de las etapas, siendo la etapa 2 “crecimiento 1” con una duración de cuatro meses. Dentro de esta etapa una de las prácticas más importantes es el manejo de la fertilización, esencial para garantizar la calidad de la planta a exportar, por ser un cultivo relativamente nuevo aún no existe una formulación exacta para la fertilización, por lo que se planteó una investigación donde se evaluaron tres distintas mezclas de fertilizantes, para conocer cuál de estas presentaría los mejores resultados en cuanto a calidad y costos.

La producción de cactáceas está dividida en dos grandes grupos, los cactus de tipo columnar y los cactus de tipo globular, con el fin de tener representatividad en ambos grupos de cactáceas, la evaluación se llevó a cabo en dos especies, *Cereus forbesii* C.F.Först, un cactus del tipo columnar y *Echinopsis subdenudata* Cárdenas, un cactus del tipo globular. Dichas mezclas fueron evaluadas bajo un arreglo bifactorial combinatorio con un diseño completamente al azar y fueron medidas tres variables de respuesta, altura de la planta, diámetro de la planta y el peso del sistema radicular.

En el análisis estadístico realizado para las diferentes variables de respuesta, se obtuvo que, en el caso de la altura en ambas especies de cactáceas, no existe diferencia significativa en ninguna de las mezclas aplicadas. Por el contrario, existe diferencia significativa en el crecimiento en diámetro y en producción de biomasa del sistema radicular presentando los mejores resultados las mezclas 1 y 3. En tanto al análisis económico se observó que la aplicación de la mezcla 1 desarrolló los mejores resultados en conjunto de un mayor margen utilitario.



CAPÍTULO I

Diagnóstico del área de invernaderos para la producción de cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y cactáceas (*Cactaceae*) en la empresa HFT Seedservices S.A., Potrero Carrillo, Jalapa.

1.1 Introducción

HFT es una empresa maquiladora de semillas híbridas con un historial de colaboración con empresas a nivel mundial. Exportando semillas con la certificación Good Seed and Plant Practices, que otorga valor agregado al producto. La empresa se encuentra en Potrero Carrillo, municipio y departamento de Jalapa. De forma general trata sobre la producción de semillas híbridas de hortalizas tales como chile (*Capsicum annuum* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y cactáceas (Cactaceae) de diferentes variedades. La finca cuenta con una extensión de 49.78 hectáreas. De la cual son utilizadas 8 hectáreas para ubicar edificios de oficinas e invernaderos de producción.

El proceso principal es la hibridación mediante la reproducción sexual, siendo necesaria dos líneas parentales puras por medio de la fecundación artificial. El resultado son semillas con alto potencial genético, que presentan caracteres dominantes de ambas líneas parentales (color, forma, sabor, tolerancia a plagas, resistencia a enfermedades, etc). La producción de híbridos se lleva a cabo dentro de invernaderos tecnificados (riegos por goteo automáticos, regulación de temperatura por medio de pantallas térmicas, calefacción, ventanas móviles que dan paso a la circulación del aire e inyección de CO₂ mediante la quema de combustible en calderas, todo esto se codifican en datos hacia al servidor central mediante sensores). Para asegurar dar los mejores valores de calidad cumpliendo con las normas de certificación GSPP (Good Seeds and Plant Practices que traducido al español significa Buenas Prácticas en Semillas y Plantas).

La empresa cuenta con diferentes áreas destinadas a procesos productivos específicos: área de semilleros, en la cual se realizan los procesos de formación de pilones y su trasplante a macetas; área de producción, donde establecen las plantas de macetas al suelo y se desarrollan en los invernaderos. área de fitosanidad, que provee el control de plagas de forma sistemática e integrada; área de riego y fertilización, estas áreas se encuentran unificadas debido a que las aplicaciones son realizadas bajo las condiciones de fertirriego; área de procesos, en el cual realizan la desinfección de la semilla, despulpado, secado y empaquetado para su exportación.

A través de la observación directa en campo en el proceso de ejercicio profesional supervisado, con entrevistas no estructuradas se obtuvieron datos los cuales se catalogaron, sintetizaron y priorizaron a problemas con el objeto de crear a través de planes viables y factibles, una posible solución sistemática a la problemática descrita: optimización de fertilización de cactus, apoyo en inspección de la estructura

del sistema invernadero, sistema de climatización y riego; poca información en la base de datos de la empresa de los rasgos físicos de algunas de las variedades de tomate y aumento de datos de crecimiento de cactáceas. Dando paso a la realización de los servicios e investigación de graduación.

1.2 Marco teórico

1.2.1 Marco conceptual

Según Luna, 2014, HFT (Health, Flexibility, Trust), Seedservices S.A es una empresa que se especializa en la producción de semillas de hortalizas bajo pedido a nivel mundial, cuenta con una organización tecnificada y tecnológicamente avanzada, en los cuales se incluye maquinaria dentro de los invernaderos que les permite controlar la humedad, mediante riegos por goteo, aspersión y nebulización; temperatura mediante pantallas térmicas, ventanas automáticas e inyección de CO₂ presente en el ambiente, esto permitiéndoles la producción sin importar la época del año y condiciones ambientales adversas. Manteniendo alta calidad, asegurando la genética de la semilla y la confidencialidad de los datos. HFT Seeds services contribuye a la creación de empleos especialmente al sexo femenino del área circundante a la empresa.

1.2.2 Marco referencial

- **Localización**

La empresa HFT Seed services S.A según Luna 2014, se encuentra ubicada en la aldea Potrero Carrillo, perteneciente al departamento de Jalapa, dentro de la república de Guatemala. Se ubica entre las coordenadas geográficas 14°44'39" Latitud Norte y 89°56'31" Longitud Oeste.

Figura 1.

Mapa de ubicación de HFT SEED SERVICES S.A

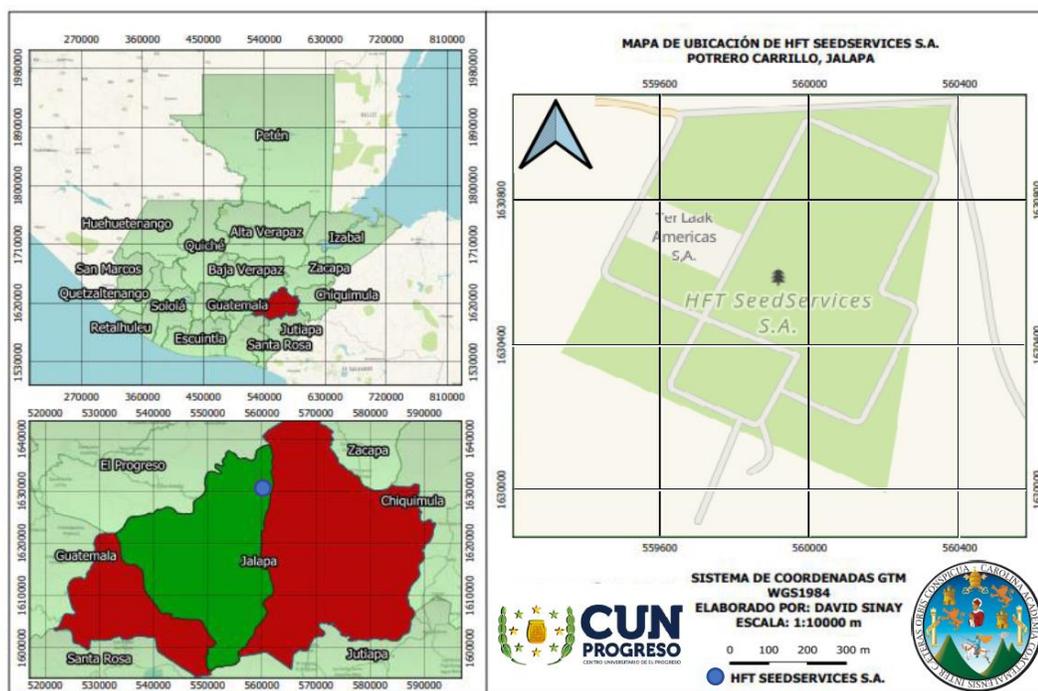
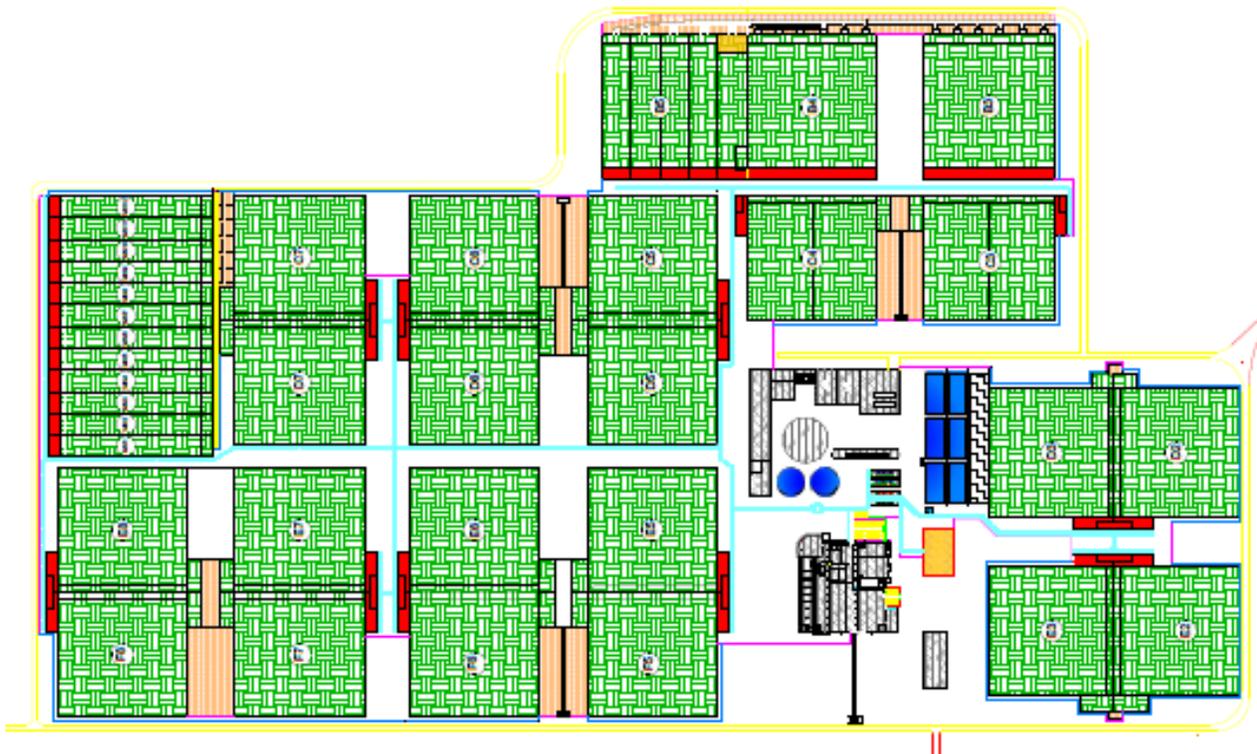


Figura 2.

Imagen Satelital HFT Seed Services S.A.

**Figura 3.**

Mapa de instalaciones HFT Seed Services S.A.



Fuente: HFT Seed Services S.A., 2021.

- **Extensión y límites**

Con un área aproximada de 49.78 hectáreas, de las cuales 3.8 hectáreas son las que se utilizan para los invernaderos y demás infraestructura, donde se desarrollan actividades de producción de semillas en condiciones controladas. La finca se encuentra limitada al sur con la Finca Cerro Alto y Finca Valle de pasiones, al oeste con la Finca Valle de Pasiones, al este con la finca avícola Villalobos y al norte con finca del Lic. Roberto Sánchez y Dr. Gustavo Camas (Luna, 2014).

- **Vías de acceso**

HFT Seeds Services S.A. se ubica a 107.8 Km desde la ciudad capital, tomando la carretera CA- 9 norte que se dirige al departamento de El Progreso, municipio de Sanarate, dirigirse al cruce del kilómetro 51, luego tomar la carretera RN-19, al llegar al kilómetro 91 se debe de tomar la carretera de terracería al lado izquierdo, que conduce hacia la aldea Potrero Carrillo, recorriendo 16.8 Km para llegar a la finca.

- **Zona de vida**

La empresa HFT se encuentra en una zona de vida llamada Bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT), que se encuentra a una altitud promedio de 2150 m.s.n.m en su punto más bajo y 3207 m.s.n.m en su punto más alto. En esta clase de ecosistema se presenta precipitación pluvial anual aproximada de 900 a 2000 mm anuales, los valores de temperatura promedio anual se encuentran entre 10° y 18° Celsius. La vegetación predominante es el bosque de coníferas (Pérez *et al.*, 2018).

- **Flora y fauna**

La especie más común es el pino, localizándose también algunas especies de roble. En las zonas más altas se pueden observar cipreses y liquidámbar. Según Simmons *et al.*, (1959), toda el área de Jalapa estuvo bajo un bosque denso, debido a la explotación maderera el cual con el paso del tiempo esta cobertura forestal se ha reducido considerablemente. El área de la finca de HFT Seedservices S.A., se encuentra una alta diversidad de fauna conformada por: venados, conejos, ratones, tacuazines, zorrillos, mapaches, armadillos, puercoespines, tepezcuintles, coyotes, coches de monte, comadrejas, gatos de monte, tejones, colibríes, gorriones, canarios, perlichillos, chorlas, currucas, guarda barrancas, jilgueros, curruchiches, sharas, shistios, loros, pericos, pijuyes, cuervos, chorchas, cabras, patos, pijijes, gansos, gallos, gallinas, pavos, coquechas, codornices, palomas de castilla, calenturas, tortolitas, golondrinas, caballos, asnos, mulas, vacas, bueyes, cabras, carneros, cerdos,

perros, gatos, conejos de castilla, tortugas, lagartijas, cutetes, iguanas y garrobos, que con el paso del tiempo ha ido disminuyendo o desapareciendo (Ministerio de economía, Guatemala, 2017).

- **Suelo**

En la empresa es de vital importancia los suelos para la producción agrícola de tipo temporal para las actividades económicas. Los suelos están compuestos por ceniza volcánica cementada, color claro y relieve casi plano, teniendo un drenaje interno malo, la textura es generalmente franco limosa y el subsuelo con textura franco arcillosa (Simmons, Tárano y Pinto, 1959).

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- Diagnosticar y analizar la problemática en las áreas productivas de invernaderos, tomate (*Solanum lycopersicum*) y cactáceas (Cactaceae).

1.3.2 Específicos

- Identificar estructuras y materiales utilizados, en el sistema invernadero y en el sistema de climatización.
- Describir el proceso de producción del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) para la obtención de semilla híbrida.
- Describir el proceso de producción de cactáceas (Cactaceae) para identificar posibles actividades que puedan ser optimizadas.
- Propiciar a través del diagnóstico la realización de servicios técnicos y proyecto de investigación que se traduzcan en beneficio, desde la perspectiva de optimización de los procesos productivos en las áreas de invernaderos, producción de tomate y cactáceas.

1.4 Metodología

Las áreas utilizadas para la elaboración del diagnóstico fueron los invernaderos tomate (*Solanum lycopersicum L.*), chile (*Capsicum annuum; L.*) y cactus (Cactaceae) puesto que fueron las áreas asignadas. La metodología ejecutada para elaborar el diagnóstico en la empresa HFT Seeds Services S.A. en la aldea Potrero Carrillo es la siguiente:

1.4.1 Material y equipo

El material empleado para la elaboración de la fase de campo consistió en: Libreta de campo, lápiz, borrador, sacapuntas, teléfono celular y computadora.

Fase de campo: Se trató de la aplicación de las herramientas empleadas para la obtención de información para luego su traslado a una base de datos digital. Efectuada de la siguiente manera: observación, caminata en la empresa, entrevista a empleados, supervisores y finalmente procediendo a la categorización de la información obtenida, realizado en conjunto con el análisis.

1.4.2 Observación y caminata en la empresa

Se realizó un recorrido con la ayuda del personal de la empresa (encargado de producción) en la zona de invernaderos y personal administrativo (encargado de procesos) en el área de oficinas, con el objeto de tener una perspectiva clara de la estructuración de la empresa, detallando la ubicación de los invernaderos, función de cada departamento al que se asistió y las vías de comunicación. Realizando apuntes de las observaciones más relevantes y tomando fotografías en tanto fuese permitido.

1.4.3 Entrevista no estructurada

Es un proceso que con ayuda de herramientas se utilizó con los supervisores de los invernaderos de forma individual, ubicándolos en sus zonas de trabajo, para poder recolectar información. Y así se pudo conocer mejor el entorno en el que se desenvuelven, sus funciones y se determinaron algunas de las necesidades que presentan.

1.4.4 Matriz de priorización de problemas

Técnica que se realizó antes de emplear el árbol de problemas, definiendo la priorización de forma subjetiva de las necesidades o problemas localizados en la empresa. De forma que se aplicó un porcentaje de solución que se le pueda otorgar a cada necesidad o problema.

Figura 4.

Ejemplo de matriz de priorización de problemas

Problema	Agua	Escaleras	Viviendas	Energía	Aseo	Contaminación	Desempleo
Agua		Agua	Agua	Agua	Agua	Agua	Agua
Escaleras			Viviendas	Energía	Escaleras	Escaleras	Escaleras
Viviendas				Viviendas	Viviendas	Viviendas	Viviendas
Energía					Aseo	Áseo	Aseo
Aseo						Aseo	Desempleo
Contaminación							Desempleo
Desempleo							

1.4.5 Árbol de problemas

Herramienta que fue utilizada para determinar en los problemas priorizados, mediante los resultados obtenidos de los métodos anteriormente empleados, las carencias, deficiencias o necesidades con las que cuenta la empresa que necesiten ser atendidas.

Figura 5.

Ejemplo de árbol de problemas



1.4.6 Fase de gabinete

Fase en la cual se consolidó la información obtenida de medios analíticos empleados anteriormente, siendo esta en base al clima, suelos, zona de vida, etc. Se procedió a recolectar información de los procesos productivos del cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L.) y cactáceas (Fam. Cactaceae) de diferentes variedades, igualmente se recolectó la información acerca de las estructuras en las que se desarrollan los cultivos. Se procedió a realizar el análisis de la información para posteriormente categorizarla.

1.5 Resultados

1.5.1 Estructuras y materiales utilizados, en el sistema invernadero y climatización

HFT Seed Services S.A., cuenta con área de oficinas y parqueo de vehículos, posee 20 invernaderos con dimensiones aproximadas a 55 metros de largo por 57.6 metros de ancho con un área total de 3,168 metros cuadrados, que a su vez se subdivide en 6 naves de 9.6 metros de ancho por 55 metros de largo, cada una de estas naves posee aproximadamente 528 metros cuadrados de área. Existen dos reservorios y un pozo artificial, utilizados para el abastecimiento de agua potable para las actividades productivas de la empresa.

Estos materiales, importados de España son comprados en la empresa Asthor, siendo el modelo de invernadero gótico tanto para climas cálidos como fríos, cuenta con ventanas dobles que proporciona mayor volumen de aire, por ello presenta mejor ventilación, mejor luminosidad y mejores condiciones en general, que permite adaptarlos a mayor producción y mejor uniformidad de los cultivos.

- **Materiales de construcción de los invernaderos**
 - Hierro galvanizado (vigas y pilares base que sostienen la estructura completa) comprados a la medida según el tipo de cultivo que se desea establecer.
 - Plástico blanco lechoso (techo de las cabinas y del área de candado verde).
 - Plástico de techo celloclyn deja pasar un 75 de luz y 25 disuelve la luz, es tecnología de luz difusa hacia dentro de los invernaderos (cobertura del área verde sostenida por las vigas y parales de hierro galvanizado) teniendo el estilo gótico.
 - Mallas anti trips en las ventanas con mesh 13.31
 - Muro de bloques base alrededor del invernadero con 10 cm de ancho que sostiene los parales de hierro galvanizado.
 - Plástico térmico solar woven alrededor de las paredes del invernadero formando una burbuja que contienen y mantiene la temperatura.
 - Tela tejida como cobertura del suelo color negro tipo liner
 - En medio de la canoa tiene un tubo de drenaje resistente al calor.
 - Pantalla térmica que depende si es para sombra o aumentar temperatura cambiando el tejido (a lo que se le denomina código de la pantalla).
 - Sensores de temperatura, humedad y CO₂.
 - Riego (válvulas madre bajo control de solenoide, cuenta con 4 válvulas por invernadero) y climatización (inyección de CO₂, ventilación y calefacción, cuenta con quemadores de azufre,

ventiladores verticales para homogeneizar el clima, inyección CO₂ con mangueras de plástico con pequeños agujeros en línea con el cultivo para liberarlo y tubos multipropósito de hierro negro de 51 mm para circulación de agua a altas temperaturas con objeto de mantener una temperatura óptima en horas frías) automatizados.

- Dos clases de mangueras de goteros autocompensados y de pvc con inserción para goteros (figura 10A).
- Dos calderas a base de gas LPG, gas licuado del petróleo una de vapor y una de calefacción con dos tanques de 400 metros cúbicos y otro de 1000 metros cúbicos.
- No se usa sustrato en su totalidad, sino una mezcla del suelo y peat moss.
- Hidrolavadoras industriales de alta presión para limpiar los invernaderos.
- Bombas de fumigación, eléctricas y manuales.
- Bombas que alimenta a cuatro invernaderos para enviar presión a los aguilonos.
- Proceso cuarto frio para almacenar semillas
- Máquina centrifugadora para sacarle exceso de agua en semillas.
- Dos secadoras de semilla y horno para desinfección de semillas.
- Procesadora de semillas para tomates, chile y pepino.
- Dos tractores agrícolas
- Un taller de soldadura y uno de carpintería.
- **Procesos de mantenimiento y riego de invernaderos**
 - Se limpia el invernadero con jabón ácido y alcalino al lavarlos prosiguiendo con pullover para desinfectar el ambiente.
 - El suelo se desinfecta a vapor a una regla de 3x60 (60 cm de profundidad por 60 minutos por encima de los 60° Celsius).
 - Drenajes conectados a cajas centrales a los invernaderos y luego se cosecha a una laguna artificial que pasa por una planta de tratado de aguas residuales.
 - Pozo a 360 pies de profundidad con bomba 280 pies de 10 HP con caudal de 90 galones por minuto se almacena en silos, luego tratamiento UV, se almacena nuevamente, se envía a invernaderos inyectándose cloro y ácido.
 - Cosecha el agua en zona de multinaves donde se almacena en reservorio para riego de otros cultivos.

- **Factores de riesgo**

Dentro de la certificación se contemplan los factores de riesgo que son aquellos que pueden ocasionar la movilización de *Clavibacter michiganensis* var *michiganensis* hacia los centros de producción.

- Material a propagar: este debe estar analizado por laboratorios autorizados por GSPP para su reproducción.
- Materiales de producción: deben estar desinfectados antes de su utilización en el área de producción debido al riesgo de portar el organismo *C. michiganensis* var *michiganensis*.
- Agua: Debido a la resistencia y forma de propagación del organismo nocivo se debe tratar el agua mediante procesos químicos (desinfección a través del tratamiento con cloro recomendado por la certificación) y físicos para evitar su transporte a través de esta (desinfección de agua mediante rayos ultravioleta).
- Personal: el personal se debe desinfectar antes de entrar a las zonas de producción mediante limpieza con jabón, alcohol y ropa proporcionada por la entidad productora.

Dentro de la certificación GSPP específica que se deben manejar algunas zonas de control:

- El área roja es donde no se posee control y se encuentra separada del área verde y amarilla mediante un denominado candado rojo. GSPP asume que el organismo *C. michiganensis* var *michiganensis*, puede estar presente en el área. Esta área esta designada a proveer acceso a los factores de riesgo (material de propagación, agua, personal y materiales, incluido el equipamiento) hacia las áreas amarilla y verde después de la suficiente desinfección y/o un análisis indicando la suficiente disminución de la contaminación del organismo nocivo. El riesgo de contaminación entre las áreas es minimizado por el llamado candado rojo, que trata acerca de las limitaciones visibles, lógicas, identificables y controlables de desinfección.
- El área amarilla es la parte de la producción situada junto al área del candado rojo que es la zona donde todas las medidas de higiene son estrictas, es separada del área verde por el llamado candado verde.

El área verde es el único lugar donde los cultivos pueden desarrollarse. Su separación con el área amarilla puede ser física o no física. Es física cuando algún análisis muestra algún factor potencial de contaminación o contaminación cruzada. Los protocolos deben estar escritos esto con el fin de reducir el riesgo de contaminación (Good Seed and Plant Practices, 2019). El candado verde también en este caso se le denomina zona de control o área de control.

1.5.2 Proceso de producción de tomate (*S. lycopersicum*)

Etapa 1: proceso de siembra de semillas en bandejas con sustrato (peat moss) en el área de Nursery, se coloca en un horno con temperatura y humedad controladas durante 8 días hasta finalizar el proceso de germinación. Luego inicia con el proceso de selección de la plántula según su vigorosidad

Etapa 2: luego de la selección de las plántulas, se trasplantan a macetas de un litro con más sustrato hasta llegar a una edad de 18 a 22 días dependiendo de la variedad.

Etapa 3: al finalizar el tiempo requerido en el nursery se transportan al invernadero al cual será establecido el cultivo (figura 11A).

Etapa 4: al llegar el cultivo al invernadero se procede con etiquetado y lectura de PLD (caracterización de rasgos físico de las variedades de tomate que nos indican que no habrá ninguna equivocación en semillas, y nos da información acerca de la variedad, sin embargo, algunas por ser primer plantado no se cuentan con la información por lo que se procede a realizarla). Al estar establecido el cultivo se inicia el proceso de polinización artificial (figura 16A y figura 15A) y podas haciendo estimaciones (estimaciones nos indican cuánto fruto necesitaremos, pero en algunas variedades nuevas no se cuentan con cosechas por lo que se inicia con los procesos de recolección de datos) hasta el tiempo necesario para llenar el requerimiento de semillas por el cliente.

Etapa 5: al tener las flores polinizadas, emasculadas y realizadas las estimaciones se cosecha con la cantidad requerida por el cliente, se remueve el meristemo apical para evitar sobreproducción de frutos.

Etapa 6: al iniciar las cosechas se pasan al área de procesos en la cual despulpan el fruto del cultivo dejando la semilla desnuda, se realizan los procesos de lavado y desinfección, se centrifuga, por último, se coloca en cilindros de un horno de secado para su almacenamiento, al tiempo empaquetado y exportación.

1.5.3 Proceso de producción de cactáceas

Etapa 1: se inicia con el proceso de semilleros en bandejas llamadas croissant, la cantidad de semillas establecidas varían dependiendo de las variedades (250 a 500 semillas por bandeja). Se colocan en una cámara con el 100% de humedad, aproximadamente 10 días para germinar y fluctúa el tiempo dependiendo de la variedad.

Etapa 2: al estar germinada la semilla se procede a la aclimatación de los germinados destapando por fases la cámara húmeda este proceso dura de 3 a 6 meses luego se inicia el proceso de trasplante 1.

Etapa 3: En el trasplante 1 se pasan a bandejas de 286 a 160, se mantienen de 3 a 5 meses de los cuales

se prosigue del inicio con las aplicaciones de fertirriego/riego (receta de tomate) manual aproximadamente 2 veces al día, y cada dos meses se realiza emparejamiento de las bandejas que consta de selección de los especímenes por tamaños.

Etapa 4: al alcanzar un tamaño y diámetro establecidos luego de los 3 a 5 meses se inicia el proceso de trasplante 2 a bandejas de 104 a 85 hasta que alcanzan el tamaño comercial de 3 a 4 meses.

Etapa 5: Al alcanzar el tamaño comercial se inicia el proceso de cosecha de bandejas, en la cual se les quita la zona radicular y se colocan en una secadora de aire con humedad y temperatura controladas para crear el callo radicular y estimular la desdiferenciación del tallo a nuevamente el crecimiento del meristemo radicular (el tiempo de secado depende de la variedad y del clima dentro del invernadero) esto es necesario para el proceso de exportación.

Etapa 6: al terminar el proceso de secado se inicia con el empaquetado para su exportación.

Etapas extras: de forma general se realizan supervisiones de mortandad de cactus en la fase de germinación, trasplante 1 y trasplante 2 con objeto de determinar el inventario actual de las bandejas (que se necesita realizar de forma más constante), así mismo se buscan incidencias de plagas (díptero: *Fungus gnats* que se reproduce y alimenta del sistema radicular de cactáceas).

Se posee un inventario de 42 variedades de cactáceas y suculentas de las cuales 22 son las utilizadas para la exportación.

1.5.4 Información HFT Seedservices S.A.

- **Recursos Humanos**

Para dar inicio a las actividades de recolección de datos, el gerente general Ing. Agr. Fred Luna y gerente de recursos humanos Ing. Agr. Mayra de Luna asignaron al gerente de producción Gerson Girón como supervisor de las actividades que se realizan en la empresa, de igual forma en conjunto con los encargados de las demás áreas se dio a conocer los procesos que cada uno mantiene coordinado.

- Gerente general: encargado de la supervisión de los diferentes departamentos y áreas de la planta.
- Encargado de ventas: procesos y operaciones: realización de la planificación de la producción, selección de material de producción, contacto con clientes y encargado de la supervisión. En el área de procesos específicamente se asegura la calidad, limpieza y pureza de las semillas.

- Encargado de Nursery (semilleros): supervisión del buen funcionamiento de los procesos de siembra, riego, selección de plántulas, poda y trasplante a macetas que comprende las dos primeras fases de producción: germinación y crecimiento hasta los primeros brotes de flor.
- Encargado de producción: supervisión de siembra, tutoro, poda, emasculación, polinización y cosecha, llevando la materia prima final al departamento de procesos.
- Personal de recursos humanos: encargados de la administración de personal de campo y oficina. Velan por el bienestar común (mantener comunicación eficiente con los empleados, resolución de conflictos reales, disipación de conflictos imaginarios e inventados) dentro de la empresa.
- Encargado de protección vegetal: supervisión del buen funcionamiento del equipo de fumigación, planificación de las diferentes aplicaciones, administración de la bodega de insumos y supervisión de personal.
- Encargados de climatización, riego y fertilización: supervisión del buen funcionamiento del equipo de riego siendo estos goteo, nebulización, equipo de aplicación de CO₂ y correcta aplicación de fertilizante en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo.
- Encargados de finanzas: llevan el control contable de los movimientos financieros de la empresa.

- **Principios y objetivos empresariales.**

H.F.T. hace referencia a tres palabras en inglés: Health, Flexibility & Trust. Cada una posee significado que hace referencia a que la producción será de calidad, libre de patógenos, libre de impurezas, tendrá capacidad para producir durante todo el año y el anonimato de los materiales genéticos que se utilicen para la producción por cliente.

- **Seguridad y bioseguridad**

La empresa cuenta con guardias de seguridad que ayudan al ingreso y egreso de los empleados, a su vez asegurándose que no salga ningún tipo de material vegetal fuera de la finca. En tanto a la bioseguridad el protocolo posee un alto nivel de higiene con la finalidad de dar protección al material vegetal del contacto hacia patógenos que pueda ser movilizado por el personal.

La empresa cuenta con la certificación GSPP (Good Seeds and Plant Practices traducido significa buenas prácticas en semillas y plantas) que implica desde la producción hasta la comercialización de la misma (incluye los procesos de purificación y control de calidad), a su vez se exige una trazabilidad clara y que la zona de trabajo de producción cumplan con los requerimientos estrictos de la certificación. Dentro de las exigencias se encuentran: desarrollo, implementación, mantenimiento de

sistemas de gestión de calidad y que aumente de forma significativa la eficiencia de los procesos.

Se detallan los procedimientos en el cuales se describen las medidas y procesos que se proveen al cultivo como el aislamiento de las plantas al ambiente, gestión de factores de riesgo, monitoreos constantes, incluidos los procesos posteriores que se aplican a las semillas. Así mismo, se asegura el correcto seguimiento y capacitación del personal de forma regular con el objetivo de crear mentalidad preventiva, definiendo procesos de emergencia ante la aparición de patógenos (Semillas Fitó S.A., 2019).

- **Energía eléctrica**

La empresa cuenta con energía eléctrica proporcionada por DEORSA. Así mismo cuenta con tres generadores de electricidad con motor diésel. La energía alimenta los sistemas internos del cultivo además mantiene las calderas en función y el sistema de calefacción que se aprovecha de igual forma de las reacciones que liberan CO₂ y se inyectan en los invernaderos.

- **Trasporte**

Debido a la necesidad de la empresa del requerimiento de personal, se brinda el servicio de transporte específicos hacia la empresa, pagado por los usuarios que hacen uso del mismo, la cantidad de personas que se mueven dependerá de las épocas de producción y demanda del personal. Se manejan listados de pago quincenal o mensual para llevar el control de la cancelación del servicio. Así mismo muchas personas cuentan con su propio forma transporte: motocicletas, bicicletas, carros y caminata.

- **Telecomunicaciones**

Dentro de las buenas prácticas de semillas y plantas se verifica que no se utilicen teléfonos/celulares dentro de las instalaciones, con el objeto de evitar propagación de enfermedades dentro de los invernaderos. Cabe destacar que la empresa cuenta con línea dentro de las instalaciones, por si familiares desean comunicarse con algún empleado por algún motivo particular. Cada uno de los encargados cuenta con su propio equipo de cómputo que le provee la empresa, siendo esta indispensable para el análisis de la información, obtenida a través de los sensores situados en los invernaderos.

- **Problemática**

El análisis de la problemática permite determinar las causas que la originan. este análisis se realiza bajo la consideración de que los procedimientos necesitan ser evaluados, restaurados, eliminados o sustituidos por otros más eficientes, viables y económicamente rentables. Después de identificar y validar los problemas, resulta crucial que, en la perspectiva de su solución, éste sea entendido

correctamente, lo que implica la identificación, comprensión de sus causas y efectos más relevantes. dentro de la problemática detectada se pueden mencionar: “optimización de comunicación en encargadas de producción y área de fitosanidad, amplificación de datos de germinación de cactáceas, instrucción a nuevas trabajadoras, inspección de sistema invernadero (equipo de riego, equipo de climatización y materiales de invernadero), aumento de datos de crecimiento de cactáceas, aumento de información en la base de datos de la empresa de los rasgos físicos de las variedades de tomate y optimización de fertilización de cactus para acelerar su crecimiento”.

- **Matriz de priorización de problemas**

Tabla 1.

Matriz de priorización de problemas

Categorización	Optimización de comunicación en encargadas de producción y área de fitosanidad	Instrucción a nuevas trabajadoras	Inspección de la estructura del sistema invernadero y sistemas de climatización y riego.	Aumento de datos de crecimiento de cactáceas	Falta de información en la base de datos de la empresa de los rasgos físicos de algunas variedades de tomate	Optimización de fertilización de cactus para acelerar su crecimiento
Optimización de comunicación en encargadas de producción y área de fitosanidad	Optimización de comunicación en encargadas de producción y área de fitosanidad	Instrucción a nuevas trabajadoras	Inspección de la estructura del sistema invernadero y sistemas de climatización y riego.	Aumento de datos de crecimiento de cactáceas	Falta de información en la base de datos de la empresa de los rasgos físicos de algunas variedades de tomate.	Optimización de fertilización de cactus para acelerar su crecimiento
Instrucción a nuevas trabajadoras		Instrucción a nuevas trabajadoras	Inspección de la estructura del sistema invernadero y	Aumento de datos de crecimiento de cactáceas	Falta de información en la base de datos de la	Optimización de fertilización de cactus para

	sistemas de climatización y riego.		empresa de los rasgos físicos de algunas variedades de tomate.	acelerar su crecimiento
Inspección de la estructura del sistema invernadero y sistemas de climatización y riego.	Inspección de la estructura del sistema invernadero y sistemas de climatización y riego.	Inspección de la estructura del sistema invernadero y sistemas de climatización y riego.	Falta de información en la base de datos de la empresa de los rasgos físicos de algunas variedades de tomate.	Optimización de fertilización de cactus para acelerar su crecimiento
Aumento de datos de crecimiento de cactáceas		Aumento de datos de crecimiento de cactáceas	Falta de información en la base de datos de la empresa de los rasgos físicos de algunas variedades de tomate	Optimización de fertilización de cactus para acelerar su crecimiento
Falta de información en la base de datos de la empresa de los caracteres de las variedades de tomate			Falta de información en la base de datos de la empresa de los rasgos físicos de algunas variedades de tomate	Optimización de fertilización de cactus para acelerar su crecimiento

Optimización de fertilización de cactus para acelerar su crecimiento	Optimización de fertilización de cactus para acelerar su crecimiento
--	--

Nota: En base a la herramienta utilizada las casillas de los márgenes superior e izquierdo representan los problemas que posee la empresa, los demás cuadros representan la opinión subjetiva del autor comparando las categorías y así crear una jerarquización de los problemas existentes.

- **Resultados de la priorización**

Clasificación:

Tabla 2.

Resultados de la priorización de problemas

Optimización de comunicación en encargadas de producción y área de fitosanidad	Instrucción a nuevas trabajadoras	Aumento de datos de crecimiento de cactáceas	Falta de información en la base de datos de la empresa de los rasgos físicos de algunas variedades de tomate	Falta de inspección de sistema invernadero (equipo de riego, climatización y materiales de invernadero)	Optimización de fertilización de cactus para acelerar su crecimiento
1	2	3	4	5	6

Nota: En base a la categorización anterior se obtienen casillas con la jerarquización según la comparación de los problemas, que se transforman a números reales que representan la importancia del problema siendo el menos importante el número más bajo y el más importante el número más alto.

- **Árbol de problemas**

Investigación

Figura 6.

Árbol de problema para planteó de investigación

Efectos	Bajo rendimiento	Pérdidas económicas	Pérdidas en materia prima
Problema	Optimización de fertilización de cactus.		
Causas	Desconocimiento de las necesidades nutricionales de cactáceas.	Utilización del espacio de invernadero por largos intervalos de tiempo	Aplicaciones con fertilizantes asociados a otros cultivos

Servicios

Figura 7.

Árbol de problema para planteó de servicio I

Efectos	Pérdidas económicas por contaminación del cultivo	Pérdidas económicas por destrucción/deterioro de equipo de trabajo en los invernaderos	Descalificación del certificado GSPP
Problema	Apoyo en inspección de la estructura del sistema invernadero, sistemas de climatización y riego.		
Causas	Poco personal de inspección	Personal trabajador del cultivo le presta poca atención a la estructura de los invernaderos	Personal que destruye de forma no intencionada equipo o material del invernadero.

Figura 8.

Árbol de problema para planteó de servicio II

Efectos	Equivocación en la hibridación de variedades	Desconocimiento de los rasgos físicos normales en la variedad.	Probable mal manejo de algunas variedades.
Problema	Poca información en la base de datos de la empresa de los rasgos físicos de algunas de las variedades de tomate.		
Causas	Falta de tiempo de personal para caracterizar las variedades	No existe personal específico que realice las caracterizaciones	Algunas variedades requieren cuidados especiales.

Figura 9.

Árbol de problema para planteó de servicio III

Efectos	Pérdidas económicas por utilización de invernadero, mayor tiempo del requerido.	Deficiente planificación de aplicaciones	Pérdida económica por aplicaciones deficientes.
Problema		Aumento de datos de crecimiento de cactáceas	
Causas	Falta de personal de toma de datos	Planificación mal detallada en cuanto a tiempo de venta comercial	Inventarios de venta desactualizados

1.6 Conclusiones

- Un invernadero está compuesto por diferentes materiales de cobertura en el área de la llamada zona verde, materiales de construcción de las cabinas de salida y entrada (hall de salida y hall de entrada), la cobertura utilizada en el suelo para evitar el traspaso de malezas y enfermedades, las bases de block y cemento que sostienen las vigas. Parales de hierro galvanizado, los sistemas de climatización cuentan con inyección de CO₂, calefacción en tuberías de hierro negro, ventiladores verticales que mantiene el microclima superior e inferior de la planta en condiciones similares, sistema de riego que consta de tubería de PVC con inserción de goteros o manguera con goteros incluidos que todos estos materiales son propensos a sufrir daños por deterioro de tiempo, por utilización o por accidentes no intencionados por parte de los trabajadores.
- El proceso de producción de tomate (*S. lycopersicum* L.) consta de su desarrollo en el área de nursery hasta cumplir de 18 a 22 días, luego al establecimiento en el invernadero, se realizan las labores de polinización artificial y podas; así finalmente cosechar el material requerido (semillas pesadas desde gramos hasta kilogramos) por el cliente, siendo en algunas ocasiones variedades de tomate nuevas por lo que hacen falta información de los rasgos físicos y de cosecha.
- El proceso de producción de cactáceas se inicia desde su siembra en bandejas, pasa por cámara húmeda, al pasar el tiempo necesario y alcanzar un tamaño adecuado se realiza el primer trasplante en el cual se inician los procesos de fertilización, al alcanzar nuevamente el tamaño adecuado se realiza un nuevo trasplante para que alcance el tamaño comercial, se empaquetan y se envían a exportación.
- La problemática identificada fue optimización de comunicación en encargadas de producción y área de fitosanidad, amplificación de datos de germinación de cactáceas, instrucción a nuevas trabajadoras, colaborar con inspección de sistema invernadero (equipo de riego, equipo de climatización y materiales de invernadero), aumento de datos de crecimiento de cactáceas, falta de información en la base de datos de la empresa de los rasgos físicos de algunas variedades de tomate y mejoramiento de fertilización de cactus para acelerar su crecimiento.

1.7 Recomendaciones

- Seguir realizando recorridos de manera frecuente en búsqueda de daños o deterioros en las estructuras del sistema invernadero verificando el buen estado y funcionamiento (plástico de recubrimiento del invernadero), así mismo de los sistemas de climatización (inyección de CO₂ con tubos de plástico que recorren todo el invernadero y ventilación, con ventiladores verticales que regulan el microclima, inferior y superior que homogenizan el área) y riego (con el sistema por goteo de 2 tipos: PVC y manguetas autocompensadas).
- Realizar caracterización de los rasgos físicos de las variedades de tomate (*S. lycopersicum*) con el objeto de dar un mejor manejo y mayor control a los procesos productivos, manteniendo la base de datos actualizada, obteniendo y aumentando los datos de las variedades presentes.
- Realizar evaluación de datos de crecimiento de las variedades de cactáceas en el invernadero que ayuden a realizar una mejor programación en cuanto a las proyecciones de venta comercial, a la planificación de las aplicaciones de insumos y siembras realizadas.
- Investigar acerca de las necesidades nutricionales de cactáceas para evitar pérdidas económicas en aplicaciones innecesarias, reduciendo costos de producción haciendo más rentable el cultivo, aprovechando de mejor manera los materiales y espacio disponibles en la zona de producción.

1.8 Referencia

- Good Seed and Plant Practices. (2019). *GSPP Standard for tomato seed and young plant production sites*. Holanda: Good Seed and Plant Practices. Obtenido de https://www.gspp.eu/images/documents/I-18-3190_GSPP_Standard_V32_Final_2018-11-20_including_date_of_validity.pdf
- Luna, M. (2014). *Proceso De Extracción Y Beneficiado De Semilla Híbrida De Chile Pimiento*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2795/1/TESIS%20MAYRA%20RENEE%20VEGA%20>
- Ministerio de economía, Guatemala. (2017). *Perfil departamental Jalapa*. Guatemala: Ministerio de economía, Guatemala. Obtenido de <http://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/jalapa.pdf>
- Pérez, G., Rosito, J., Maas, R., & Gándara, G. (2018). *Ecosistemas de Guatemala basado en el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar. Obtenido de <http://www.infoiarna.org.gt/wp-content/uploads/2019/02/Ecosistemas-de-Guatemala-final.pdf>
- Semillas Fitó S.A. (2019). *Memorial Anual*. Barcelona: EL GRUPO PHF, S.L. Obtenido de <https://www.semillasfito.com/media/5960/memoria-anual-2019-v8.pdf>
- Simmons, C., Tárano, J., & Pinto, J. (1959). *Clasificación y reconocimiento de los suelos de la r e pública de Guatemala*. Guatemala: Instituto Agropecuario Nacional.

1.9 Anexos

Figura 10A.

Sistema de calefacción y sistema de riego.



Figura 12A.

Tutoreo de cultivo



Figura 11A.

Técnica de plantado



Figura 13A.

Sellado de cultivo



Figura 14A.

Candado verde o zona de control.

**Figura 16A.**

Extracción de anteras (emasculación).

**Figura 15A.**

Extracción de polen cultivo de tomate.

**Figura 17A.**

Variedad de tomate con rasgo determinado.



Figura 18A.

Variedad de tomate con fisiopatía de blossom común.

**Figura 19A.**

Variedad de tomate indeterminado tipo cherrie.

**Figura 20A.**

Variedad de tomate con hendiduras comunes en la variedad tipo rustock.

**Figura 21A.**

Variedad de tomate con amarillamiento en las hojas, rasgo común tomate tipo cherrie.



Figura 22A.

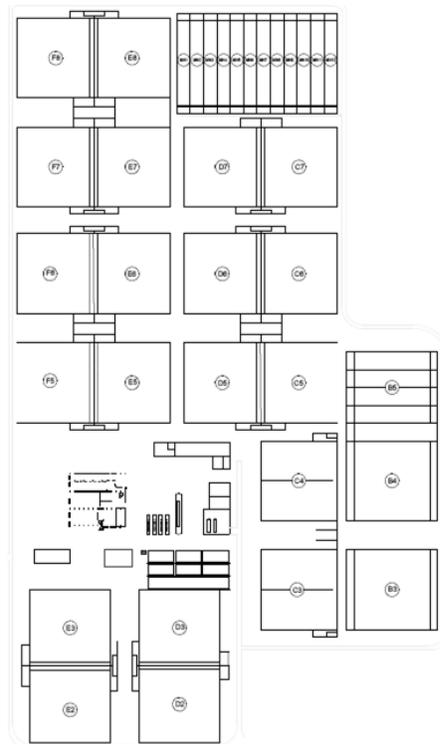
Agujero en plástico celloclin (cobertura principal).

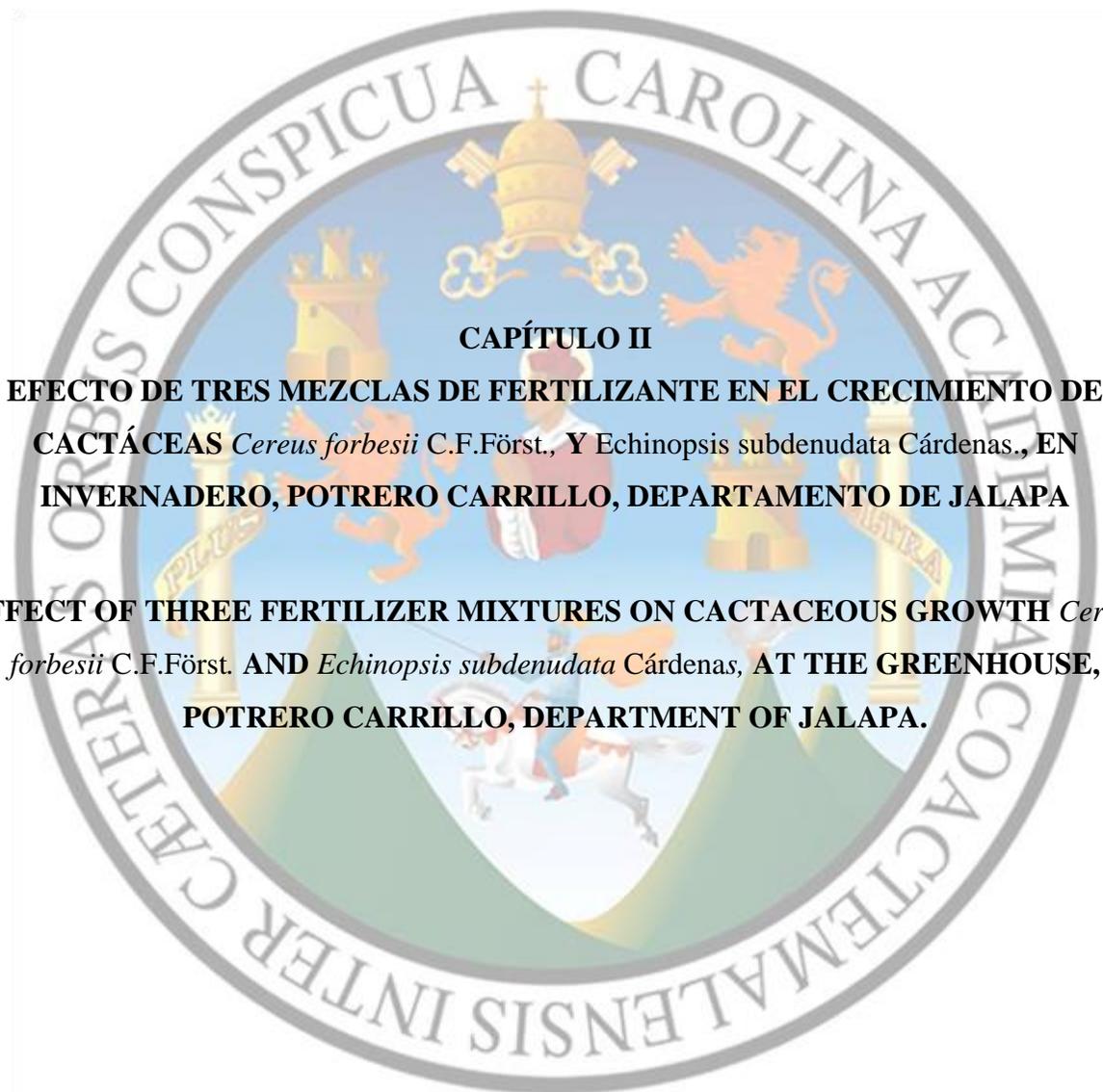
**Figura 23A.**

Rotura en pantalla térmica (regulador de temperatura y sombra).

**Figura 24A.**

Croquis de reconocimiento del área de HFT.





CAPÍTULO II

EFFECTO DE TRES MEZCLAS DE FERTILIZANTE EN EL CRECIMIENTO DE CACTÁCEAS *Cereus forbesii* C.F.Först., Y *Echinopsis subdenudata* Cárdenas., EN INVERNADERO, POTRERO CARRILLO, DEPARTAMENTO DE JALAPA

EFFECT OF THREE FERTILIZER MIXTURES ON CACTACEOUS GROWTH *Cereus forbesii* C.F.Först. AND *Echinopsis subdenudata* Cárdenas, AT THE GREENHOUSE, POTRERO CARRILLO, DEPARTMENT OF JALAPA.

2.1 Introducción

La familia Cactaceae (Caryophyllales, Eudicotyledoneae), es un grupo de plantas conocidas por sus características de adaptación a los ambientes áridos. La familia es notable debido a la evolución adaptativa de la succulencia extrema en la mayoría de sus miembros, su presencia es notable en las regiones secas del continente americano destacando la diversidad de formas y tipos de crecimiento. Una de las características de esta familia desde del punto de vista agronómico, es que varias de sus especies se comercializan como plantas ornamentales a escala mundial, siendo el caso de la empresa HFT Seedservices, S.A., quienes recientemente se sumaron a la producción de 24 especies, exclusivamente para el mercado internacional.

Una de las condiciones para la exportación y comercialización de cactus es que estas deben ser reproducidas con semilla sexual, siendo este el método de reproducción utilizado dentro de la empresa. La producción de cactáceas se divide en tres etapas: germinación, crecimiento 1, crecimiento 2 y cosecha, donde cada una tiene un manejo específico para garantizar una planta de calidad para exportación.

Como toda planta los requerimientos para su desarrollo se basan en una serie de características de manejo agronómico, siendo una de estas la fertilización, principalmente en la etapa 2 donde la planta ya no depende de los cotiledones, si no de los nutrientes minerales que absorberán las raíces del sustrato. Y es con base a esto que la investigación se enfocó en conocer con que mezcla de fertilizante proporciona las mejores características morfológicas, dichas mezclas fueron evaluadas en dos especies, *Cereus forbesii* C.F.Först., un cactus del tipo columnar y *Echinopsis subdenudata* Cárdenas., una especie del tipo globular.

La aplicación de tres diferentes mezclas en dos especies fueron evaluadas bajo un arreglo bifactorial combinatorio con un diseño completamente al azar, donde cada unidad experimental contaba con 286 plantas. Las variables de respuesta medidas fueron altura del tallo (mm), diámetro del tallo (mm) y el peso del sistema radicular (g), además de evaluar los costos de producción. Al finalizar el proceso de experimentación se obtuvieron resultados estadísticos.

Donde la altura no presentó significancia estadística, por el contrario, diámetro y biomasa del sistema radicular si presentaron significancia. Así mismo se realizó un análisis económico de las mezclas para

determinar, en función del coste de estas cual presenta mayores beneficios para la empresa productora. Descartando las mezclas las cuales no presentan beneficios a largo plazo. Se seleccionó la mezcla número 1 la cual a través de selección visual, estadística y económica presentó el mejor resultado, traducido a una producción estable y generadora de mayor margen de utilidad en comparación de las otras mezclas aplicadas.

2.2 Definición del problema

Los cactus pertenecen a una familia de plantas con Metabolismo Ácido de las Crasuláceas (CAM) originarias de las américas, ocupando ambientes áridos, semiáridos y moderadamente húmedos. A través del tiempo estas plantas fueron adaptándose al cambio climático desarrollando características físicas y fisiológicas que le dan la capacidad de tolerar ambientes desérticos. Estas mismas características las hacen coleccionables y atractivas a nivel internacional.

La popularidad de las cactáceas en el mercado internacional ha tomado auge en los últimos años especialmente, aquellas especies poco comunes, nativas y endémicas coleccionables, como plantas de jardín, alimenticias o medicinales. Esto contribuye al requerimiento por parte del mercado a la producción industrial con objeto de satisfacer la demanda. La producción a gran escala va en aumento adquiriendo permisos necesarios con las autoridades pertinentes en cada zona de producción.

Los factores para la producción de cactáceas, especialmente si estas son importadas, requieren ambientes específicos para lograr una producción óptima fuera de sus zonas de adaptación. Estos factores son la cantidad de radiación solar percibida, riesgos establecidos, aplicaciones fitosanitarias y aplicaciones de nutrientes. Con objeto de darles las condiciones óptimas de desarrollo para una producción estable y rentable.

En la actualidad en la aldea Potrero Carrillo, departamento de Jalapa se encuentra establecida una empresa productora de hortalizas y cactáceas bajo condiciones controladas que busca optimizar la producción de los cultivos presentes y aumentar la rentabilidad de estos. Por lo que, a través del diagnóstico e investigación se busca incrementar la producción manteniendo o mejorando los márgenes de utilidad.

A medida que la demanda aumenta es requerido optimizar la producción por lo que, las aplicaciones de fertilizantes pueden mejorar el desarrollo de las cactáceas, así mismo estas aplicaciones pueden mejorar la calidad del producto comercializado de forma internacional, de esta forma incrementar la producción y exportación, para satisfacer la necesidad del mercado que se encuentra en aumento constante.

La producción de cactáceas en invernadero mediante la utilización de sustrato estéril necesita la aplicación de los elementos a niveles óptimos, para un buen desarrollo, dando continua mejora a la

utilización de espacio, tiempo y aplicaciones. Los elementos en niveles menores a los necesarios pueden traducirse en plantas débiles, quebradizas, susceptible a enfermedades, afectando los factores de desarrollo como el sistema radicular, deficiente distribución de otros nutrientes, baja resistencia al estrés abiótico y estrés biótico, lo que a grandes rasgos disminuye el rendimiento del cultivo. En niveles elementales mayores se traduce como gastos innecesarios que disminuyen el margen utilitario o en fitotoxicidad.

2.3 Marco teórico

2.3.1 Marco conceptual

a. Las cactáceas

El origen del nombre de las cactáceas proviene del griego Cacto, aplicado a una planta espinosa extraña. Las cactáceas son una familia de plantas originarias del continente americano, sin fanerógamas y dicotiledóneas, poseen flores, frutos y semillas, presentan flores bisexuales o en ciertos casos unisexuales que requieren fecundación cruzada para producir especies autosuficientes, siendo una característica muy notoria la capacidad de supervivencia, aunque no es general para todas ellas (Mayen, 2001).

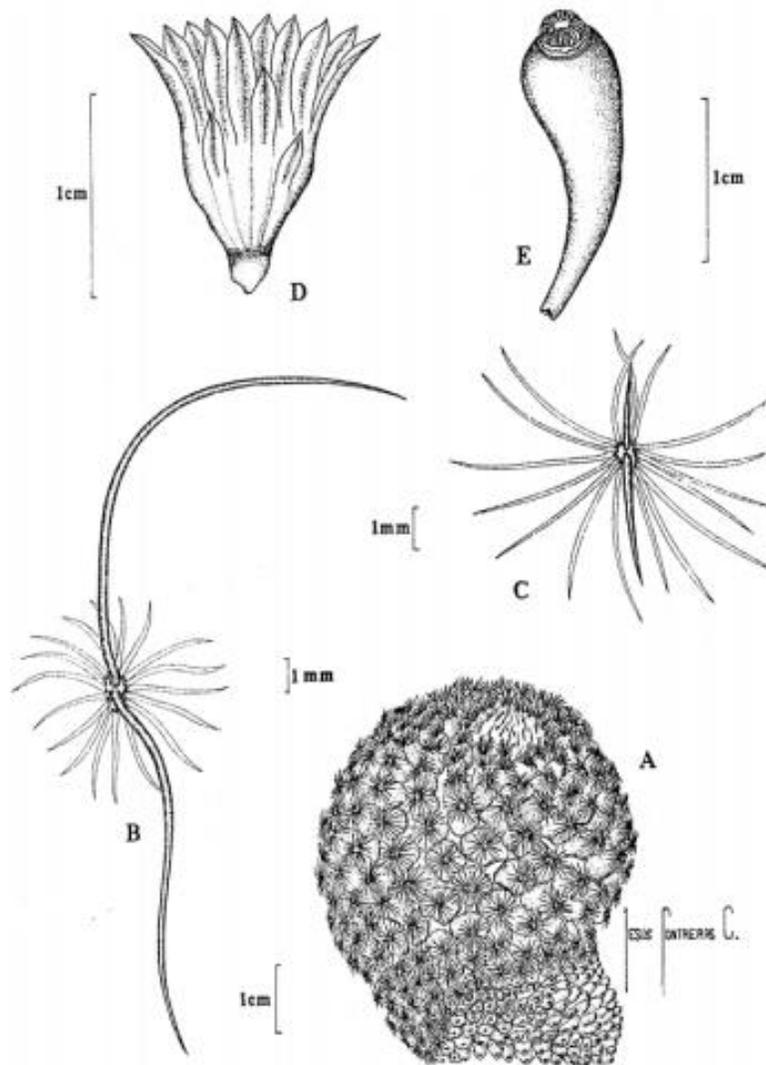
Las cactáceas son plantas perennes, a menudo de formas extrañas, en su mayoría tienen espinas, tallos son verdes, carnosos, simples o ramificados, con formas cilíndricas, globosas o bien aplanados (filocladios), con la superficie lisa o bien llevar podarios muy evidentes o costillas. Por lo general son plantas terrestres, en las zonas tropicales húmedas con frecuencia epífitas, pudiendo ser hierbas, a menudo arbustivas o arborescentes, carnosas y con frecuencia los tallos duros y leñosos, simples o ramificados, las ramas a menudo articuladas, portando órganos llamados aréolas, que pueden ser pequeñas o grandes, circulares y con mechones, cerdas, lana o pelo y generalmente espinas (Véliz, 2008).

- **Subfamilia Cactoidae**

Arborescentes, arbustivas, trepadoras o epífitas. Tallos ramificados o no, puede ser determinada o indeterminada, erectos o decumbentes, columnares, cilíndricos, globosos o filocladios, con costillas o tubérculos, zona fértil (cefalio o pseudocefalio) diferenciada o no. Hojas vestigiales presentes o ausentes, aréolas, espinas generalmente presentes. Flores generalmente solitarias, sésiles, diurnas o nocturnas; pericarpelo y tubo receptacular desnudos o con brácteas, cuando están presentes amplias o rudimentarias. Aréolas presentes con tricomas, cerdas y/o espinas, tubo receptacular corto o largo; tépalos generalmente decurrentes sobre el tubo receptacular; estambres escasos a numerosos, insertos en el tubo receptacular; ovario ínfero. Frutos piriformes, claviformes a globosos, pericarpio algo rígido, carnosos o secos, indehiscentes o dehiscentes; semillas ovoides a subesféricas y testa parda a negra, sin arilo (Instituto de biología Universidad Nacional Autónoma de México, 2012).

Figura 25.

A. Hábito de la cactácea, B-C Areola con espinas, D Flor y E Fruto.



Fuente: Pérez, 2019

b. Distribución

La familia Cactaceae es una familia de plantas con un aproximado de 100 géneros, aunque algunos autores debaten ac de 100 géneros y unas 1500 especies distribuidas por todo el continente americano desde el sur de Canadá hasta el sur de Argentina, de forma general sus tallos son crasos, espinosos, con variedad de dimensiones, carentes de hojas, con morfología diversa en la que resulta más común la columnar, globular, cilíndrica y candelabriforme (Barthlott & Hunt, 1993).

c. Descripción botánica de la familia *Cactaceae*

Reino: Plantae

Filo: Tracheophyta (plantas vasculares)

División: Magnoliophyta – Antofita (angiospermas)

Clase: Dicotyledonae – Magnoliopsida

Subclase: Caryophyllidae

Orden: Caryophyllales

Familia: Cactaceae

Desde épocas antiguas hasta la actualidad la clasificación de las cactáceas ha experimentado diversos cambios, determinados por el conocimiento más específicos de los caracteres de las especies, se han ido modificando con el pasar del tiempo (Schulze, 2004).

d. Características morfológicas de cactáceas

Estas plantas presentan un gran espectro de formas desde 1 centímetro a columnares de más de 20 metros, formas arbóreas o arbustivas, simples o ramificadas, trepadoras o epífitas. Hábitos comunes: candelabroforme o de un solo tallo, globular, solitario o colonial, aplanado, epífito, geofítico, litofítico. Raíces superficiales y ramificadas, tallos suculentos de pigmentación verde, especialmente en las etapas juveniles. Al desarrollarse el tallo se lignifica cubriéndose de ceras que ayuda a evitar la transpiración, se adaptaron para mejorar el almacenamiento de agua. El tallo en secciones se encuentra articulado a lo que se le llama cladodio, poseen hendiduras longitudinales denominadas costillas y a las divisiones de las costillas de forma superficial se les llama tubérculos o mamilas. Producen espinas que crecen en las areolas, presentes en todos los géneros variando en las dimensiones según especie y edad (Ceroni & Castro, 2013).

e. Tallos y hojas

Las estructuras aéreas de las cactáceas de forma general son hojas y tallos. La funcionalidad del tallo es la de soporte siendo grueso y suculento, transmisión de savia hacia el sistema radicular, asimilación metabólica (fotosíntesis), e intercambio gaseoso debido a los estomas, especializado en almacenamiento de agua y los productos fotosintéticos. Cubierto por una capa de ceras que impide la pérdida de agua por transpiración y sirve como barrera reflectora (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2017).

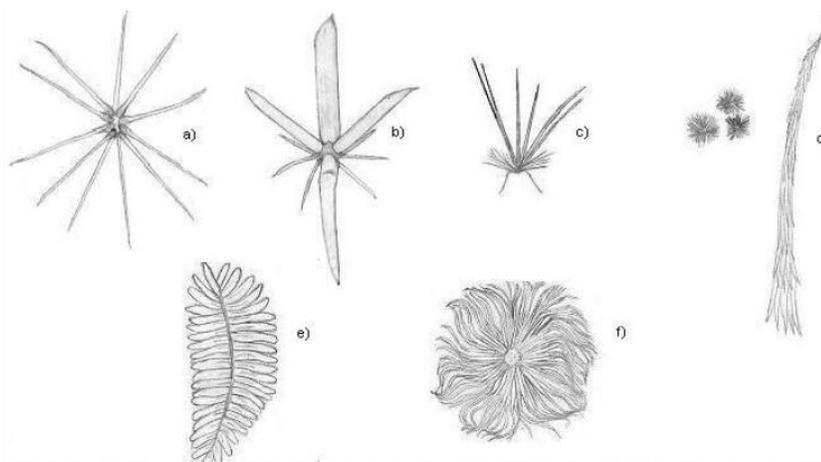
En entrenudos resulta que los tallos adquieren forma globosa, como sucede en los géneros de la tribu Echinocactae, sino que ha actuado también extraordinariamente sobre las hojas modificándolas, determinando que el pecíolo desaparezca, que el limbo se reduce transformándose en una escama muy pequeña que a veces puede hasta desaparecer o persistir solamente como vestigios microscópicos, y que la base de la hoja, por contraste, se hipertrofie dando origen a un podario o tubérculo (Sánchez, 1978).

f. Espinas

Son hojas modificadas, especializadas y adaptadas para climas áridos. Pueden ser frágiles o fuertes, superficie brillante, lisa, rugosa o estriada. Morfología acicular, cilíndrica, prismática, ganchosa, retorcida, chata, como lengüeta o viruta. Color uniforme o cambiante, e ir del blanco al negro, pasando por el gris, amarillo, verde, rojo, marrón o púrpura. Tamaño variable, desde 20 cm a diminutas. La función es proteger contra la depredación, ya que, si no existieran, se comerían sus suculentos cuerpos y condensar la humedad del aire, para que la planta la utilice para su hidratación. Hay casos en que espinas se aferran a animales y así logran la dispersión vegetativa de la especie (*Cumulopuntia sphaerica*). Aquellos densamente cubiertos por espinas se protegen de la extrema insolación (Espinosa *et al.*, 2013).

Figura 26.

Tipos de espinas



Fuente: Mayen 2001

g. Areolas

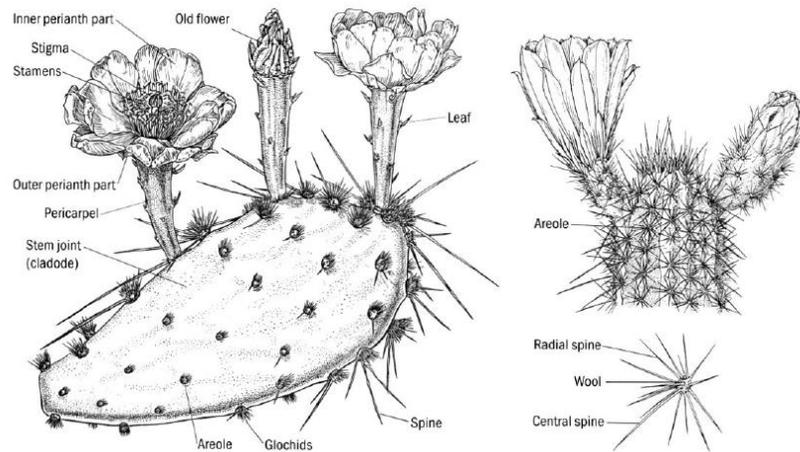
Según Anderson (2001), existen estructuras morfológicas que distinguen a la familia Cactaceae siendo las aréolas, consideradas como zonas de división y diferenciación (meristemos), así mismo como generadoras de espinas, tricomas, raíces o botones florales, en las cuales se produce una sola flor que permanece abierta solo un día, aunque se ha descubierto que en bajas temperaturas pueden durar de 2 a tres días consecutivos.

h. Flores

Son el atractivo principal por el cual las cactáceas son las deseadas en los mercados, estas flores se han desarrollado a lo largo de los años mediante su adaptación de las interacciones de polinizador-planta, a estas interacciones se les llama “síndromes de polinización” en la cual la planta da morfología a la flor dependiendo del polinizador al que se especialice. Usualmente son largas, coloridas, solitarias con numerosos segmentos que muestran una gradual transición de brácteas-sépalos-pétalos, cada flor es bisexuales con pistilo y estambres (Bueno & Pumed, 2017).

Figura 27.

Morfología de areola y flor de cactáceas



Fuente: Anderson, 2001

i. Metabolismo CAM (Crassulacean Acid Metabolism en español Metabolismo ácido de las crasuláceas)

Esta clase de metabolismo les permite a las plantas de esta familia sobrevivir a ambientes secos y su adaptación de intercambio de gases nocturnos liberando oxígeno y absorbiendo CO₂ atmosférico que las obliga a desarrollar tejidos de reserva. Aunque es una verdadera ventaja de supervivencia de las cactáceas, así mismo ser CAM trae sus desventajas: la absorción de CO₂ está limitada a la cantidad de ácido málico que estas puedan acumular en las vacuolas, además el almacenar oxígeno durante el día ocasiona que el rendimiento fotosintético sea bajo y se observa igualmente en crecimiento lento (Nassar *et al.*, 2008).

Así mismo Neyra (2014), menciona que la eficiencia del proceso fotosintético es relativamente menor en comparación a las demás, requiriendo altas temperaturas para su función óptima. Al contrario de los vegetales los estomas se aperturan durante la horas oscuras, dejando entrar el CO₂ a la planta, almacenándolo en forma de ácido málico en el interior de las vacuolas. Al cerrarse los estomas el ácido málico es nuevamente transformado a CO₂ con lo que da inicio al ciclo de Calvin en los cloroplastos durante el día.

j. Raíz

Dentro de la morfología radical de las cactáceas es frecuente encontrar al menos seis tipos: simples laterales, tipo tachuela, raíces adventicias, subterráneas, compactas laterales y combinadas. Siendo poco profundas y extensas, desarrollándose así para aprovechar la humedad radial después de episodios de lluvia, algunas especies pueden presentar un sistema radicular con mayor profundidad lo que les permite mayor anclaje y posibilitar la llegada a fuentes hídricas más profundas (Neyra, 2014).

k. Morfología

Cereus forbesii es una planta perteneciente a la familia de las cetáceas, nativa de áreas áridas de Sudamérica, categorizada en una de las 33 especies columnares de esta región (Orrabalis *et al.*, 2019). Así mismo Mamaní & Ortega (2019), comentan que es una planta que posee un tronco definido de aproximadamente 2 a 8 metros de altura; ramificaciones primarias con longitud de 10 a 70 centímetros por 5 a 15 centímetros de diámetro; costillas agudas con 3.5 centímetros de separación una de otra; un aproximado de 4 a 6 espinas por areola formando patrones de 5 ángulos con una espina central erecta y a veces ausente; las flores son blancas, rojizas o rosadas de 12 a 23 centímetros de longitud

con brácteas, pericarpelo y receptáculos verdes con escamas.

Echinopsis subdenudata es una planta solitaria globosa de coloración gris a verde con depresión apical, posee un tallo de 5 a 8 centímetros de alto por 7 a 12 centímetros de diámetro, posee de 10 a 12 costillas muy agudas amelladas; las areolas son de color crema, con espinas de color café grisáceo escondidas por lana areolar. Una espina central erecta de 2 milímetros de longitud, espinas basales hinchadas en la base de 1.5 milímetros de largo. Flores con forma de embudo levemente curvadas de coloración blanca o rosado claro con una longitud de 17 a 20 centímetros; con distribución en la provincia de Entre ríos, Tajira, Bolivia y Paraguay en Sudamérica (Anderson, 2001).

l. Formas de propagación

De forma general la propagación de las cactáceas es por semillas, aunque se han dado casos en la naturaleza de reproducción de forma asexual a través de la dispersión de tejido vegetativo movilizado a través de animales. La reproducción sexual es el método convencional o tradicional que ocurre en la naturaleza de forma esporádica y en zonas de producción de forma controlada, dependiendo de la disponibilidad de agua en el suelo o sustrato, la temperatura es un factor importante, siendo la temperatura óptima de germinación a los 25 °C, afectadas de forma negativa en temperaturas mayores a 40 °C (Ortega-Baes *et al.*, 2011).

m. Requerimientos climáticos

Según Juárez (2007), citado por Cabrera (2013), menciona que estas plantas están bien adaptadas a condiciones estresantes, temperaturas que van desde los 21 °C hasta los 29 °C, con precipitación aproximada de 600 a 1300 milímetros, a alturas entre los rangos de 200 a 600 metros sobre el nivel del mar (msnm), por lo que es usual encontrarlos dentro de rocas, troncos y árboles, no es exigente en cuanto a textura, pero de forma general prefieren suelos francos con buen drenaje y pH intermedio. De igual forma no es raro encontrarlos en alturas de 1500 msnm, aunque los excesos de humedad de la zona tienden a provocar pudriciones en el sistema radicular de la misma, por lo que requiere buena exposición solar. Así mismo por estas características tan especiales deben evitarse regar de forma excesiva al poseerse como ornamentales.

n. Temperatura

En relación a las adaptaciones fisiológicas de las cactáceas, estas plantas pueden soportar temperaturas

entre rangos de -10°C y 40°C , aunque la mayor cantidad de especies se desarrolla en condiciones ambientales menos extremas, debido a la gran proporción de agua y productos fotosintéticos que almacenan en sus órganos aéreos, cuando las temperaturas son demasiado altas o bajas suelen sufrir daños físicos al presentar densidad de las espinas baja (Bravo, 1978, citado por Salas, 2014).

o. Iluminación

La iluminación para las cactáceas se verá afectada dependiendo de la densidad y desarrollo tanto de los pelos o tricomas, semejantes a fibras de algodón, y espinas si son muy numerosas o densas requerirán pleno sol, o por el contrario al ser menos numerosos o densas requerirán un nivel de sombreado. Aunque en ambientes naturales sobreviven entre matorrales, arbustos, hierbas y rocas que difuminan la cantidad de radiación solar que captan las plantas (Rivas, 1996 citado por Salas, 2014).

p. Ventilación

Las cactáceas requieren una buena ventilación para evitar la humedad relativamente alta, además es la fuente donde los cactus debido a su adaptación del Metabolismo Ácido de las Crasuláceas, realizan el intercambio gaseoso tomando dióxido de carbono por medio de los estomas durante las horas nocturnas, almacenándolo y utilizándolo en el día para la fotosíntesis. Por lo que una buena ventilación asegura el éxito del proceso metabólico y ayuda a disminuir la temperatura en zonas de producción en temporadas cálidas (Anderson, 2001).

q. Suelos

Las cactáceas se han adaptado a condiciones extremas, por lo que pueden ser encontrar dentro de rocas, árboles, tejas o troncos, así mismo pudiéndose encontrar en regiones donde son utilizadas para barreras vivas debido al bajo o nulo mantenimiento que lleguen a necesitar, pero de forma preferible para estas plantas se desarrollan mejor en suelos francos, porosidad moderada, buen drenaje y con pH intermedios (5.5-6.5). Existen así mismo sustratos especialmente preparados para la producción de cactáceas como lo es el Peat Moss (Juárez, 2007, citado por Cabrera, 2013).

r. Función de los nutrientes en la planta

Con base al estudio de Pereira *et al.*, (2011), las plantas necesitan nutrientes para su desarrollo óptimo en los cuales están constituidos por los que absorben del aire y agua como: Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno y Azufre. Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Cobre, Hierro, Manganeseo, Zinc, Boro, Cloro, Cobalto, Molibdeno, Nitrógeno y Azufre son absorbidos del suelo. Se dividen según las

cantidades en que las plantas los necesitan primarios: Nitrógeno, Fósforo y Potasio; secundarios: Azufre, Calcio y Magnesio; micronutrientes llamados así por ser necesarios en cantidades mínimas: Hierro, Zinc, Cloro, Cobalto, Cobre, Manganeseo, Boro y Molibdeno.

s. Fertilización

Es una actividad en la cual se entiende el suelo como un sistema con propiedades físicas, químicas y biológicas, que en casos de estudio mediante la fertilización se pretende cubrir el esperado déficit entre entradas y salidas de elementos o bien mantener o aumentar la fertilidad futura y presente, sin el malgasto de recursos aumentando el rendimiento del cultivo (Gonzálves & Pomares, 2008). Es fundamental la importancia del conocimiento por el cual los seres vivos toman los nutrientes de los elementos para el buen desarrollo. De forma más específica en la agricultura, la nutrición debe ser lo más posible conocida, para que sea adecuada a las necesidades de la planta, siendo la fertilización racional la cual nos garantizara mayores beneficios económicos obtenidos por el uso de fertilizantes (Valencia, 1999).

Torres (2013), comenta que la buena condición del sustrato utilizado puede ser tan importante como la aplicación del fertilizante que se refleja en la buena aireación, buen drenaje interno, buena capacidad de retención del agua, desarrollo óptimo de raíces, que se transforma en una buena respuesta de absorción de nutrientes. El sustrato de tipo Peat Moss representa una buena opción debido al hecho de ser estéril. Así mismo Gómez (2002), menciona que, si se quiere realizar fertilización en cactáceas, sus requerimientos están en una baja relación de nitrógeno (1%) y altas concentraciones de fósforo (6%), calcio y potasio (7%). Medina, (2015) con base a un estudio propio realizó una tabla con los niveles de necesidad nutricional en la producción de cactáceas (Pitahaya):

Tabla 3.*Nutrientes óptimos para el buen desarrollo de cactáceas*

Nutriente	Unidad	Óptimo
MO	%	3,0 a 5,0
Nitrógeno	%	0,15 a 0,25
Fósforo	mg/kg	40,00 a 100,00
Potasio	cmol/kg	0,50 a 0,80
Calcio	cmol/kg	6,00 a 15,00
Magnesio	cmol/kg	3,00 a 6,00
Hierro	mg/kg	25,00 a 50,00
Manganeso	mg/kg	5,00 a 10,00
Zinc	mg/kg	0,20 a 0,40
Cobre	mg/kg	1,00 a 3,00
Boro	mg/kg	0,50 a 1,00

Fuente: Medina, 2015.

t. Riego

Los riegos para las cactáceas es algo que no depende de reglas establecidas adquiriendo la experiencia a través del sacrificio de algunas plantas, aparte de esto se manejan dependiendo de los factores de la cantidad de sol, el nivel de temperatura, la cantidad de precipitación y el tipo de sustrato utilizado. Además, si existe riego excedente las raíces suelen pudrirse y por la falta de riego crecerá poco (Bautista, 2012). Así mismo Kelly & Grumbles (2009), mencionan que la irrigación no es necesaria en especies nativas, con excepción en los periodos de sequía del verano. Al realizar riego no exponer las plantas a encharcamientos; siendo de vital importancia mantener una humedad en el sustrato, al haber de forma excesiva las plantas pueden sucumbir a pudriciones, lo se hace necesario verificar la humedad del sustrato a la profundidad de las raíces, antes de cualquier riego para evitar suelos demasiado húmedos o secos.

u. Fertirriego

Trata acerca de la aplicación de los requerimientos nutricionales a los cultivos por medio de riegos durante las etapas desarrollo de la planta (Instituto Nacional de investigación Forestal Agrícolas y pecuarias (INIFAP), 2017). Debido a la rareza y belleza de las características morfológicas estas plantas son consideradas de tipo ornamental utilizándose como plantas de interiores en macetas o para jardinería. Las plantas de sustrato requieren aplicaciones de fertirriego de forma regular, pero en

cactáceas esto debe especialmente considerarse debido a que son plantas xerófitas, sin embargo, no existen muchos antecedentes de aplicación (Villavicencio *et al.*, 2019).

v. Plagas y enfermedades

Uno de los problemas fitosanitarios al que se enfrentan los productores en invernadero es la presencia de fungus gnats siendo su nombre común en inglés, esta pertenece a las familias Mycetophilidae y Sciaridae. Consideradas como las principales plagas de cultivos ornamentales en invernaderos, llegando a ocasionar pérdidas económicas considerables. Las larvas de estos insectos causan daños directos a las plantas, adicionalmente pueden ocasionar daños indirectos siendo los adultos vectores del transporte de esporas (Villanueva *et al.*, 2013). Entre las enfermedades abióticas que se puede identificar en la zona de producción de invernaderos generalmente son las pudriciones ocasionadas por alta humedad.

w. Uso de las cactáceas

Como menciona Schulze (2004), el uso de las cactáceas ha sido variado durante muchos años, siendo utilizada prácticamente todas las partes de la planta, en muchos lugares es utilizada para el consumo humano. Siendo la parte de mayor demanda a nivel global los tallos de unas especies en específico que son importantes dentro de la dieta en muchas regiones, así mismo el fruto de muchas cactáceas es muy apetecida. Algunos son de gran importancia para rituales de pueblos ancestrales veneradas como dioses, además de su uso alimenticio las cactáceas se utilizan para otros fines como barreras vivas, para evitar la erosión del suelo, fuente de mucílago, forraje para algunas especies animales, gomas, pectinas, colorante, etc. Pero generalmente son plantas de tipo ornamental.

2.3.2 Marco referencial

Según Vega (2014), La empresa HFT Seed services S.A., se encuentra ubicada en la aldea Potrero Carrillo, perteneciente al departamento de Jalapa, dentro de la república de Guatemala. Se ubica entre las coordenadas geográficas 14°44'39" latitud Norte y 89°56'31" longitud Oeste. HFT Seed Services S.A., posee 20 invernaderos con dimensiones aproximadas a 55 metros de largo por 57.6 metros de ancho con un área total de 3,168 metros cuadrados, que a su vez se subdivide en 6 naves de 9.6 metros de ancho por 55 metros de largo, cada una de estas naves posee aproximadamente 528 metros cuadrados de área.

Figura 28.

Mapa de ubicación de HFT Seedservices S.A

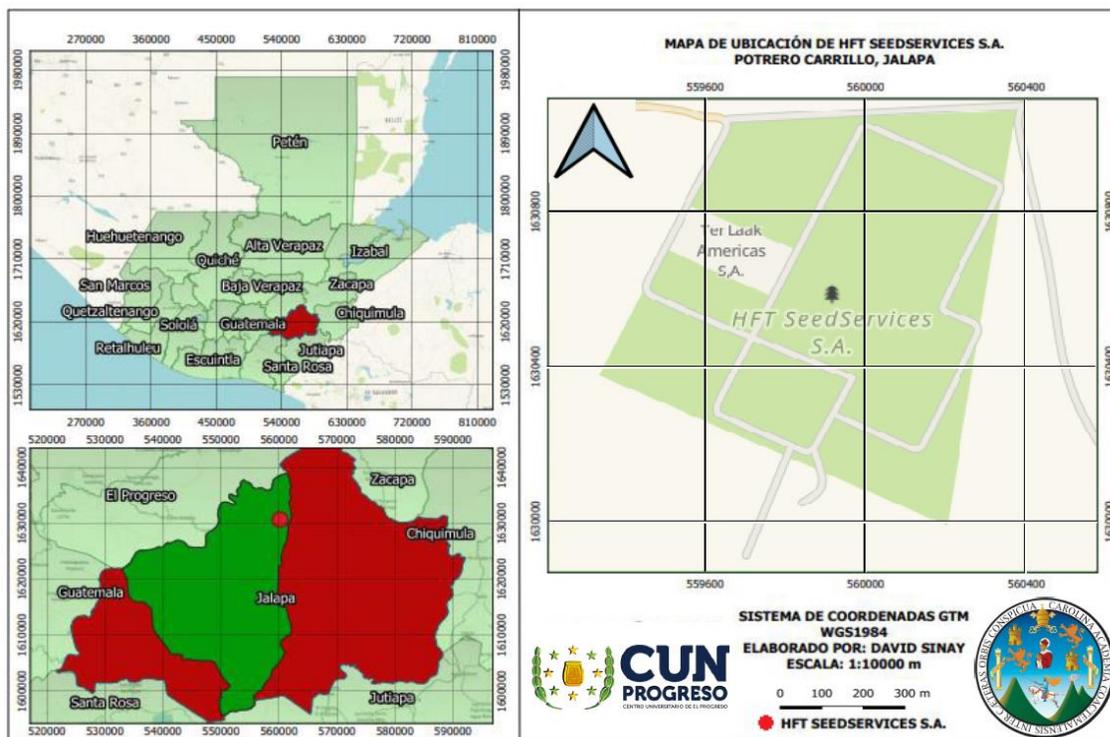
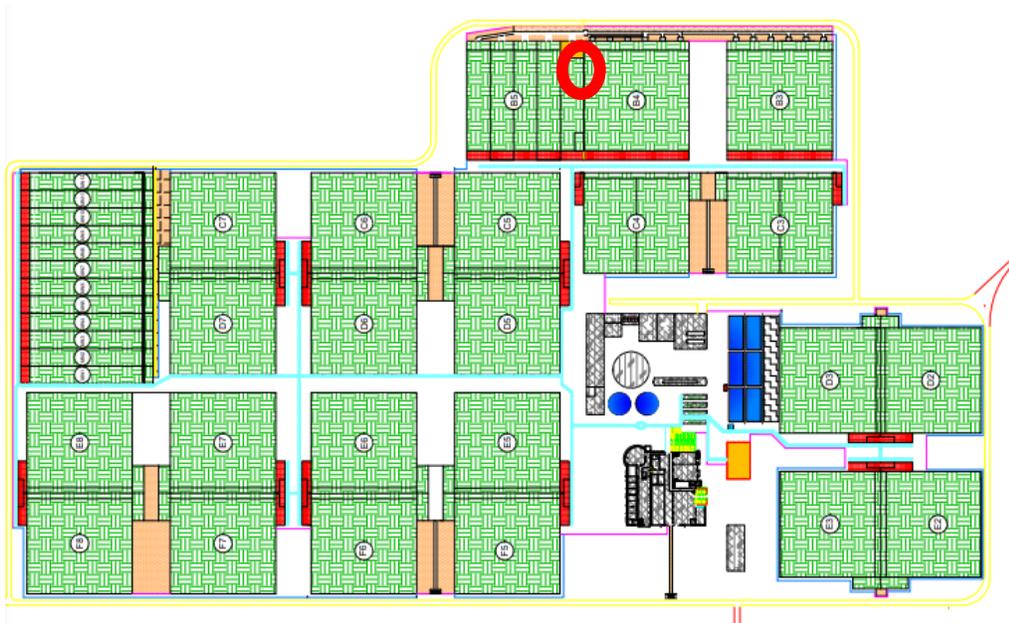


Figura 29.*Instalaciones de HFT Seedservices S.A.***Figura 30.***Instalaciones del invernadero a utilizar dentro de la empresa HFT*

Fuente: HFT Seedservices S.A. 2021

Nota: En la zona con el círculo rojo es el espacio proporcionado por la empresa productora para la realización de la investigación.

2.3.3 Proceso de producción de cactáceas por la empresa

Etapa 1: Se inicia con el proceso de semilleros en las llamadas bandejas croissant, la cantidad de semillas establecidas varían dependiendo de las variedades (250 a 500 semillas por bandeja). Se colocan en una cámara con el 100% de humedad, aproximadamente 10 días para germinar y fluctúa el tiempo dependiendo de la variedad.

Etapa 2: Al estar germinada la semilla se procede a la aclimatación de los germinados destapando por fases la cámara humedad este proceso dura de 3 a 6 meses luego se inicia el proceso de trasplante 1.

Etapa 3: En el trasplante 2 se pasan las cactáceas a bandejas de 286/160 espacios en las cuales se mantienen de 3 a 5 meses de los cuales prosigue el inicio con las aplicaciones de fertirriego (fórmula de tomate) de forma manual aproximadamente 3 veces al día, a cada dos meses se realiza emparejamiento de las bandejas que consta de selección de los especímenes por tamaños.

Etapa 4: Al alcanzar un tamaño y diámetro establecidos luego de los 3 a 5 meses se inicia el proceso de trasplante 3 de las bandejas de 286/160 a bandejas de 104/85 hasta que alcanzan el tamaño comercial de 3 a 4 meses.

Etapa 5: Al alcanzar el tamaño comercial se inicia el proceso de cosecha de bandejas, en la cual se les quita la zona radicular y se colocan en una secadora de aire con humedad y temperatura controladas para crear el callo radicular y estimular la desdiferenciación del tallo a nuevamente el crecimiento del meristemo radicular (el tiempo de secado depende de la variedad y del clima dentro del invernadero) esto es necesario para el proceso de exportación.

Etapa 6: Al terminar el proceso de secado se inicia con el empaquetado para su exportación.

Etapas extras: De forma general se realizan supervisiones de mortandad de cactus en la fase de germinación, trasplante 1 y trasplante 2 con objeto de determinar el inventario actual y la mortandad de las bandejas (que se necesita realizar de forma más constante), así mismo se buscan incidencias de plagas (díptero: *Fungus gnats* que se reproduce y alimenta de cactáceas).

Se posee un inventario de 42 variedades de cactáceas y suculentas de las cuales solo 22 son las utilizadas para la exportación. Las condiciones controladas de un invernadero dan el ambiente

necesario y óptimo para el buen desarrollo de las cactáceas. El riego es realizado mediante nebulizador de forma manual.

Coahuila, México se evaluaron en invernadero 12 tratamientos de concentraciones nutritivas (100, 200, 400 y 800 mg L⁻¹) de fertilizantes solubles. Siendo diferentes concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio (100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100) en comparación a soluciones nutritivas comerciales Steiner de 25% y 50% con dos testigos comerciales triple 17 y triple 20, evaluando altura, diámetro del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco de la raíz por concentración de nutrientes (Villavicencio *et al.*, 2019).

Huehuetenango, Guatemala se evaluó el desarrollo de la planta Jacube (*Acanthocereus spp.*) con la aplicación con la aplicación de tres tipos abonos orgánicos (lombricompost, gallinaza y bocashi) y un testigo sin fertilización a campo abierto con el objeto de comparar el desarrollo brotes, biomasa, longitud producida y el costo que conlleva (Cabrera, 2013).

Ciudad de México se evaluó la influencia de inóculo de micorrizas y abono orgánico sobre plantas *Mammillaria voburnensis*, *Sedum moranense* y *Sempervivum tectorum* con objeto de disminuir el mantenimiento de las plantas para creación de muros verdes que ayuden a mitigar el deterioro ambiental, realizado en condiciones de invernadero, riego mediante la colecta de lluvia. Siendo las variables de respuesta que se registraron: tasa de crecimiento relativo (TCR) y el porcentaje de supervivencia, cobertura y altura (Serrato, 2014).

En Quito, Ecuador se investigó la respuesta a la aplicación de tres dosis de fertilizante con base en fósforo f1= 60 kg/ha, f2= 120 kg/ha y f3= 180 kg/ha; tres dosis de fertilizante con base a potasio: p1= 200 kg/ha, p2= 300 kg/ha y p3= 400 kg/ha y una dosis de fertilización edáfica orgánica con gallinaza en el cultivo de pitahaya amarilla (*Cereus triangularis L.*), siendo las variables de respuesta número de brotes, longitud de los brotes, número de frutos, diámetro polar, diámetro ecuatorial, peso del fruto, rendimiento y análisis financiero (Zalazar, 2013).

a. Descripción de los fertilizantes utilizados por la empresa, para la fertilización de los cultivos

Fuente de macronutrientes

- Nitrato de calcio, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 164.1 \text{ g/mol}$
- Cloruro de calcio, $\text{CaCl}_2 = 110.98 \text{ g/mol}$
- Nitrato de potasio, $\text{KNO}_3 = 101,10 \text{ g/mol}$
- Sulfato de potasio, $\text{K}_2\text{SO}_4 = 174.26 \text{ g/mol}$
- Sulfato de magnesio, $\text{MgSO}_4 = 246,38 \text{ g/mol}$.
- Fosfato monopotásico, $\text{KH}_2\text{PO}_4 = 136.09 \text{ g/mol}$.
- Fosfato monoamónico, $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4 = 115,03 \text{ g/mol}$
- Ácido nítrico 68%, = 63.02 g/mol

Fuente de micronutrientes

- Quelato de hierro EDTA 13%, 13% Fe y 6%N=
- Sulfato de hierro, $\text{FeSO}_4 = 278.02 \text{ g/mol}$
- Boro, B= 10.811 g/mol
- Sulfato de manganeso, $\text{MnSO}_4 = 150.998 \text{ g/mol}$
- Quelato de manganeso EDTA 13%, 13% Mn
- Sulfato de zinc, $\text{ZnSO}_4 = 287.6 \text{ g/mol}$
- Quelato de zinc EDTA 15%, 15% de Zn
- Sulfato de cobre, $\text{CuSO}_4 = 159.609 \text{ g/mol}$
- Quelato de cobre EDTA 15%, 15% cobre
- Molibdato de sodio, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 = 205.92 \text{ g/mol}$

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

- a) Evaluar el efecto de tres mezclas de fertilizante en el crecimiento de *Cereus forbesii* C.F.Först, y *Echinopsis subdenudata* Cárdenas, a nivel de invernadero, Potrero Carrillo, departamento de Jalapa.

2.4.2 Objetivos específicos

- a) Evaluar el efecto de tres mezclas de fertilización sobre el crecimiento vertical y grosor de tallo.
- b) Determinar el efecto de tres mezclas de fertilización sobre la biomasa del sistema radicular.
- c) Determinar la mejor opción económica en la producción con respecto a las tres mezclas de fertilización.

2.5 Hipótesis

Por lo menos una de las nuevas mezclas de fertilizante tendrá mejores resultados en el efectos del crecimiento vegetativo (altura, diámetro y biomasa del sistema radicular) o en margen utilitario presente, sobre el testigo relativo actualmente utilizado en su aplicación a dos especies de cactáceas *C. forbesii* (columnar) y *E. subdenudata* (globular), en la etapa de desarrollo 2, bajo condiciones controladas.

2.6 Metodología

2.6.1 Material experimental

Para la investigación se utilizaron semillas de dos especies de cactáceas *C. forbesii* y *E. subdenudata*, obtenidas a través de la empresa HFT Seedservices S.A., donde las condiciones de germinación en ambas especies son de 90%, la especie columnar con una supervivencia del 85% y la especie globular con una supervivencia del 90%. El tamaño de las semillas se encontraba en un rango de 1 a 1.5 mm de diámetro. Manejadas en un sustrato de peatmost con estructura y textura especialmente utilizado para enraizado y crecimiento de cactáceas en bandejas (de 315x550 mm) con 286 espacios (de base 8mm, altura de 33 mm y parte superior de 21x22 mm con 12 cc de volumen), en un ambiente controlado (invernadero con 550 m²).

2.6.2 Diseño experimental

El experimento se implementó bajo un arreglo bifactorial combinatorio con un diseño completamente al azar, en condiciones controladas (invernadero).

El modelo estadístico correspondiente se describe a continuación:

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

Y_{ij} = variable de respuesta de la ij -ésima unidad experimental (altura y diámetro en milímetros; y biomasa del sistema radicular en gramos)

μ = media general tratamientos

α_i = efecto del i -ésimo nivel factor A (especies).

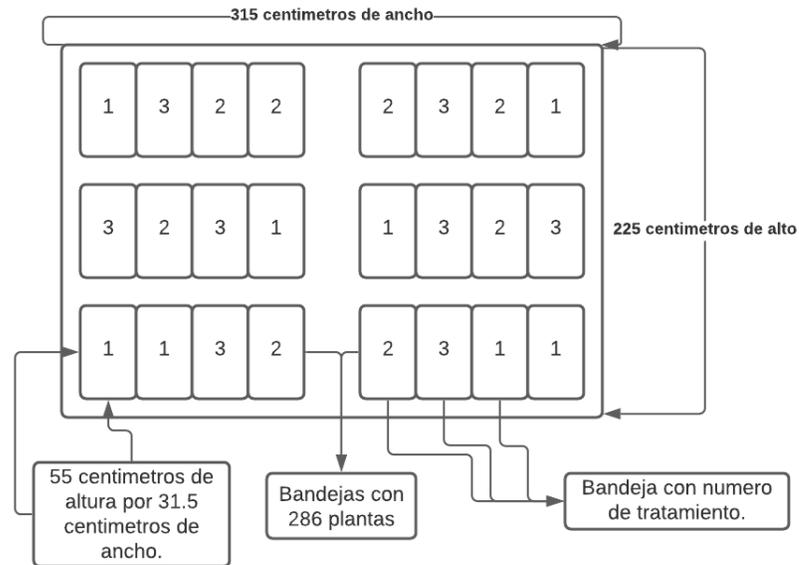
β_j = efecto del j -ésimo nivel factor B (mezclas).

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

H_{ijk} = error experimental asociado a la ijk -ésima unidad experimental.

2.6.3 Croquis de campo

Identificación de las mezclas son: 1 (mezcla 1), 3 (mezcla 2) y 3 (testigo o mezcla 3).

Figura 32.*Croquis de diseño experimental*

Nota: Establecimiento de bandejas con los diferentes mezclas.

Figura 33.*Establecimiento del área experimental*

2.6.4 Factores a estudiar

En este ensayo experimental se estudió la respuesta de dos especies de cactáceas con tres mezclas de fertilización química, para evaluar el crecimiento vegetativo (altura, diámetro y peso del sistema radicular).

2.6.5 Descripción de fertilización

En el experimento se evaluaron 3 mezclas de fertilizante. La mezcla 3 representó el testigo relativo que es utilizado actualmente en la empresa. A continuación, se describen los componentes de cada mezcla:

Tabla 4.

Descripción de mezclas.

Soluciones, Prueba de fertilizante													
	mmol/l							μmol/l					
Mezcla 1	NH3	K	Ca	Mg	N03	S	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
Concentración	4.884	8	9.8	4.2	4.889	4.4	2.3	40	5	6	40	1.2	1
Ppm	83	313	393	102	303	141	71	2.23	0.27	0.39	0.43	0.08	0.10
Mezcla 2	NH3	K	Ca	Mg	N03	S	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
Concentración	4.884	8	9.8	4.2	4.889	4.4	2.3	50	10	4.3	65	2.2	1
Ppm	83	313	393	102	303	141	71	2.79	0.55	0.28	0.70	0.14	0.10
Mezcla 3	NH3	K	Ca	Mg	N03	S	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
Concentración	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ppm	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Nota: La fórmula utilizada dentro de la empresa es confidencial = C, fórmula 3 = testigo. Las mezclas 1 y 2 fueron creadas a partir de investigación teórica y experiencia empresarial. Unidades de producto comercial: las aplicaciones se realizaron 2 veces por semana por lo que, se realizó el cálculo de litros necesario durante la prueba: aproximadamente 25 litros.

Tabla 5.*Producto comercial soluciones por litro*

Elementos comerciales por litro para fórmula 1 y 2			
	Elemento	Producto miligramo	A gramos
Nitrato de calcio	Ca	1708.70	1.71
Nitrato de potasio	K	137.00	0.14
Sulfato de potasio	S	615.83	0.62
Sulfato de magnesio	Mg	1161.73	1.16
Fosfato monoamónico	P	266.72	0.27
Elementos comerciales por litro para fórmula 1			
	Hierro	17.15	0.017154
	Manganeso	1.35	0.001350
	Zinc	1.26	0.001258
	Boro	1.91	0.001911
	Cobre	0.32	0.000320
	Molibdeno	0.26	0.000256
Elementos comerciales por litro para fórmula 2			
	Hierro	21.481	0.021481
	Manganeso	2.747	0.002747
	Zinc	0.907	0.000907
	Boro	3.123	0.003123
	Cobre	0.559	0.000559
	Molibdeno	0.246	0.000246

Estas fórmulas fueron realizadas con base en Medina (2015), en su estudio: “Documentar las relaciones hídricas y requerimientos nutricionales de la Pitaya amarilla, *Selenicereus megalanthus* (*K. Schum. ex Vaupel*) Moran, durante distintas etapas fenológicas del cultivo en tres localidades del Valle del Cauca”. La fórmula del testigo relativo fue la actualmente utilizada por la empresa.

Figura 34.

Materiales de aplicación de las mezclas experimentales.



2.6.6 Descripción de la unidad experimental

Una unidad experimental se conformó por 24 bandejas 286 plantas, con un total de 6864. Área bruta será de 7.0875m² y área neta 4.158m², utilizando muestreo aleatorio simple.

2.6.7 Variable de respuesta

Las variables de respuesta para el estudio de efecto de la aplicación de tres mezclas de fertilizante fueron:

a. Efecto de tres mezclas de fertilización sobre el crecimiento vertical y grosor de tallo.

- **Longitud de tallo (mm)**

Se midió la longitud del tallo a los 0, 30, 60, 90 y 120 días después del trasplante utilizando vernier digital, apuntado en libreta de campo para su posterior tabulación y análisis estadístico. Se utilizó la diferencia de crecimiento entre el día 0 y 120 para el análisis estadístico.

- **Diámetro del tallo (mm)**

Se midió el diámetro del tallo a los 0, 30, 60, 90 y 120 días después del trasplante utilizando vernier digital, apuntado en libreta de campo para su posterior tabulación y análisis estadístico. Se utilizó la diferencia de crecimiento entre el día 0 y 120 para el análisis estadístico.

Tabla 6.

Tabla de toma de datos para variables de respuesta (altura, diámetro y biomasa del sistema radicular)

Especie	Mezcla	Interacción	# bandeja	# de planta	Altura	Diámetro	Peso de raíz	Fecha

Nota: tabla de recolección de datos con vernier digital y balanza digital.

b. Efecto de tres mezclas de fertilización sobre la biomasa del sistema radicular

- **Producción de biomasa en el sistema radicular de cactáceas (g)**

El peso de la biomasa radicular producido por el cultivo se midió mediante la sustracción de esta de la fase de producción, pesado en báscula digital en gramos al final del tiempo de producción fase 2, apuntado en libreta de campo para su posterior tabulación.

Figura 35.

Toma de datos de biomasa de sistema radicular



c. Análisis económico

A través de la recolección de datos de las actividades, insumos y mano de obra que se requirió en la producción de cactáceas bajo invernadero, se insertaron datos para realizar el costo de producción, se

calcularon los gastos, ganancias netas y brutas, las cuales se utilizaron para obtener la rentabilidad. Se seleccionó aquella que presentó los mejores resultados con el mayor margen utilitario.

2.6.8 Toma de datos

En las bandejas que se establecieron, para el estudio se realizaron muestreos en las zonas centrales del bloque para evitar los efectos de borde y cabecera, tomando 50 plantas por bandeja, en el cual se fueron recolectando datos mediante vernier (altura y diámetro) y balanza analítica (biomasa del sistema radicular), por medio del muestreo de selección aleatoria simple de forma mensual desde el momento de la recepción de las plántulas hasta la llegada al tamaño requerido por la empresa.

2.6.9 Análisis de la información

a. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos durante la evaluación de la interacción de mezcla X especie, fueron analizados mediante una prueba de hipótesis con un nivel de confianza de 95% por medio de un análisis de varianza (ANDEVA), bajo un arreglo bifactorial combinatorio con un diseño completamente al azar, para determinar la significancia de las interacciones, posteriormente se realizó comparaciones mediante prueba de tukey al 5% en el que se utilizó el programa INFOSTAT lo que permitió estimar la diferencia entre las medias de las distintas variables de respuesta.

- **Evaluación del efecto de tres mezclas de fertilización sobre el crecimiento vertical y grosor de tallo.**
- **Crecimiento vegetativo vertical del tallo de cactáceas durante la fase de producción 2.**
 - Ho: La altura de las cactáceas es estadísticamente igual.
 - Ha: Existe diferencia significativa en la altura de cactáceas.
- **Crecimiento vegetativo en diámetro del tallo de cactáceas durante la fase de producción 2.**
 - Ho: La media de diámetro de las cactáceas es estadísticamente igual.
 - Ha: Existe diferencia significativa en el diámetro de cactáceas.
- **Producción de biomasa del sistema radicular de cactáceas durante la fase de producción 2.**
 - Ho: La media de producción de biomasa de las cactáceas es igual.
 - Ha: Existe diferencia significativa en la media de producción de biomasa de las cactáceas.

Para el control de crecimiento de las diferentes variables de producción de las cactáceas debe existir

diferencia en las medias de producción al compararlas entre sí, por lo tanto, la elección de la mejor mezcla debe cumplir con el requisito de llenar las necesidades del cultivo manteniendo la calidad de este.

b. Análisis económico

Se realizó un análisis económico en el que se consideró la relación Beneficio/Costo y rentabilidad dada en porcentaje. El análisis económico se inició con el registro económico de los costos que se presentaron durante la fase de producción, luego a través de la fórmula de rentabilidad se seleccionó aquella que presente mayor margen utilitario.

$$\text{Rentabilidad} = (\text{Ingresos netos}/\text{Costos totales}) * 100$$

Así también se realizó un análisis de rentabilidad con la metodología del presupuesto parcial, para establecer los efectos de las mezclas de fertilizante utilizadas en ambas especies de cactáceas evaluadas. El procedimiento de cálculo fue el siguiente:

- Identificación de los rubros de costos relevantes (mano de obra, insumos, espacio utilizado, fertilizantes aplicado a cada mezcla).
- Estimación de los costos que varían.
- Estimación de las condicionantes.
- Estimación de los supuestos encontrados.
- Definición de los tratamientos.
- Estimación de los beneficios brutos y netos.
- Realización de análisis de dominancia.
- Cálculo de retorno marginal.

2.6.10 Manejo del experimento

Se seleccionaron plántulas del mismo tamaño y diámetro para su trasplante a bandejas de 286 espacios. El manejo se inició desde el segundo trasplante, debido a que las plántulas en semillero no soportan las cargas nutricionales de los cultivos con más edad. Los monitoreos del proceso de desarrollo de las plantas se realizó de forma periódica y con apuntes de las observaciones de campo.

2.6.11 Manejo agronómico

a. Inspección fitosanitaria

La planificación de muestreos y aplicaciones de plaguicidas es labor del área de Phyto, por lo que no

se hizo ninguna de estas actividades requeridas por el encargado.

b. Control fitosanitario

Para el control se realizaron prácticas de protección del cultivo, en los cuales se evito que sucedan encharcamientos en el sustrato de las bandejas, colocación de trampas para el díptero plaga y repelentes. A toda la evaluación e invernadero se le realizó el mismo control fitosanitario debido a que la variante a evaluar fue la fertilización.

c. Fertilización

Las aplicaciones se realizaron mediante fertirriego en una solución con las fórmulas descritas en el apartado “2.7.6 Descripción de fertilización”

Las aplicaciones de fertirriego se realizaron por cuatro meses hasta la sustracción de las plantas por parte de la empresa, de forma semanal se aplicaron los días martes y jueves, durante esa temporada de producción. Los fertirriego se realizaron de forma manual mediante una bomba de mano con gota media. La fertirrigación en las cactáceas al ser tan pequeñas se hace necesario realizarla sobre toda la planta. Se espero que las aplicaciones con fertirriego en las variedades de cactus, respondiesen de forma positiva a la aplicación de las mezclas determinadas al inicio del experimento. Algunos de los micronutrientes se llevaron al 10% del óptimo debido a la edad de las cactáceas.

d. Riego

La forma de riego que se aplicó durante el proceso productivo ya establecido es llegar a mantener la humedad relativa necesaria en el sustrato durante las horas de la tarde. Los riegos están establecidos por la empresa por lo que se realizará mediante nebulización con la misma cantidad de lámina de riego (aproximadamente de 10 a 15 ml por planta) en intervalos de dos horas, tres veces al día, debido a que la única variable a evaluar fue la fertilización, así mismo la cantidad de riegos dependerá del clima exterior debido al efecto de temperatura que causa dentro del invernadero. Lo que dependio de la orden del encargado.

Figura 36.

Aplicación de riego



e. Trasplante

El paso de las plantas de las bandejas de semillero a las bandejas de crecimiento 1 fue realizado de forma manual, con sustrato peat moss.

Figura 37.

Trasplante manual de cactáceas.



2.7 Resultados

En la investigación se realizaron aplicaciones de diferentes mezclas de fertilizante en dos especies de cactáceas bajo condiciones controladas, con el fin de determinar el desarrollo de las cactáceas a diferentes niveles nutricionales. Las especies utilizadas en la evaluación fueron *Cereus forbesii* C.F.Först., que representa a las especies de exportación tipo columnar y *Echinopsis subdenudata* Cárdenas, para representar a las especies de tipo globular. La evaluación se implementó bajo un arreglo bifactorial combinatorio con un diseño completamente al azar, tomado como variables de respuesta indicadoras de desarrollo: crecimiento en altura medida en milímetros, diámetro en milímetros, biomasa del sistema radicular obtenida en gramos y de igual forma se realizó un análisis económico que indico la mezcla con mayor margen utilitario.

A continuación se presentan los resultados:

2.7.1 Evaluación del efecto de tres mezclas de fertilización sobre el crecimiento vertical y grosor de tallo

a. Crecimiento vertical del tallo de cactáceas

En los resultados para la variable crecimiento vertical del tallo se presentan los promedios obtenidos, en cactácea de tipo columnar en la mezcla 3 mostró un mayor promedio seguido del M1 y por último el M2. Para el caso del tipo globular la mezcla 1 mostró mayor promedio seguido del M3 y por último M2 (tabla 7), para ambas especies.

Tabla 7.

Promedio de crecimiento vertical del tallo de cactáceas.

Mezcla de fertilizantes	Promedio de crecimiento del tallo (mm)	
	Columnar (<i>C. forbesii</i>)	Globular (<i>E. subdenudata</i>)
M1	30.99	6.19
M2	24.66	3.90
M3	32.7	5.79

Figura 38.

Plantas promedio de las mezclas



Nota: descripción de caracteres: M#: mezcla#; B: Planta de tipo columnar *C. forbesii*, A: Planta de tipo globular *E. subdenudata*.

En la evaluación de las diferentes aplicaciones de fertilizante para la variable de crecimiento vertical o altura, según el análisis estadístico de la varianza a un nivel de significancia de 0.05, las mezclas evaluadas no son significativas en su aplicación para las dos especies *C. forbesii* y *E. subdenudata* (tabla 8), el nivel presente del coeficiente de variación es debido a la diferencia de crecimiento entre ambas especies, crecimiento columnar y globular respectivamente de 23.52%.

Tabla 8.

Análisis de varianza para la variable altura de tallo de cactáceas.

Análisis de varianza	N	R2	R2 AJ	CV	
Diámetro	24	0.92	0.90	23.52	
Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III)					
F.V.	Sc	Gl	Cm	F	P-valor
Modelo	3656.04	5	731.21	43.82	<0.0001
Especie	3500.78	1	3500.78	209.81	<0.0001
Mezcla	116.24	2	58.12	3.48	0.0526
Especie por mezcla	39.01	2	19.50	1.17	0.3332
Error	300.34	18	16.96		
total	3956.37	23			

Tabla 9.

Prueba de medias de Tukey para la variable de altura de tallo de cactáceas por especie.

Prueba de medias por especie		
Especie	Medias	Tukey > 0.05
G	5.29	B
C	29.45	A

Nota: G: especie globular y C: especie columnar.

Para esta variable se utilizaron dos especies de cactáceas una de tipo globular y otra de tipo columnar, por las características morfológicas, el crecimiento difiere una de la otra y como se puede observar en la prueba de medias por especie (tabla 9), existe diferencia significativa en la comparación del crecimiento de estas dos especies, la columnar posee un promedio mayor de crecimiento siendo este 29.45 milímetros sobre la globular que presentó un promedio de 5.29 milímetros.

Tabla 10.

Prueba de medias de Tukey para la variable altura con respecto a las mezclas.

Prueba de medias por mezcla		
Mezcla	Medias	Tukey > 0.05
3	19.24	A
1	18.59	A
2	14.28	A

En la prueba de medias las mezclas 3, 2 y 1 están categorizadas de forma que son similares, al comparar las medias la mezcla 2 es la más baja, como se comprueba en la tabla 10. Con respecto a las mezclas como se puede observar en la tabla 8, no muestra significancia, concluyendo que las mezclas no influyen en el crecimiento en la altura sin importar la especie. Las medias que presentaron por mezcla son: mezcla 3 de 19.24 milímetros, la mezcla 1 presentó 18.59 milímetros, que presentaron las medias más elevadas y la mezcla 2 de 14.28 milímetros siendo esta la más baja.

Tabla 11.

Prueba de medias de Tukey para la interacción de Mezcla X Especie y categorización visual de calidad.

Interacción	Mezcla	Especie	Promedio (mm)	Tukey > 0.05	Vigorosidad (visual)
1xG	1	G	6.19	B	X
2xG	2	G	3.90	B	Y
3xG	3	G	5.79	B	X
1xC	1	C	30.99	A	X
2xC	2	C	24.66	A	Y
3xC	3	C	32.7	A	X

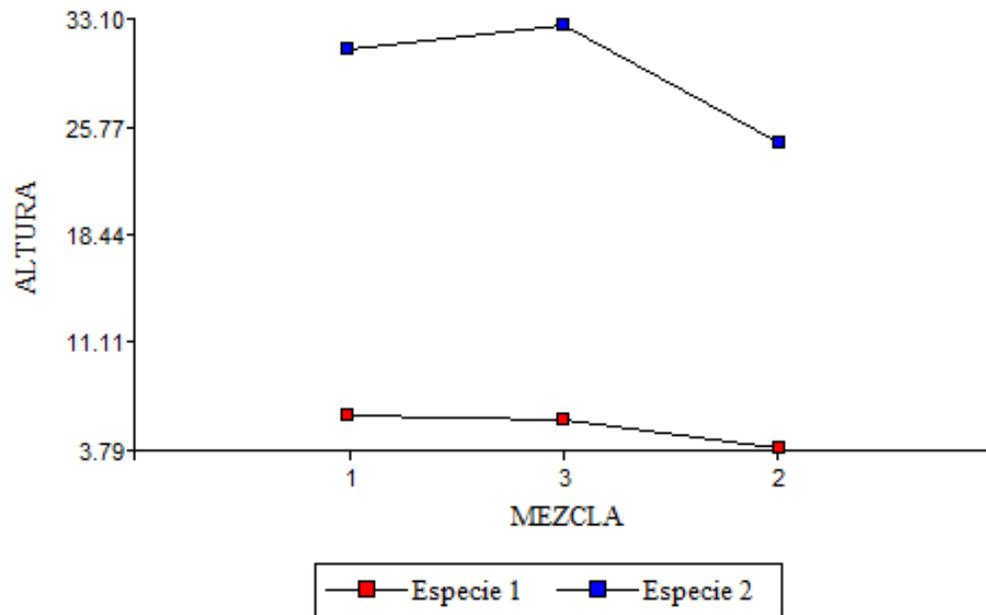
Nota: El carácter de especie globular es G y C para la especie columnar. Es representado con letra **X**: plantas de al menos 25 milímetros en columnares, para el caso de globulares 4.5 milímetros de crecimiento. En ambas estar turgentes y presentar una coloración verde claro a verde grisáceo, **Y**: Plantas con crecimiento menor a 25 milímetros en columnares y en globulares menor a 4.5 milímetros. Ambas especies presentan poca turgencia y la coloración verde grisáceo.

La diferencia de la media entre interacciones es la siguiente, para el caso de la especie globular (G): (1xG) vs (2xG) se tuvo una diferencia de 2.29 milímetros, (3xG) vs (2xG) presentó una diferencia 1.89 milímetros y (1xG) vs (3xG) de 0.4 milímetros. La apariencia visual de las plantas de (1xG) y (3xG) que muestran mayor media de altura en comparación al (2xG) (ver tabla 11), lo que visualmente para los estándares de calidad es un producto con un desarrollo óptimo, debido a que según la empresa HFT Seedservices, S.A., el estándar de calidad debe ser crecimiento en altura de al menos 4.5 milímetros, estar turgentes y coloración verde claro a grisáceo, en la fase de producción 2 a los 120 días después del trasplante.

Los resultados para la variable de crecimiento vertical de tallo de cactáceas columnares (C) muestra las siguientes diferencias: interacción (1xC) vs (2xC) presenta una diferencia de 6.33 milímetros, en el caso de (3xC) vs (2xC) la diferencia es de 8.04 milímetros y la interacción (1xC) vs (3xC) con una diferencia de 1.71 milímetros. (1xC) y (3xC) presentaron las mayores medias de altura (tabla 11) y son cumplidas las condiciones de calidad en cuanto a la apariencia visual, debido a que según la empresa HFT Seedservices, S.A., las plantas de calidad deben tener un crecimiento en altura de por lo menos 25 milímetros, estar turgentes y tener una coloración verde claro a grisáceo, en la fase de producción 2 a los 120 días después del trasplante.

Figura 39.

Promedio de crecimiento en altura de tallo con base a especie y mezcla

**Figura 40.**

C. forbesii especie representativa de cactáceas columnares (izquierda) y *E. subdenudata* especie representativa de cactáceas globulares (derecha).



b. Crecimiento en diámetro del tallo de cactáceas

Los resultados para la variable de crecimiento de diámetro del tallo de cactáceas fueron, en cactáceas

de tipo columnar la mezcla 3 mostró el mayor promedio seguido por M1 y por último la M2. En la cactácea de tipo globular la mezcla 1 presentó el mayor promedio, luego la M3 y M2 por último.

Tabla 12.

Promedio de crecimiento en diámetro del tallo.

Mezcla	Promedio de crecimiento en diámetro del tallo (mm)	
	Columnar (<i>C. forbesii</i>)	Globular (<i>E. subdenudata</i>)
Mezcla 1	2.32	2.49
Mezcla 2	2.23	1.14
Mezcla 3	3.14	1.95

Los resultados obtenidos del análisis estadístico realizados a la variable diámetro mostraron que a un nivel de significancia de 0.05, tanto el factor especie como el factor mezcla fueron significativos, no así el efecto de la interacción, el nivel del coeficiente de variación representa la diferencia de crecimiento morfológico entre ambas especies con 16.31%. Los resultados del ANDEVA se muestran en la tabla 13.

Tabla 13.

Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo de cactáceas.

Análisis de varianza	N	R2	R2 AJ	CV	
Diámetro	24	0.52	0.38	16.31	
Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III)					
F.V.	Sc	Gl	Cm	F	P-valor
Modelo	1.09	5	0.22	3.85	0.015
Especie	0.39	1	0.39	6.96	0.0167
Mezcla	0.45	2	0.22	3.97	0.0374
Especie por mezcla	0.25	2	0.12	2.19	0.1412
Error	1.02	18	0.06		
Total	2.10	23			

Tabla 14.

Prueba de medias de Tukey para la variable diámetro de tallo de cactáceas por especie.

Prueba de medias por especie		
Especie	Medias milímetros	Tukey > 0.05
G	1.86	B
C	2.56	A

Nota: El carácter de especie globular es G y C para la especie columnar.

En la tabla 13 se observa en el análisis de varianza, en la cual se presenta diferencia significativa entre el diámetro de estas dos especies, siendo la columnar la que posee la media mayor de 2.56 milímetros sobre la globular que presentó un promedio de 1.86 milímetros (tabla 14).

Tabla 15.

Prueba de medias de Tukey para la variable diámetro con respecto a las mezclas.

Prueba de medias por mezcla		
Mezcla	Medias milímetros	Tukey > 0.05
3	2.54	A
1	2.40	A
2	1.68	B

Se determinó que las mezclas 1 y 3 presentaron las mejores medias en diámetro del tallo, existiendo diferencia significativa en comparación a la mezcla 2, la cual presentó un diámetro menor (tabla 15). La diferencia de la media entre diámetros de las mezclas es la siguiente: mezcla 1 vs mezcla 2 tuvo una diferencia de 0.72 milímetros, mezcla 3 vs mezcla 2 presentó una diferencia de 0.86 milímetros y para la mezcla 1 vs mezcla 3 una diferencia de 0.14 milímetros. Tomar en cuenta que, visualmente la presentación de las plantas es importante, siendo plantas turgentes con coloración verde claro a grisáceo.

Tabla 16.

Prueba de medias de Tukey para la interacción de Mezcla X Especie.

Interacción	Mezcla	Especie	Promedio (mm)	Tukey > 0.05
1xG	1	G	2.49	B
2xG	2	G	1.14	C
3xG	3	G	1.95	B
1xC	1	C	2.32	B
2xC	2	C	2.23	B
3xC	3	C	3.14	A

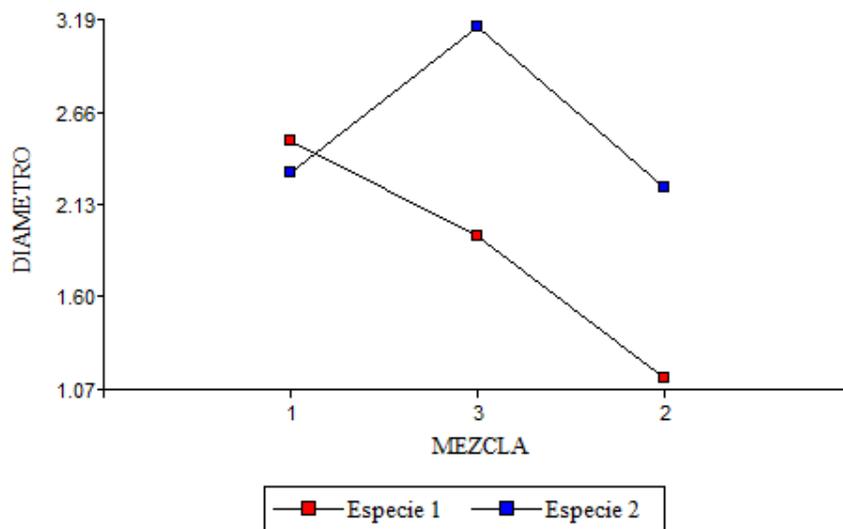
Nota: El carácter de especie globular es G y C para la especie columnar.

La diferencia de medias entre interacciones es la siguiente, para el caso de la especie globular (G): (1xG) vs (2xG) se tuvo una diferencia de 1.35 milímetros, (3xG) vs (2xG) presentó una diferencia 0.81 milímetros y (1xG) vs (3xG) presentó una de diferencia de 0.54 milímetros. Según la apariencia visual de las plantas, la interacción (1xG) muestra una vigorosidad mayor en comparación (2xG) y (3xG) como se muestra en la tabla 16, según la empresa HFT Seedservices, S.A., las plantas de calidad deben tener un crecimiento en diámetro de al menos 2 milímetros, en la fase de producción 2.

Los resultados para la variable de crecimiento en diámetro del tallo en columnares (C) muestran las siguientes diferencias: (1xC) vs (2xC) presenta una diferencia de 0.09 milímetros, en el caso de (3xC) vs (2xC) la diferencia es de 0.91 milímetros y (3xC) vs (1xC) mostró una diferencia de 0.82 milímetros. Las interacciones (3xC) y (1xC) presentaron el mayor diámetro (tabla 16) y cumplen con las condiciones óptimas en cuanto a la apariencia visual puesto que, para empresa HFT Seedservices, S.A., las plantas de calidad deben tener un crecimiento en diámetro de por lo menos 2.25 milímetros en diámetro, en la fase de producción 2. En el promedio de la variable diámetro la representación en las interacciones son no significativas (figura 41).

Figura 41.

Promedio de crecimiento en diámetro de tallo comparando especie y mezcla.



2.7.2 Producción de biomasa en sistema radicular de cactáceas.

En los resultados para la variable crecimiento vertical del tallo se presentan los promedios obtenidos, en ambos tipos de cactáceas, la mezcla 1 mostró el mayor promedio seguido del M3 y por último el M2.

Tabla 17.

Promedio de biomasa en sistema radicular de cactáceas.

Mezcla	Promedio de producción de biomasa del sistema radicular (g)	
	Columnar (<i>C. forbesii</i>)	Globular (<i>E. subdenudata</i>)
Mezcla 1	0.38	0.20
Mezcla 2	0.25	0.14
Mezcla 3	0.37	0.20

En la evaluación de las diferente mezclas de fertilizante, para la variable de producción de biomasa del sistema radicular según el análisis estadístico de varianza, con un nivel de significancia de 0.05, las mezclas evaluadas si son significativas así también la especie, por el contrario, la interacción no presenta significancia, el coeficiente de variación representa la diferencia morfológica entre las dos especies con un 7.17% .

Tabla 18.

Análisis de varianza para la producción de biomasa del sistema radicular de cactáceas.

Análisis de varianza	N	R2	R2 AJ	CV
Biomasa de raíz	24	0.89	0.86	7.17

Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III)

F.V.	Sc	G1	Cm	F	P-valor
Modelo	0.18	5	0.04	29.24	<0.0001
Especie	0.13	1	0.14	105.51	<0.0001
Mezcla	0.05	2	0.02	19.27	<0.0001
Especie por mezcla	0.03	2	1.4E-03	1.07	0.3638
Error	0.02	18	1.3E-03		
Total	0.21	23			

Tabla 19.

Prueba de medias de Tukey para la variable biomasa radicular de cactáceas por especie.

Prueba de medias por especie

Especie	Promedio (g)	Tukey > 0.05
C	0.33	A
G	0.18	B

Nota: El carácter de especie globular es G y C para la especie columnar.

En los resultados de las diferentes aplicaciones a las especies en el cuadro de análisis de varianza, a un nivel de significancia de 0.05, muestra que si existe diferencia significativa en la biomasa creada por las plantas (tabla 18). En los resultados de la prueba de medias por especie, la columnar presentó una media de 0.33 gramos sobre las globulares con una media de 0.18 gramos (tabla 19).

Tabla 20.

Prueba de medias de Tukey para la variable biomasa del sistema radicular con respecto a las mezclas.

Prueba de medias por mezcla

Mezcla	Promedio (g)	Tukey > 0.05
1	0.29	A
3	0.29	A
2	0.19	B

Los resultados en evaluación de las mezclas en las diferentes especies para la variable de producción

de biomasa en sistema radicular de cactáceas, mostró que las mezclas 1 con media de 0.29 de igual nivel con la mezcla 3, que presentaron diferencia significativa en comparación a la mezcla 2. La diferencia de la media entre mezclas es la siguiente: M1 vs M2 tiene una diferencia de 0.10 gramos, M3 vs M2 presenta una diferencia de 0.10 gramos y M1 vs M3 de 0 gramos. Por consiguiente, la apariencia visual de las plantas M1 y M3 muestran mejor vigorosidad en el sistema radicular en comparación a M2, que para los estándares de calidad es un buen producto, para HFT Seedservices, S.A., el carácter de calidad para el sistema radicular es únicamente como indicador de desarrollo de la planta (tabla 20), en la fase de producción 2.

Tabla 21.

Prueba de medias de Tukey para la interacción de Mezcla X Especie.

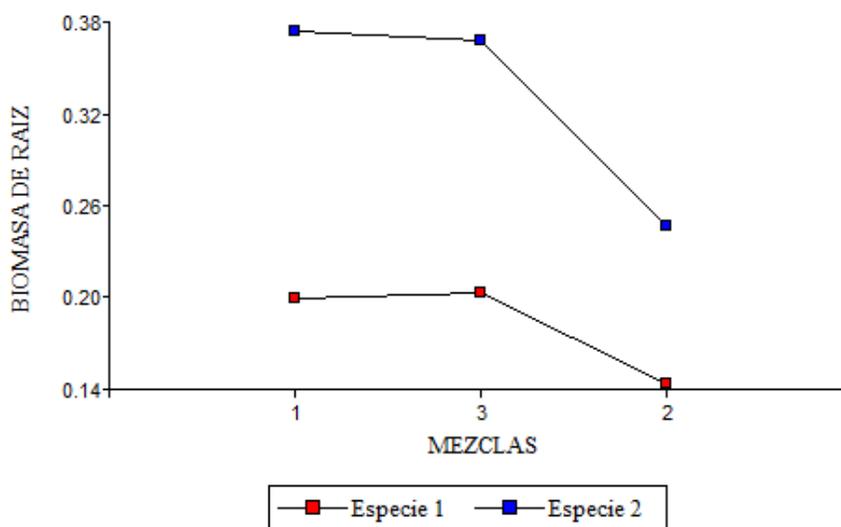
Interacción	Especie	Mezcla	Promedio (g)	Tukey > 0.05
1xC	C	1	0.38	A
3xC	C	3	0.37	A
2xC	C	2	0.25	B
1xG	G	1	0.20	C
3xG	G	3	0.20	C
2xG	G	2	0.14	D

La diferencia de la media entre interacciones es la siguiente, para el caso de la especie globular (G): (1xG) vs (2xG) se tuvo una diferencia de 0.06 gramos, (3xG) vs (2xG) presentó una diferencia 0.06 gramos y (1xG) vs (3xG) presentó una de diferencia de 0 gramos. La apariencia visual de las plantas, (1xG) y (3xG) mostraron una mayor biomasa en comparación a (2xG) (tabla 21), según la empresa HFT Seedservices, S.A., utilizado como indicador de desarrollo en la fase de producción 2.

Los resultados para la variable de crecimiento en producción de biomasa radicular en columnares (C) muestran las siguientes diferencias: (1xC) vs (2xC) presenta una diferencia de 0.13 gramos, en el caso de (3xC) vs (2xC) la diferencia es de 0.12 gramos y (1xC) vs (3xC) con una diferencia de 0.01 gramos. Las interacciones (1xC) y (3xC) presentaron la mayor biomasa radicular (ver tabla 21) y cumplen con las condiciones óptimas en cuanto a la apariencia visual, ya que según los estándares de la empresa HFT Seedservices, S.A., como indicador de desarrollo en la fase de producción 2. En la interacción de la variable se obtuvo que es no significativa por lo que no existe interacción entre especies (Figura 42).

Figura 42.

Promedio de producción de biomasa del sistema radicular.



En la figura 38 se observa que las aplicaciones de las mezclas de fertilizante generan crecimiento variable en las especies de cactáceas utilizadas, demostrando que para la evasión de variabilidad fisiológicas se hace necesario la experimentación de fertilización en diferentes dosificaciones y frecuencias (INIFAP, 2010).

En los resultados presentados la M1 y M3 mostraron las mejores medias, así mismo se confirma de forma visual una mayor vigorosidad en comparación a M2, según HFT Seedservices, S.A., tener una planta de calidad conlleva turgencia y coloración verde claro a grisáceo. Estadísticamente no existe diferencias significativas entre los tratamientos según la altura de la planta, sin embargo, si existe diferencia significativa, para el diámetro del tallo, biomasa del sistema radicular y un buen resultado en el contexto económico. La diversidad de fertilización en la producción de cactáceas puede ser muy extrema, es por ello que se busca establecer una mezcla de fertilización acorde a las necesidades del cultivo con base a la edad, sustrato utilizado y las necesidades de las plantas (Hernández, 2004).

Figura 43.

Muestreo de sustrato: demostración de esterilidad.



Al ser un sustrato estéril se hace necesaria la aplicación de nutrientes al cultivo, con el objetivo de proporcionar los elementos necesarios para su óptimo desarrollo, asegurando esto mediante la utilización de un análisis de sustrato, inicialmente aportando una provisión óptima de nitrógeno, fósforo y potasio, para un buen desarrollo del sistema radicular y parte aérea (Cabrera, 2013).

Las cactáceas pertenecen al grupo de las suculentas que son de crecimiento relativamente lento, por ende, no requieren excesiva fertilización, siendo recomendadas aquellas mezclas completas con micronutrientes, en las cuales el nivel de nitrógeno no exceda a los demás elementos son las ideales (ver tabla 4), como las aplicadas en la evaluación (ASYCS, 2010). Esto es reafirmado por Gómez (2002), menciona que estas plantas requieren una relación en nutrientes en las cuales el nitrógeno no pase en cantidad aplicada a los demás macronutrientes, aportando micronutrientes para un óptimo desarrollo.

Los fertilizantes se subdividen en elementos primarios, nitrógeno, fósforo y potasio; secundarios, azufre, calcio, magnesio requerido en cantidades mayores. Otros elementos son necesarios en cantidades muy pequeñas, puesto que una concentración alta puede ser perjudicial para la producción. Con base a la compatibilidad de los fertilizantes teóricamente una pequeña varianza en los niveles nutricionales especialmente de los micronutrientes, puede provocar reacciones entre sí, dejando residuos con malas características físicas y químicas (Pérez & Rodríguez, 2017).

Como se observa en la mezcla 2 al utilizar sustratos con recomendaciones de fertilización no adecuadas para estas especies, puede provocar la obtención de plantas con desarrollo variable, lo que así mismo puede incidir en pérdida del material vegetativo en la fase de producción en vivero o invernadero, según Manuel (2016). Al haber un cambio en los nutrientes, teóricamente ocurrió en la mezcla 2 mayor incompatibilidad, dando como resultado una planta que no llena los requisitos de calidad.

Al presentarse en las mezclas 1 y 3 resultados similares en tanto a la coloración, turgencia, crecimiento en altura y diámetro (ver figura 38), se necesitó determinar la mezcla que represente la mejor inversión económica, para determinar costos y rentabilidad, esto mediante la realización de un análisis económico y un costo de producción. A continuación, se presentan con datos reales en quetzales:

2.7.3 Análisis económico

a. Costos que varían para la evaluación

Insumos en fertilización

Testigo relativo = M3 y Mezcla 1 = M1

b. Condicionantes

Mezclas son diferentes ver tabla 4 y tabla 5 en la que observan las concentraciones de los nutrientes puros y comerciales por litro.

M3 = Q 14.4 fertilizantes solubles.

M1 = Q 11.4 fertilizantes solubles

c. Supuestos

Espacio en invernadero $2.36 \text{ m}^2 = \text{Q } 91.00$

Jornales para establecer y mantener 2,288 plantas = Q 96.15

Depreciación de equipo = Q 6.64

Insumos = Q 131.39

Costos de administración = Q 139.09

d. Mezclas

M1 = 2,288 plantas con aplicación de fertirriego, mezcla 1.

M3 = 2,288 plantas con aplicación de fertirriego, mezcla 3.

e. Estimación de beneficios brutos y netos

Tabla 22.

Beneficios brutos y netos.

Mezclas	Rendimiento	Precio de venta	Beneficios bruto	Costo que varían	Beneficio neto
M3	1500	0.43	645.00	14.4	631.4
M1	1500	0.46	690.00	11.4	678.6

f. Análisis de dominancia

Tabla 23.

Dominancia.

Mezclas	Costo que varían	Beneficio neto	Conclusión
M1	11.4	678.6	No dominado
M3	14.4	631.4	Dominado

g. Análisis de tasa de retorno marginal

Tabla 24.

Retorno marginal.

Mezclas	Costo que varían	Beneficio neto	Cambio en BN	Cambio en CV	TRM%
M1	11.4	678.6	47.2	3	15.73
M3	14.4	631.4			

Tabla 25.

Tabla de resumen de rentabilidad por mezcla.

Mezclas	Rentabilidad
M1	39%
M2	No apto para aplicación de campo.
M3	34%

h. Análisis económico

Con base al análisis económico se observa que la mezcla 1 representó la mejor inversión económica en comparación a la mezcla 3, por lo que, para su aplicación se presentan los mejores resultados en todas las variables de respuesta medidas. Reafirmado en la tabla 26A rentabilidad del costos de producción, el valor varió según el tratamiento al que se usó de base para el ejercicio. Dando como resultado del M1 una rentabilidad aproximada del 39% y en su lugar M3 con una rentabilidad aproximada del 34%. Al realizar la aplicación dimensional al espacio ocupado por las cactáceas se obtuvieron datos más precisos para la producción a mayor escala.

2.8 Conclusiones

- En la evaluación de mezclas no existió diferencia significativa estadística en el crecimiento de altura (milímetros) para las dos especies evaluadas; sin embargo, se observó que las mezclas 1 y 3 presentaron medias y vigorosidad mayores, de igual forma se determinó que, para la variable diámetro (milímetros), la que presentó mejor desarrollo en las plantas, fueron las mezclas 1 y 3 con resultados significantes en comparación con la fórmula 2 con la menor media y estadísticamente diferente.
- En la evaluación de la producción de biomasa del sistema radicular con las diferentes mezcla de fertilizante, se obtuvo mayor producción de biomasa con las mezclas 1 y 3 (gramos), descartando la mezcla 2 que es significativamente menor a las demás.
- Las mezclas 1 y 3 presentaron resultados similares a la hora de fertirrigación. Se procedió a hacer un análisis económico que indicó aquella mezcla que proporcionó mayor rentabilidad y que visualmente presente buena calidad según el estándar de HFT Sedservices S.A., siendo esta la mezcla 1. En la mezcla 3 presentó 34% de rentabilidad y la mezcla 1 con rentabilidad de 39% proporcionando mayor margen utilitario.

2.9 Recomendaciones

- Es recomendable aplicar la mezcla 1 la cual presentó los mejores resultados en crecimiento vegetativo y ámbito económico, además seguir realizando experimentación en niveles nutricionales del cultivo en producción para especificar aún más las necesidades de estas plantas con objeto de utilizar únicamente las cantidades de fertilizante necesaria, y encontrar formas de disminuir los costos de producción para aumentar la rentabilidad.
- Realizar investigación acerca de productos químicos que puedan ayudar a disminuir la incidencia de algas en las superficie del sustrato de las bandejas de producción fase 2 y 3, esto debido a la impermeabilización que estas crean, observadas en la producción general del invernadero.
- Investigar la posibilidad de iniciar proyecto de reproducción de cactáceas de forma sexual, incluidas todas las actividades que conlleva, para disminuir los costos en tanto a compra de semillas.

2.10 Referencias

- Anderson, E. (2001). *The Cactus Family*.
<https://xochimankimx.files.wordpress.com/2015/04/ander0881924989.pdf>
- Asociación Yucateca de Cactáceas y Suculentas. (2010). *Manual básico para el cultivo de cactáceas y suculentas*. .
https://asycs.weebly.com/uploads/4/6/5/1/4651414/manual_bsico_para_el_cultivo_de_cactceas_y_suculentas_asycs.pdf
- Barthlott, & Hunt. (1993). *Cactaceae* (p. 161). https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1007/978-3-662-02899-5_17
- Bautista, P. (2012). *Función ecológica de la concentración de raíces bajo sequía en especies de plántulas suculentas: estudio de caso en agaváceas y cactáceas*.
<https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/546/3/TMIPICYTP6F82012.pdf>
- Bueno, V., & Pumed, J. (2017). *Los cactus*.
http://jardibotanic.org/fotos/pdf/publicacion_2_111_CACTUS-ESP-BAJAaaa.pdf
- Cabrera, P. (2013). *Evaluación del cactus (Acanthocereus spp., Cactácea) con tres abonos orgánicos*.
<http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/06/04/Cabrera-Pablo.pdf>
- Ceroni, A., & Castro, V. (2013). *Manual de cactus: Identificación y Origen*.
<https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/manual+de+cactus.compressed.pdf>
- Espinosa, F. S., Pablo, J., & Ramos, A. (2013). *Cactáceas Nativas De Chile*.
https://www.academia.edu/28512343/Cactaceas_chilenas?email_work_card=view-paper
- Gómez, A. (2002). *Propagación y Mantenimiento de Cactáceas*.
<https://rincondemaestros.com/wp-content/uploads/2019/03/97-1.pdf>
- Gonzálves, V., & Pomares, F. (2008). *La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos*.
<https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/manuales-tecnicos/manual-fertilizacion->

fpomares.pdf

Hernández, P. (2004). *Manejo de la fertirrigación en cactáceas*.

<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/476/1/Pablo%20Gerardo%20Hernandez%20Diaz.pdf>

Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar (IARNA-URL). (2018). *Ecosistemas de Guatemala*.

<http://www.infoiarna.org.gt/wp-content/uploads/2019/02/Ecosistemas-de-Guatemala-final.pdf>

Instituto de biología Universidad Nacional Autónoma de México. (2012). *Flora del Valle de Tehuacan-Cuicatlan*.

https://www.academia.edu/33232136/Libro_de_cactaceas_valle_de_tehuacan_biologia_unam?email_work_card=view-paper

Instituto Nacional de investigación Forestal Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). (2017). *Producción de cactáceas de tipo globoso en invernadero con fertirriego*.

http://inifapcirne.gob.mx/Eventos/2018/NOTA_107.pdf

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, A. y pecuarias. (2010). *Manual para la cosecha y beneficio de semilla de cactáceas ornamentales* (Vol. 1).

<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/869.pdf>

Kelly, J., & Grumbles, R. (2009). *Cactus, Agave, Yucca and Ocotillo*.

<https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1225.pdf>

Mamaní, C., & Ortega, P. (2019). *El género Cereus Mill. (Cereae, Cactaceae) en argentina: diversidad taxonómica, distribución geográfica y estado poblacional*.

https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/27855/RIUNNE_FACENA_TD_Maman%C3%AD_CM.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Manuel, A. (2016). *Efecto de la Fertilización Foliar en el Desarrollo de Plántulas de Echinocactus platyacanthus Link&Otto*.

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8132/64131%20ARREDONDO%20ARREDONDO,%20MANUEL%20ALEJANDRO%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

- Mayen, P. (2001). *Las Cactáceas de México*.
<http://bva.colech.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/HASH01036c0d6acfbebcdb2ceedb/doc.pdf?sequence=28>
- Medina, J. (2015). *Documentar las relaciones Hídricas y requerimientos nutricionales de la pitaya amarilla Selenicereus megalanthus (K.Schum. ex Vaupel) Moran, Durante distintas etapas fenológicas del cultivo en tres localidades del Valle de Cauca*.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57117>
- Nassar, J., Rojas, M., Villalobos, S., Albesiano, A., Peñas, M., Nassar, J., Scheinvar, R., Arias, L., & Albesiano, A. (2008). *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas*. 5, 1–9. http://www.ibiologia.unam.mx/slccs/www/pdf/Boletin/5_1_ene-abr_08.pdf
- Neyra, J. (2014). *Cactáceas de Tacna*.
https://www.researchgate.net/publication/283644660_Cactaceas_de_Tacna
- Orrabalis, C., Rodríguez, D., Pampillo, L. G., Londoño-Calderón, C., Trinidad, M., & Martínez-García, R. (2019). *Characterization of nanocellulose obtained from cereus forbesii (a South american cactus)*. *Materials Research*, 22(6), 1–10. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2019-0243>
- Ortega-Baes, P., Galíndez, G., Sühring, S., Rojas-Aréchiga, M., Daws, M. I., & Pritchard, H. W. (2011). *Seed germination of Echinopsis schickendantzii (Cactaceae): The effects of constant and alternating temperatures*. *Seed Science and Technology*, 39(1), 219–224.
<https://doi.org/10.15258/sst.2011.39.1.21>
- Pereira, C., Maycotte, C., Restrepo, B., Mauro, F., Montes, A., & Velarde, M. (2011). *Sistemas de producción vegetal II* (Vol. 1).
https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4781/sistemas_de_produccion_vegetal_2.pdf
- Perez, E., & Rodriguez, D. (2017, October 18). *Estudio físico-químico para la formulación de un fertilizante líquido de composición completa*. 4.

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/31551/31282>

Salas, L. (2014). *Aplicación de Zeolitas en la propagación de Cactáceas en dos zonas ecológicas del noreste de México*. <http://eprints.uanl.mx/4012/1/1080253540.pdf>

Sanchez, H. (1978). *Las Cactáceas de México* (Vol. 1).

https://www.academia.edu/39916393/Bravo_Hollis_H_Las_Cactaceas_de_Mexico_Vol?email_work_card=view-paper

Schulze, J. (2004). *Elaboración de una guía ilustrada de Cactáceas en Honduras*.

<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5631/1/IAD-2004-T024.pdf>

Serrato, S. (2014). *Modelo de muros verdes con plantas crasas para el oriente de la ciudad de México*.

https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_serrato_gallardo.pdf

Torres, U. (2013). *Evaluación de seis mezclas de sustratos alternativos en la producción de plantulas de lechuga *Lactuca sativa* L.*

<https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/3474/IAF1MEZ01301.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. (2017). *Importancia de las cactáceas*.

<http://www3.uacj.mx/ICB/UEB/Documents/2018/Hojas%20tecnicas/14.%20Importancia%20de%20las%20cactaceas.pdf>

Valencia, G. (1999). *Fisiología, nutrición y fertilización de café*.

<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/861/1/Introducci%C3%B3n.pdf>

Véliz, M. (2008). *Las Cactáceas de Guatemala*.

<http://cdc.usac.edu.gt/wp-content/uploads/2019/06/LasCactceasdeGuatemala.pdf>

Villanueva, E., Ibañez, S., Lomelí, R., & Valdez, J. (2013). *Identificación y caracterización de la mosca negra, *Bradysia Difformis* (Diptera: sciaridae) en el cultivo de Nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) en el centro de México*. *Acta Zool. Mex. (n.s.)*, 29(2), 364–375.

Villavicencio, E., Trejo, L., Bañuelos, L., López, Á., & Ostoa, G. (2019). *Nutrición mineral con nitrógeno, fósforo y potasio en la producción del barril azul en invernadero*. 313–321.

<http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v10nspe23/2007-0934-remexca-10-spe23-313.pdf>

Zalazar, G. O. (2013). *Respuesta de la Pitahaya amarilla (Cereus triangularis L.) a la aplicación complementaria de dos fertilizantes en tres dosis. Puesto de Quito, Pichincha* .

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1041/1/T-UCE-0004-19.pdf>

2.11 Anexos

Figura 44A.

Cactáceas de venta local.



Figura 45A.

Cactáceas de exportación.



Figura 46A.

Semillero de cactáceas.



Figura 47A.

Trasplante de bandeja fase 1 a bandeja fase 2.



Figura 48A.

Paso de fase de producción 2 a fase de producción 3.



Costos indirectos

Administración				33.90
IGSS				10.26
Financieros				33.90
Imprevistos				61.03
Total, costos indirectos				139.09

Costo total para 3.36 m2

Costo total				478.13
Producción esperada	Unidades	1500		
Precio de venta	Q		0.43	
Ingreso bruto				645
Ingreso neto				166.87
Rentabilidad	%			34.90

Costo total para nave de 500 m2

Costo total				71150.30
Producción esperada	Unidades	223214.3		
Precio de venta	Q		0.43	
Ingreso bruto				95982.15
Ingreso neto				24831.85
Rentabilidad	%			34.90

Producción de mezcla 1

Costo total				474.20
Producción esperada	Unidades	1500		
Precio de venta	Q		0.44	
Ingreso bruto				660
Ingreso neto				186
Rentabilidad	%			39.22

Tabla 27A.

Modelo de tabla de recolección de datos para cactáceas en milímetros y gramos.

Bloque (1 o 2)	Mezcla (R1, R2 o T)	# Bandeja	# de planta	Altura	Diámetro	Peso de raíz	Fecha
			1				
			2				
			3				
			4				
			5				
			6				
			7				
			8				
			9				
			10				

Nota: la tabla se utilizó para recolección de datos siendo el total a utilizar 168 tablas para las diferentes plantas, mezclas y bloques.



CAPÍTULO III

**SERVICIOS REALIZADOS EN HFT SEEDSERVICES S.A. ALDEA POTRERO
CARRILLO DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA.**

3.1 Introducción

HFT (Health Flexivity and Trust) SeedServices S.A. se encuentra ubicada en aldea Potrero Carrillo, departamento de Jalapa. La cuál se dedica a la producción de semilla híbrida de hortalizas como lo son: tomate (*Solanum lycopersicum* L.), chile pimiento (*Capsicum annuum* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.) y producción de cactáceas (*Cactaceae* sp.). Productos demandados por el mercado internacional de diferentes empresas según estándares de la certificación de “Good Plants and Seeds Practices (Buenas Prácticas en Plantas y Semillas)”.

Según el diagnóstico realizado se identificaron oportunidades de mejora. Debido a que la empresa se dedica a la producción bajo condiciones controladas, que requiere el manejo de diversas variables como: nutrición, factores climáticos, implementación de buenas prácticas agrícolas, el eficiente uso del recurso hídrico, optimización del rendimiento y el manejo integrado de plagas. Así mismo se encontró apoyo de inspección de estructura física del sistema de producción; optimización de información en germinación, crecimiento, mortalidad de cetáceas y caracterización de variedades de tomate.

Para contribuir a la mejora de producción bajo condiciones controladas, se realizaron los siguientes servicios: “verificación de la condición actual del sistema productivo determinado puntos críticos y mejora”, “monitoreo de parámetros productivos de cactáceas bajo condiciones controladas”; y “caracterización de los rasgos físicos de las líneas parentales del cultivo de tomate en condiciones controladas”. Se identificaron diferentes tipos de deterioros, el control de crecimiento de cactáceas y la diversidad de morfología presente en las líneas puras de tomate, recabados a través de observación y registro.

Se realizaron inspecciones en búsqueda de deterioros físicos en los invernaderos. Se detectaron puntos de mejora, para algunos deterioros se realizaron reparaciones temporales, así mismo se emitió un informe y se trasladó al área de mantenimiento, para continuar con las reparaciones con esto evitar accidentes los cuales puedan dañar la cobertura. Se obtuvo ampliación de la información de los parámetros productivos del proyecto de cactáceas, que ayudará a mejorar las planificaciones y proyecciones realizadas, aprovechando de mejor manera el espacio, tiempo e inversión realizada. La creación de antecedentes de producción de las variedades de tomate se dejó constancia de las diferencias morfológicas presentes en las variedades estudiadas, esta información recabada ayudará a la empresa productora a optimizar procesos y estructuras.

3.2 Servicio I: Verificación de la condición actual del sistema productivo determinando puntos críticos y mejora en HFT Seedservices S.A., Potrero Carrillo, Jalapa.

3.2.1 Objetivos

a. General

- Evaluar las condiciones actuales del sistema productivo para determinar puntos críticos y de mejora en HFT Seed Services S.A.

b. Específicos

- Detectar y reportar anomalías del sistema de cubierta de los invernaderos que se encuentren dentro del área de producción activa, para optimizar la utilización del sistema de protección agrícola.
- Corroborar que el sistema de riego automatizado funcione de acuerdo a la programación establecida para cada área de producción, para optimizar la utilización del recurso hídrico.
- Verificar que el sistema de inyección de CO₂ provea la concentración apropiada del compuesto y el sistema de calefacción se mantenga en un nivel de temperatura óptimo.

3.2.2 Metodología

- a. La cobertura de los invernaderos son plásticos especiales de protección contra insolación y lluvia que, comúnmente se dañan por el pasar del tiempo, por eventos meteorológicos o bien accidentes de los trabajadores; lo que puede causar daños y contaminación del cultivo mediante la filtración de esporas o entrada de plagas del exterior al interior del invernadero.

Se realizaron caminatas dentro de los invernaderos inspeccionando las paredes de la zona del cultivo, los techos de protección, la cobertura de las zonas de entrada y las ventanas de aireación, asegurando el estado (bien o deteriorado), en el que se encontraban al momento del recorrido.

En conjunto se realizó la toma de fotografías y apunte de los hallazgos. Se llevó a cabo la elaboración de informe, mediante el ingreso de datos al servidor empresarial; para dar seguimiento y solución. Las inspecciones de cobertura de los invernaderos, se realizaron en las semanas 2 y 4 de abril; semanas 2 y 4 de mayo; semanas 2 y 4 de junio; semanas 2 y 4 de julio; semanas 2 y 4 de agosto, en el día 6 (sábado).

- b. El sistema de riego es aquel que suple las necesidades hídricas del cultivo, por lo que, mantenerlo en buen funcionamiento es indispensable para la supervivencia de este, así mismo asegurando el desarrollo. Una práctica común para detectar problemas es realizar revisiones de las mangueras de goteo y de los sistemas de nebulización, especialmente en los cultivos jóvenes, propensos a marchitarse rápidamente debido al efecto invernadero creado por la estructura.

Se llevaron a cabo caminatas dentro de los invernaderos, observando el sistema de riego siendo de dos tipos: mangueras con goteo autocompensados y mangueras de riego con goteros. Dependiendo de la seriedad del daño encontrado, se procedió a hacer una reparación temporal o toma de datos del deterioro reportándolo de forma inmediata. Se realizó el informe de hallazgos, mediante el ingreso de datos al servidor empresarial; para dar seguimiento y solución.

La inspección del sistema de riego se llevó a cabo de la siguiente manera: semanas 1 y 3 de abril; semanas 1 y 3 de mayo; semanas 1 y 3 de junio; semanas 1 y 3 de julio; semanas 1 y 3 de agosto, en el día 6 (sábado) de las semanas descritas.

- c. El buen funcionamiento del sistema de calefacción y aireación, nos asegura que el ambiente cambiante de la zona no afectará al cultivo. El correcto funcionamiento de la calefacción, que incluye la apertura y cierre de las ventanas; y el paso de agua caliente en las tuberías/rieles, pueden influir en la supervivencia del cultivo.

Con lo anteriormente descrito, se realizaron monitoreos constantes anotando los hallazgos en una libreta de campo en conjunto de toma de fotografías. Las observaciones del sistema de calefacción e inyección de CO₂ se ingresaron a la base de datos del servidor empresarial para dar seguimiento y solución.

La inspección del sistema de inyección de CO₂ y calefacción se realizó de la siguiente forma: semanas 1 y 3 de abril; semanas 1 y 3 de mayo; semanas 1 y 3 de junio; semanas 1 y 3 de julio y semanas 1 y 3 de agosto, en las semanas descritas en el día 6 (sábado).

3.2.3 Resultados

Para el proceso de producción dentro del sistema invernadero, se hace necesario mantener inspecciones rutinarias, con objeto de mantener la calidad del producto final en condiciones óptimas para el proceso de exportación.

- **Anomalías del sistema de cubierta de los invernaderos en producción activa**

Tabla 28.

Inspección de plásticos cobertores.

Invernadero/fecha	Localización	Problema	Solución
C3/semana 1 de abril	Nave 3, segundo compartimiento ventana 3 dirección casa.	Ruptura de plástico de cobertura	Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo de prevención de problemas similares.
C3/semana 2 abril	Nave 1, segundo compartimiento ventana 1 dirección casa.	1. Ruptura de plástico de cobertura.	Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo de prevención de problemas similares.
C3/semana 3 abril	Nave 3 ventana dirección casa. Compartimiento 1 Nave 1, ventana ejoterros. Compartimiento 1.	Aumento de ruptura en ventana. Burbuja de agua en reparación antigua que puede provocar ruptura mayor.	Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo de prevención de problemas similares. Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo de prevención de problemas similares.
C6/semana 4 abril	Nave 1, pared de cultivo dirección ejoterros Nave 6, pared de cultivo dirección terlaak	Ruptura de pared que puede provocar filtración de plagas. Ruptura de pared que puede provocar problemas de traspaso de plagas de un invernadero a otro.	Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo de prevención de problemas similares. Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo de prevención de problemas similares.

Invernadero/fecha	Localización	Problema	Solución
C7/ semana 1 mayo	Hall de entrada de personal.	Agujero pared de hall que puede provocar filtración de plagas.	Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo de prevención de problemas similares.
E7/ semana 2 mayo	Hall de salida	Agujero en techo que puede provocar filtración de plagas.	Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo.
D5/ semana 3 mayo	Pared de cultivo dirección ter laak naves 1 y 6.	Ruptura de pared de cultivo.	Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo.
D6/ semana 4 mayo	Hall de salida de personal.	Agujeros que pueden ocasionar filtración de plagas.	Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo.
E5 / semana 1 junio	Pared de cultivo dirección casa. Hall de salida	Agujeros que pueden ocasionar filtración de plagas. Agujeros que pueden ocasionar filtración de plagas.	Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo. Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo.
E6/ semana 2 junio	Pared de cultivo dirección basurero. Nave 6, ventana dirección ejoteros.	Agujeros que pueden ocasionar filtración de plagas. Agujeros que pueden ocasionar filtración de plagas.	Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo. Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo.
F5/ semana 4 junio	Hall de entrada Pared de cultivo dirección terlaak Ventana 6 dirección basurero. Pared de cultivo dirección ter laak.	Agujeros que pueden ocasionar filtración de plagas. Agujeros que pueden ocasionar filtración de plagas. Agujero en malla antivirus.	Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo. Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo. Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo. Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo.

Invernadero/fecha	Localización	Problema	Solución
		Agujero que puede ocasionar filtración de plagas.	
F7/ semana 1 julio	Hall de salida	Agujero en cobertura de plástico que puede ocasionar filtración de plagas.	Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo.
M1, M2, M3/ semana 3 julio	Hall de entrada dirección ejoters Hall de salida.	Agujero y cortes en dirección ejoters que puede ocasionar filtración de plagas. Agujero el cual puede ocasionar filtración de plagas.	Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo. Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo.

Nota: Datos de las inspecciones de las coberturas de invernaderos de los recorridos realizados. En el primer cuadro se demarca el invernadero en revisión por semana, en el segundo apartado la localización del problema dentro del invernadero, en el apartado tercero el problema encontrado y el cuarto apartado la solución del problema. Cada uno de los invernaderos se enumeró el problema localización y solución de forma correlativa (Ej: D2-localización 1-problema 1-solución1)

Las rupturas por lo general son ocasionadas a las inclemencias climáticas de lluvia y viento. Las reparaciones por el área de mantenimiento son realizada según los reportes e importancia del problema afectado. Los problemas más comunes son rupturas encontrados en el área de los techos y ventanas de ventilación (figura 49A y figura 50A). En tabla 28 Inspección de plásticos cobertores se observó que los deterioros principalmente fueron en el techo (figura 50A) y en menor cantidad en las paredes

(figura 57A). Que constan de plásticos cobertores especializados en filtración de luz solar y mantenimiento de la temperatura de la estructura.

- **Hallazgos del sistema de riego de acuerdo a la programación en el área de producción activa**

Tabla 29.

Inspección del sistema de riego.

Invernadero/fecha	Localización	Problema	Solución
C3/semana 1 de abril	Nave 1 y 3 de compartiment o	Rupturas del sistema de riego	Reporte al encargado de invernadero. Cierre temporal con cinta de aislar.
C3/ semana 2 abril	Invernadero en general.	Sin riego	Reporte al encargado de riegos y priorización de riego de invernadero.
C7/ semana 1 mayo	Malezas en base a pared dirección ejotero	Aparición de helechos considerados malezas que pueden ser sustractores de humedad del cultivo.	Reporte al área de Phyto para la eliminación de las malezas y al rea de riego.
E7/ semana 2 mayo	Hall de salida	Ruptura de tubo de PVC	Cierre manual de la llave principal y reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo
D5/ semana 3 mayo	Nave 4	Riego de cultivo excesivo.	Reporte al área de riegos y cierre de llaves de paso de nave en cuestión.
D6/ semana 4 mayo	Invernadero en general.	Marchitez general de las plantas.	Reporte al área de riegos y envió de riego extra
E7 / semana 3 junio	Válvula madre #4	Fisura de válvula.	Reporte al área de mantenimiento.
F7/ semana 1 julio	Nave 4,5,6	Exceso de riego	Reporte al área de riego y cierre temporal de la zona de riego.
F8/ semana 2 julio	Nave 6 línea 72	Llave de final de manguera abierta, ocasionando uso excesivo de fertirriego	Cierre de manguera y aviso al encargado de invernadero.
M1, M2, M3/ semana 3 julio	Observación de plantas sospechosas	Clorosis, marchitamiento, falta de humedad, puntos negros,	Invernadero entero con problemas de fitopatógenos y riego. Reporte a encargada de producción de papas.

Invernadero/fecha	Localización	Problema	Solución
	de enfermedades.	quemaduras químicas, plantas viróticas.	
M1, M2, M3/ semana 4 Julio	Aparición de plantas sospechosas con virus, enfermedades y plagas. Invernadero en general	Plantas con enfermedades fúngicas y plagas (mosca blanca y trips), falta de humedad, aborto de frutos	Reporte al encargado de producción de papa y riegos
D3/ semana 1, 2 agosto	Invernadero en general. Invernadero en general.	Goteros de sistema de riego tapados Quemaduras químicas en algunas plantas.	Reporte al encargado del área de riegos para monitoreo continuo. Reporte al encargado de Phyto y verificación del equipo de aspersión en búsqueda de mal funcionamiento.
D2/ semana 3, 4 Julio	Invernadero en general.	Goteros de sistema de riego tapados	Reporte al encargado del área de riegos para monitoreo continuo.

Nota: Datos de inspecciones de sistemas de riego. En el primer cuadro se demarca el invernadero en revisión por semana, en el segundo apartado la localización del problema dentro del invernadero, en el apartado tercero el problema encontrado y el cuarto apartado la solución del problema. Cada uno de los invernaderos se enumeró el problema localización y solución de forma correlativa (Ej: D2-localización 1-problema 1-solución1)

En el sistema de riego generalmente ocurren rupturas en la zona del gotero o rupturas por accidente de personal, son reparadas por el área de riegos, dándole mayor importancia aquellas rupturas que puedan ocasionar encharcamientos que por consiguiente ocasionan daños a las plantas en producción, ver Tabla 29 Inspección del sistema de riego, en la cual se denotan que los deterioros de este sistema se deben a la antigüedad (figura 52A) de estos, el sistema de riego se obstruye impidiendo la llegada de agua al cultivo, así mismo las rupturas generalmente son ocasionadas por no soportar la presión de agua y por la vejez del material.

- **Verificación de funcionamiento del sistema de inyección de CO₂ y sistema de calefacción**

Tabla 30.*Inspección de sistema calefacción.*

Invernadero/fecha	Localización	Problema	Solución
C3/semana 1 de abril	Nave 1, segundo compartimiento, pantalla 3.	Enredo de pantalla térmica.	Apagado manual del movimiento de pantalla térmica y reporte al área de mantenimiento.
C3/ semana 2 abril	Nave 1 compartimiento 2, séptima pantalla térmica.	Ruptura de área se sujeción de pantalla térmica.	Apagado manual del movimiento de la pantalla y reporte al área de mantenimiento.
C7/ semana 1 mayo	Nave 6, pantalla térmica 7	Agujero en pantalla térmica que puede provocar filtración de luz extra causando quemaduras a las plantas o frutos.	Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo.
E7 / semana 3 junio	Nave 1, pantalla térmica 11	Enredo de pantalla térmica.	Apagado manual del movimiento de pantalla térmica y reporte al área de mantenimiento.
F5/ semana 4 junio	Nave 4 pantalla térmica 2, Nave 2 pantalla térmica 10, Nave 1 pantalla térmica 4, pantalla 6, pantalla térmica.	Agujeros en pantalla térmica que puede ocasionar quemaduras al cultivo en producción.	Reporte al área de mantenimiento para reparación y monitoreo.
M1, M2, M3/ semana 3 julio	Sistema de calefacción	Sobrecalentamiento del sistema que puede ocasionar deshidratación de los cultivos.	Reporte al encargado de riegos y reinicio del sistema de calefacción.

Nota: Datos de inspecciones de sistemas de calefacción. En el primer cuadro se demarca el invernadero en revisión por semana, en el segundo apartado la localización del problema dentro del invernadero, en el apartado tercero el problema encontrado y el cuarto apartado la solución del problema. Cada uno de los invernaderos se enumeró el problema localización y solución de forma correlativa (Ej: D2-localización 1-problema 1-solución1).

De forma general el sistema de calefacción por ser de materiales más resistentes, no tiene muchos problemas con excepción de las pantallas térmicas ver Tabla 30. Inspección de sistema calefacción que generalmente se rasgan por el continuo movimiento, dependiendo de las horas del día. Aunque en ocasiones existe un descontrol de la temperatura que llega a los invernaderos que causa un sobrecalentamiento pudiendo ocasionar deshidratación rápida del cultivo.

3.2.4 Conclusiones

- En las inspecciones realizadas en los diferentes invernaderos se encontró que: los plásticos cobertores que se deterioran o rasgan es principalmente en la zona del techo de los invernaderos, debido a que es la principal barrera de defensa contra las lluvias de la zona que son recurrentes en los meses de junio a noviembre. Otra de las formas de deterioro de las paredes de plástico de la zona de cultivo es por accidentes humanos generalmente por caídas del personal. Algunos agujeros que son reportados no se les da atención inmediatamente lo que puede amenazar el cultivo en producción a través de la filtración de plagas o enfermedades. Estas anomalías estructurales evitan lo que principalmente la producción bajo condiciones controladas persigue: producción fuera de época, incrementar la producción y mejorar las condiciones que le dan calidad al producto final (Lenschak & Iglesias, 2019).
- El sistema de riego de forma general se encuentra en un funcionamiento óptimo, pero en ocasiones los goteros de este sistema llegan a taparse. Debido a ello, al cultivo en producción no le llega la suficiente humedad. Este sistema de riego se tapa debido a la aparición de algas adentro, cerrando así los conductos de salida. Debido a esto pueden ocurrir rupturas en el sistema de riego que tienen mayor cantidad de tiempo de uso, necesitando mano de obra especializada-capacitada para el manejo y mantenimiento de estas (Liotta, 2015).
- El sistema de inyección de CO₂ y calefacción estando estrechamente relacionados, encontrándose en óptimo estado, estos sistemas inician desde la incineración del combustible en las calderas para el calentamiento de agua que a llega a los invernaderos a través de tuberías de acero galvanizado. Al quemar el combustible se obtienen liberaciones de gas CO₂ que por medio de una máquina de inyección se lleva a una tubería de plástico especializada que va directamente a los invernaderos en producción. Este sistema es más simple por lo que generalmente no hay daños en su estructura. Al tener descontrol en fertilización carbónica puede ocasionar efectos tóxicos causando bajas en la producción por lo que se mantienen horarios específicos de inyección durante cortos periodos de tiempo (Assumpció, *et all*, 2010).

3.2.5 Recomendaciones

- Realizar capacitación con el objetivo de enseñar la importancia de mantener el plástico cobertor en buen estado para evitar las filtraciones de plagas o enfermedades, enseñar al personal dentro del invernadero, cómo realizar parches de emergencia para reparar de forma temporal los agujeros que en las paredes de cultivo pudiesen aparecer.
- Realizar inventario de las mangueras en posesión de la empresa categorizándole por edad de uso, para estar más atentos a las posibles rupturas de los sistemas de riego, en los casos de que el sistema de riego se obstruya mostrar técnicas o métodos para realizar parches de emergencia o formas de liberar la obstrucción con objeto de evitar encharcamientos y aumento de humedad que ocasione el ambiente óptimo para el desarrollo de hongos fitopatógenos.
- En el sistema de inyección de CO₂ se aconseja realizar pruebas de inyección de este elemento con el objeto de determinar las dosis de inyección de CO₂ óptima y mejorar el proceso de desarrollo del cultivo, dándole el mejor ambiente posible. Realizar monitoreo de medición de CO₂ con objetivo de conocer el porcentaje que llega al invernadero y constatar si existiesen fugas al momento de la conducción de este desde las calderas hasta el invernadero.
- Realizar capacitaciones acerca de los sistemas dentro del invernadero para los empleados y mejorar así el mantenimiento óptimo de los sistemas, reportes precisos de los deterioros y rupturas dentro del área controlada.

3.2.6 Anexos

Tabla 31A.

Formato de revisión de invernadero.

Revisión	Comentario
Hall de entrada	
Actividad de invernadero	
Orden de cabinas	
Baño/guantes	
Llaves de paso de mangueras	
Tubería calefacción	
Válvulas madre	
Ventanas de techo	
Pantallas térmicas	
Rieles	
Ventiladores	
Hall de salida	
Sustrato	

Figura 49A.

Agujero en pared de cultivo.



Figura 50A.

Agujero en ventana de techo.

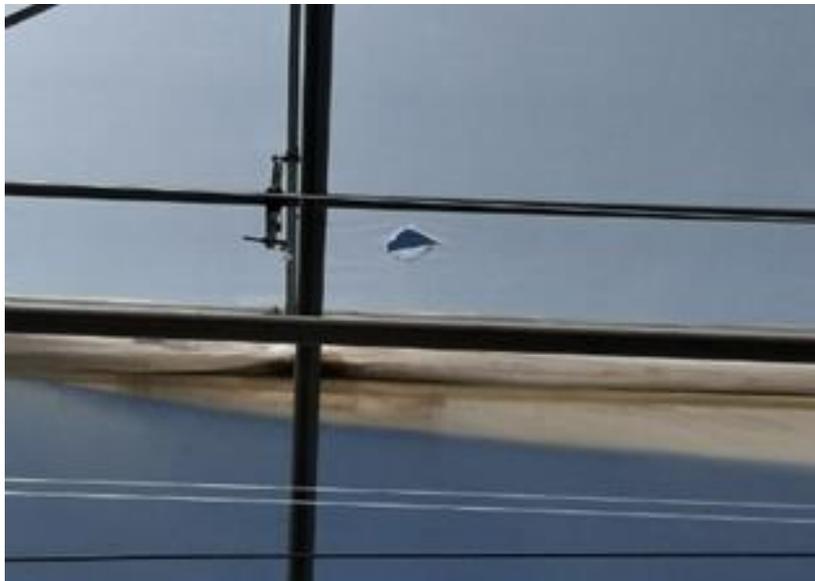


Figura 51A.

Agujero en pantalla térmica.

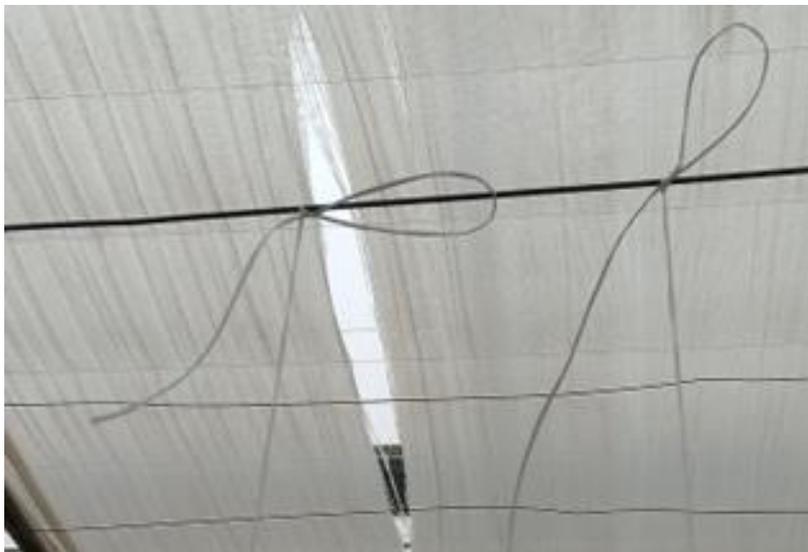


Figura 52A.

Fuga del sistema de riego por goteo.



Figura 53A.

Aborto de frutos por exceso de humedad.



Figura 54A.

Plantas con virosis en cultivo de papa.



Figura 55A.

Incidencia de hongos (Alternaria sp.) por humedad relativa alta.



Figura 56A.

Filtración de mosca blanca (Bemisia tabaci) por aberturas en paredes de cultivo.



Figura 57A.

Abertura en pared de Hall de salida.



3.3 Servicio II: Monitoreo de parámetros productivos de cactáceas bajo condiciones controladas HFT Seedservices S.A.

3.3.1 Objetivos

General

- Monitorear los parámetros productivos de Cactáceas bajo condiciones controladas en HFT Seedservices S.A.

Específico

- Realizar conteos de germinación en cada siembra de las especies de cactáceas que se encuentra en ciclo de producción en HFT, para determinar la calidad de la semilla.
- Determinar la tasa de crecimiento de las especies de cactáceas en dos fases de crecimiento dentro del proyecto de producción, optimizando la realización de estimaciones de producción.
- Determinar la mortalidad de las especies de cactáceas en dos fases de crecimiento dentro del proyecto productivo, para mejorar las proyecciones y planificación.

3.3.2 Metodología

- a. El monitoreo es una herramienta fundamental de recolección de datos, implementado periódicamente, utilizando como base la observación. Con la información obtenida se busca cuantificar la germinación de cactáceas, debido a que, la cantidad de plantas no germinadas es un indicador de pérdidas económicas para la empresa, por ende, es de suma importancia conocer el porcentaje de germinación.

Mediante recorridos realizados en el invernadero de cactáceas, se llevaron a cabo conteos de plantas germinadas en las diferentes especies, utilizando un contador mecánico. Posteriormente se tomaron fotografías y anotación de los datos recolectados, efectuando tabulación y presentación de los datos obtenidos en la germinación de cactáceas.

- b. La toma de datos de crecimiento de las variedades es un indicador del tiempo empleado para la producción del cactus, desde el semillero hasta la venta comercial.

Realizando recorridos al invernadero de producción, se etiquetaron y tomaron datos de crecimiento de las especies de cactáceas empleando un vernier digital. Posteriormente se tomaron fotografías y anotación de datos recolectados. Se elaboró la presentación de los datos obtenidos para determinar el desarrollo del crecimiento de cactáceas empleadas en la fase dos de producción en el invernadero generando antecedentes para mejorar la planificación que permitirá optimizar el uso del espacio y tiempo.

- c. Cuantificar la mortalidad conlleva al conteo de plantas que por diversos factores perecen antes de llegar a cumplir los estándares de calidad manejados por la empresa. Causando gastos económicos y la utilización de espacio innecesario.

Se Implementó una herramienta del método científico, observación; se pretendió visualizar daños físicos causadas por factores abióticos (alta humedad, daños mecánicos), se tomaron datos de mortalidad de las cactáceas en área de producción por las causas ya mencionadas. Los datos fueron tabulados y clasificados de cactáceas pedidas, finalizando con una presentación, quedando plasmando un antecedente para la optimización de la producción.

- d. El tiempo empleado en la toma de datos fue un factor clave, realizando los muestreos de los bloques de cactáceas una vez al mes durante los días 3 (miércoles) de la segunda semana de cada mes en un periodo de 7 meses. La tabulación de datos se realizó en los días 4 de la semana (jueves) iniciando con la creación de la base de datos para el inicio de antecedentes para la empresa.

3.3.3 Resultados

Con base en las observaciones, recorridos y mediciones realizadas dentro del invernadero de cactáceas, se obtuvieron datos importantes que ayudan a optimizar el proceso productivo, mostrando una tabla con el catálogo de cactáceas Ver tabla 32A que pueden ser elegidas para el proceso productivo, así mismo a través de los datos obtenidos se determinaron algunas características de desarrollo de las cactáceas. El conocer datos de desarrollo de las cactáceas permite planificar, pudiendo realizar predicciones acerca de la cantidad neta necesaria, para lograr el envío de las plantas solicitadas, abasteciendo la necesidad del mercado solicitante. Los conteos son realizados según las variedades en estado de semillero (fase 1), utilizando como base de información de la cantidad de individuos sembrados en comparación al total de individuos germinados.

Tabla 32.

Listado de variedades.

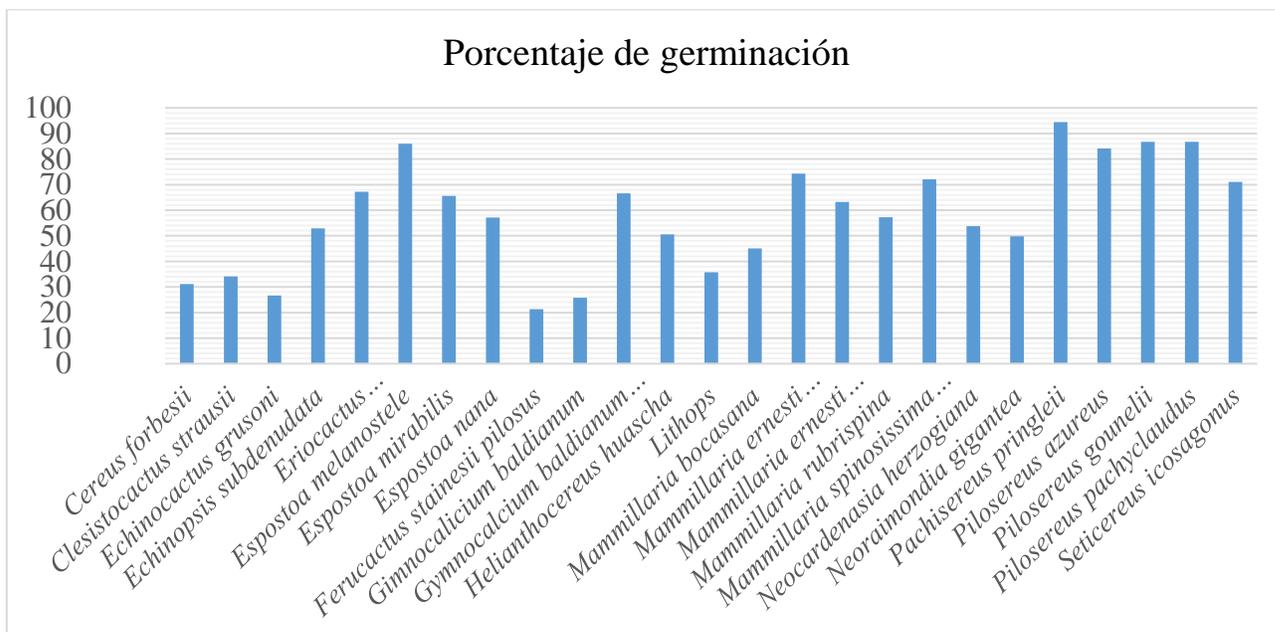
Code	Name
1	<i>Cereus forbesii</i>
2	<i>Seticereus icosagonus</i>
3	<i>Neoraimondia gigantea</i>
4	<i>Neocardenasia herzogiana</i>
5	<i>Pilosereus azureus</i>
6	<i>Pilosereus gounelii</i>
7	<i>Pilosereus pachycaudus</i>
8	<i>Espostoa melanostele</i>
9	<i>Espostoa mirabilis</i>
10	<i>Espostoa nana</i>
11	<i>Helianthocereus huascha</i>
12	<i>Pachisereus pringleii</i>
13	<i>Gimnocalicium baldianum</i>
14	<i>Mammillaria bocasana</i>
15	<i>Mammillaria ernesti albispina</i>
16	<i>Mammillaria ernesti rubripina</i>
18	<i>Mammillaria rubripina</i>
19	<i>Eriocactus leninghausii/schumania/warashii</i>
20	<i>Echinopsis subdenudata</i>
21	<i>Ferucactus stainesii pilosus</i>

Fuente: HFT 2021

- **Conteos de germinación en cada siembra de las especies de cactáceas que se encuentra en ciclo de producción en HFT**

Figura 58.

Porcentaje de germinación de cactáceas en producción.

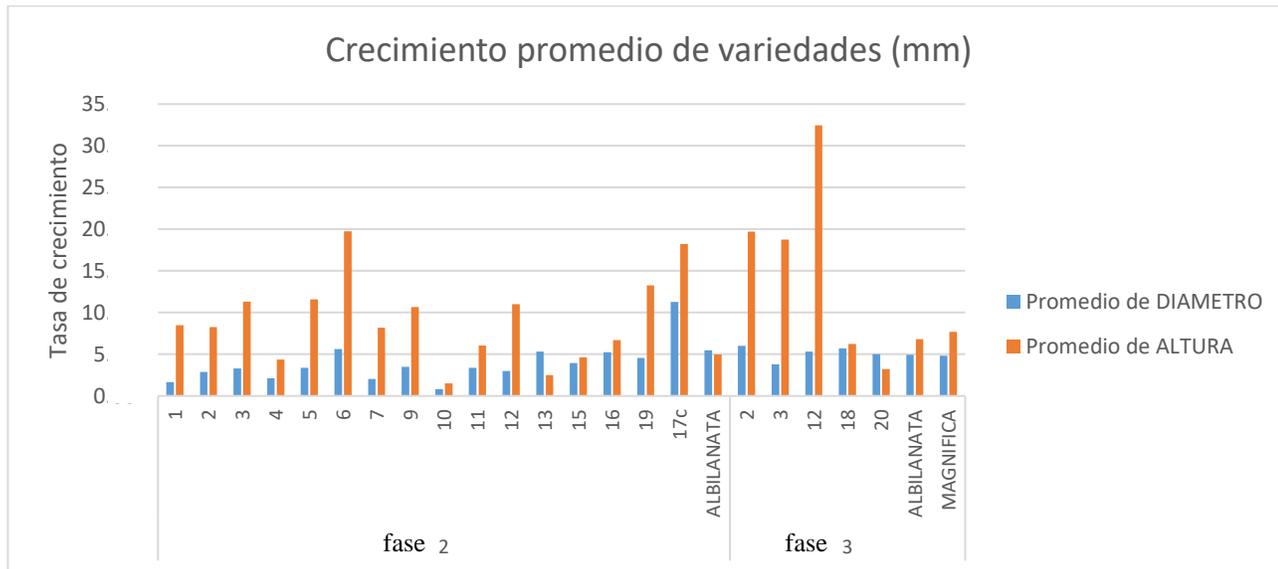


El porcentaje de germinación permite proyectar la cantidad de semillas, que se necesitan para suplir la necesidad de un mercado, de forma general las especies de crecimiento columnar tienen una tasa de germinación mayor en comparación de las especies globulares. Los géneros con mayor tasa de crecimiento, en un rango de 70% a 90% son pilosereus, pachisereus, espostoa y ceticereus. Que por el contrario los géneros ferocactus, gimnocalcium y Echinocactus presentan germinaciones bajas por lo que para suplir el mercado serán necesarias más siembras de semilla para lograr mayor cantidad de plántulas.

- **Tasa de crecimiento de las especies de cactáceas en dos fases de crecimiento dentro del proyecto de producción**

Figura 59.

Crecimiento promedio mensual de variedades de cactáceas.



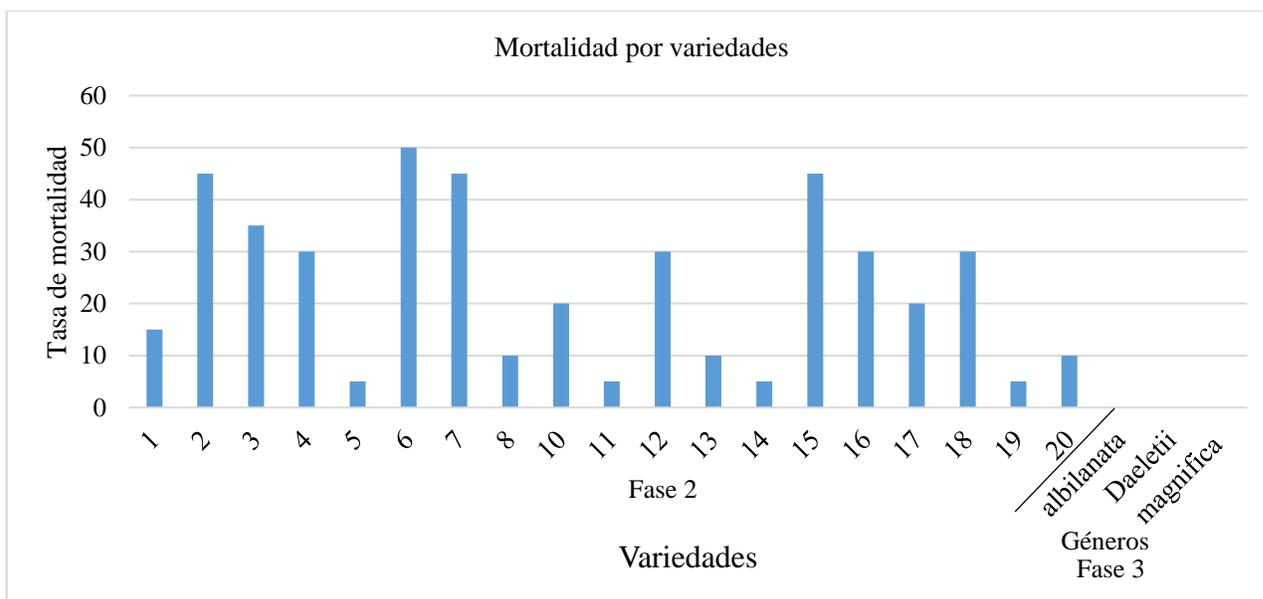
Nota: El crecimiento de las variedades es inicialmente dividida por fases de producción (2 y 3), así mismo se identifican las variedades las especies de cactáceas según el código Ver tabla 32A, algunas de las especies no cuentan con código de identificación por lo que le son designadas con el nombre de su especie.

La realización de una base de datos acerca del crecimiento mensual de las cactáceas durante una fase de producción ayuda a entender el desarrollo del cultivo, optimiza la planificación del movimiento de las variedades en las fases de producción, siendo el objetivo principal de la empresa crear estimaciones las cuales favorezcan el uso del espacio, recursos y mano de obra para obtener productos de calidad en el menor tiempo posible. Los crecimientos de las variedades son representados en milímetros. Las especies de tipo columnar presentan crecimientos mayores en comparación a aquellas de tipo globular ver tabla 32A para reconocer los códigos de las variedades en el sistema productivo.

- **Mortalidad de las especies de cactáceas en dos fases de crecimiento dentro del proyecto productivo**

Figura 60.

Porcentaje de mortalidad de cactáceas.



Nota: Se identifican las variedades de las especies de cactáceas según el código Ver tabla 32, algunas de las especies no cuentan con código de identificación por lo que le son designadas con el nombre de su género.

La mortalidad de las cactáceas es un aproximado de plantas en deceso dentro del ciclo productivo, que al conocer permite la programación de la producción, ayuda a encontrar la cantidad de siembra necesaria para suplir la demanda del mercado. Esta variable es contabilizada en las bandejas según la cantidad de plantas en deceso con un muestreo al azar dentro de un bloque completo.

De acuerdo a la Figura 60 porcentaje de mortalidad, en el desarrollo de las cactáceas, en el sistema controlado presentan factores que pueden afectar a la cantidad de plantas disponibles para la exportación del producto, estas variables hacen necesario crear antecedentes que ayuden a realizar mejores planificaciones y evitar pérdidas económicas por el desconocimiento o poco conocimiento de estas; mostrando que en comparación las especies columnares tienen porcentaje más elevado de mortalidad contra las especies globulares, pero de la misma forma esto dependerá de las variedades, teniendo casos bajos de mortalidad en ambos tipos de cactáceas. En la fase 3 fueron medidas cactáceas sin código de identificación, designadas por el nombre de su género, mostrando que en esta fase de producción el porcentaje de deceso es 0%

3.3.4 Conclusiones

- La germinación de las especies dependerá de la calidad de la semilla, la antigüedad de almacenamiento y de la especie que pertenece, pero de forma general las especies columnares poseen un nivel de germinación mayor a las especies globulares, estos datos permiten conocer la cantidad de germinados en la fase de semilleros, proveyendo datos acerca de la cantidad de individuos necesarios a establecer para obtener lo necesario para suplir los pedidos del mercado.
- El crecimiento promedio de las cactáceas en producción será variable dependiendo de su tipo inicial, columnares o globulares, de forma general las variedades columnares crecen desde 1 a 2 centímetros en fase de producción 2, pasando a fase 3 de 4 a 5 meses después del trasplante y las cactáceas globulares el crecimiento están en un rango de 0.5 a 1.5 centímetros en fase de producción 2, pasando a fase 3 de 4 a 5 meses después del trasplante. Al pasar a la fase 3 (última) el crecimiento de las variedades en las columnares de 1 a 2 centímetros y en variedades globulares de 0.5 a 1 centímetros aproximadamente.
- La mortalidad es la tasa de muertes de esta población en un tiempo determinado, en general o por una causa determinada, entonces la mortalidad de las plantas en bandeja inicia desde la viabilidad de las semillas. Al pasar de fase se observa el crecimiento de las especies de cactáceas es diferente, en la cual la mortalidad en fase de producción 2, las columnares se encuentra alrededor del 5 al 50% y en las variedades globulares puede llegar de 5 a 45%. La supervivencia de las especies en fase 3 generalmente es del 90% o mayor.

3.3.5 Recomendaciones

- Realizar pruebas de germinación de diferentes proveedores de semillas, con el objetivo de identificar al que proporcione el producto de mejor calidad en tanto a germinación y supervivencia del cultivo o bien dar inicio a un proyecto de reproducción sexual de cactáceas.
- Se aconseja seguir realizando el muestreo de medición de cactáceas y observación de índice de mortalidad, para mejorar la proyección y planificación. Con esto determinar el uso óptimo de espacio en el invernadero, mejorando el tiempo total de producción y los montos de inversión.
- Al realizar las mediciones del cultivo es esencial obtener muestras completamente al azar, con el objetivo de evaluar muestras homogéneas que sean representativas a lo observado en campo, evitando el efecto de borde y cabecera.

3.3.6 Anexos

Tabla 33A.

Formato de recolección de datos.

SECCIÓN	CÓDIGO	NOMBRE	NO.PLANTA	mm		
				FECHA	DIÁMETRO	ALTURA
			1			
			2			
			3			
			4			
			5			
			6			
			7			
			8			
			9			
			10			

Figura 61A.

Toma de datos de cactáceas.



3.4 Servicio III: Caracterización de los rasgos físicos de las líneas parentales de los cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernaderos de HFT Seed Services S.A., Potrero Carrillo, Jalapa.

3.4.1 Objetivos

General

- Apoyar en la caracterización los rasgos físicos de las líneas parentales de los cultivos de tomate (*S. lycopersicum*) en invernaderos, creando antecedentes que optimicen el proceso productivo de HFT Seed Services S.A., Potrero Carrillo, Jalapa.

Específicos

- Catalogar las variedades de tomate (*S. lycopersicum*) según sus caracteres físicos (tipo planta, tipo fruto, tamaño fruta, color maduro del fruto, posee articulación, hombro verde, cantidad de frutas por racimo, cantidad de semillas por fruta, cantidad de polen, tamaño hojas, tipo hoja y observaciones generales de la planta), para la creación de antecedentes de producción.
- Evaluar la polinización artificial o manual (emasculación, recolección de polen y polinización) de las variedades de tomate (*S. lycopersicum*), para la optimización en el manejo de futuros ciclos productivos.
- Capacitar al personal de producción en tanto a las variedades caracterizadas.

3.4.2 Metodología

Las características de las variedades de tomate (*S. lycopersicum*) son rasgos físicos que las diferencia de las demás, por lo que realizar observaciones resulta de suma importancia, para evitar equivocaciones en la producción de los híbridos que conlleva a pérdidas del material vegetal puro, pérdidas de espacio y pérdidas económicas.

- a. Colecta de datos morfológicos. Se llevaron a cabo caminatas en las diferentes zonas donde se encontraban las variedades a estudiar, observando y recolectando datos de las características físicas: tipo planta (crecimiento determinado o indeterminado), tipo fruto (cherry, beef, mini beef, estándar u Orange), tamaño fruta (medido con escuadra en centímetros), color del fruto en estado inmaduro y maduro, posee articulación (característica del nudo entre pedúnculo, si se encuentra presente o no), hombro verde (coloración en la parte superior del fruto más oscura que el resto), cantidad de frutas por racimo, cantidad de semillas por fruta, tamaño hojas (con rangos <20 cm pequeña, <40 cm mediana y >40 cm grande), tipo hoja (si se traslapan los folíolos entre sí) y observaciones generales de la planta (caracteres extras de las variedades).

Se realizó la toma de datos y digitalizo la información recolectada para concretar el informe final (figura 63A y figura 64A).

- b. Manejo de polinización artificial. Se realizaron entrevistas no estructuradas con objeto de recabar información acerca de las dificultades del manejo en las actividades de emasculación (eliminación de anteras con pinzas definiendo la dificultad por variedad, difícil, medio o fácil), recolección de polen (cantidad de polen obtenido a través de recolección poco, suficiente o mucho) y polinización (aplicación de polen de una variedad al gineceo de una segunda variedad de plantas) de las variedades estudiadas. Plasmando esta información en una base de datos en conjunto con los caracteres morfológicos de las variedades.
- c. Discusión con líder de invernadero y operarias, acerca de las características y dificultades de las variedades estudiadas, realizando una retroalimentación de los hallazgos encontrados dándoles a conocer.

Con la información recolectada se realizaron informes, con fotografías de las variedades caracterizadas para su utilización en los invernaderos. Con esto poder determinar si las variedades a hibridar son las correctas y reconocerlas de forma más sencilla.

La recolección de datos se realizó durante cuatro visitas de la siguiente forma:

- Caracterización de invernadero F7: la primera visita se realizó la cuarta semana de marzo, la segunda visita en la segunda semana de abril, la tercera visita en la cuarta semana de abril y la cuarta visita en la segunda semana de mayo los días cinco de la semana (viernes), la tabulación de datos se hizo el mismo día de la visita.
- Caracterización de invernadero D6: la primera visita se realizó la primera semana de abril, la segunda visita en la tercera semana de abril, la tercera visita en la primera semana de mayo y la cuarta visita en la tercera semana de mayo los días cinco de la semana (viernes), la tabulación de datos se hizo el mismo día de la visita.
- Caracterización de invernadero E7: la primera visita se realizó la cuarta semana de junio, la segunda visita en la segunda semana de julio, la tercera visita en la cuarta semana de julio y la cuarta visita en la segunda semana de agosto los días cinco de la semana (viernes), la tabulación de datos se hizo el mismo día de la visita.

3.4.3 Resultados

Los cruces observados dentro de los invernaderos se caracterizaron a través de la observación, obteniendo datos de la planta, la dificultad del manejo de la polinización artificial y la capacitación de los hallazgos encontrados a las operarias de los invernaderos, los cruces totales realizados fueron 39 con un total de 78 variedades puras de una empresa contratista.

- **Categorización de variedades de tomate (*S. lycopersicum*).**

Como se presenta en la tabla 34: formato utilizado para obtención de datos morfológicos, existe diversidad de formas dentro de las variedades de tomate (*S. lycopersicum*), estudiadas en condiciones controladas (ver figura 63A. Algunas categorías de fruto y figura 64A. variabilidad de formas de hoja.) (Álvarez E. , 2018). Generalmente las formas de fruto comunes son: beef, cherrie, saladette, orange, estándar y tipo ciruela. Otros caracteres que se presentan son: crecimiento de la planta (determinado o indeterminado), tamaño del fruto, coloración la madurar (rojo, verde, naranja, pardo, amarillo, negro, etc.), rodilla (nudo peduncular), hombro verde o espalda verde (coloración oscura en la parte superior), forma de la hoja, densidad de foliolos, tamaño de las hojas.

- **Evaluación de polinización artificial**

A través de la observación, práctica y medición del trabajo realizado por la operarias del invernadero se catalogó la dificultad del manejo de las variedades estudiadas. Siendo los rasgos evaluados, trabajados y observados: dureza de anteras para emasculación, fragilidad del estigma para polinización, delicadeza de la flor para el movimiento de la polinización y el tiempo necesario para realizar toda la actividad (tabla 35A).

- **Capacitación del personal de producción**

Al finalizar las observaciones, entrevistas y descripción de las variedades en producción, se procedió a discutir los hallazgos encontrados con la encargada de producción. Se dio a conocer los caracteres de las plantas y las diversas dificultades de producción que puedan presentarse, con objeto de optimizar el procedimiento de trabajo, enseñando a las operarias por parte de las encargadas formas o técnicas de trabajo que facilitaron y optimizaron la polinización artificial.

Los resultados presentados anteriormente son resumidos en la tabla 34, donde se describe un ejemplo de la observación, caracterización y evaluación de datos, dados a conocer a las operarias del

invernadero. Se optó por realizar una ejemplificación debido a que los datos son confidenciales pertenecientes a las empresas contratistas.

Tabla 34.

Formato utilizado para obtención de datos morfológicos

Femenino-Nombre	FO	Masculino-Nombre	RD
Tipo planta	Indeterminada		Indeterminada
Tipo fruto	Normal		Cherrie
Tamaño fruta	Mediano		Pequeño
Color maduro	Rojo		Verde
Rodilla (si/no)	Si		Si
Hombro (si/no)	No		No
Frutas por racimo	6		
Semillas por fruta	40-80		
Emascular	Fácil		
Polinizar	Fácil		
Cantidad de polen			Mucho
Tamaño hojas	Mediana		Mediana
Tipo hoja	Abierta		Abierta
Observaciones hoja	Algunas decoloraciones		Algunas decoloraciones

Observaciones: Blossom en el fruto, algún fruto diferente por racimo y plantas madres estériles, aunque algunas presentan polen.

Nota: Ejemplificación de datos obtenidos a través de las visitas a un invernadero solicitado.

Figura 62.

Ejemplificación de Fotografías en conjunto de las variedades.



3.4.4 Conclusiones

- A través de la caracterización de las variedades del cultivo se evidenció las diferencias en las características físicas presentes siendo: forma de las hojas, tamaño del fruto, color, forma, tipo de crecimiento, vigorosidad, color general de las plantas. Puesto que para la realización de investigaciones se requiere conocer caracteres que expresan en los ambientes de producción, así mismo con algunos de estos pueden realizarse estudios de aceptación si se vendiesen directamente al mercado.
- En la diversidad de variedades en producción, se obtuvieron datos acerca de las dificultades en actividades de polinización artificial, denotando que hay diferencias morfológicas que impiden una polinización exitosa, estos caracteres son la dureza de las anteras a la hora de la emasculación, producción de polen en la recolección y la fragilidad del estigma a la hora de depositar el polen de una variedad a otra.
- En la finalización del informe de la caracterización morfológica de variedades, se realizó una presentación de los hallazgos al personal del invernadero, enriqueciendo el conocimiento que poseen, así mismo ayudándoles a identificar las diferencias entre las variedades, que en conjunto ayudan a optimizar los procesos productivos y evitar errores, dejando antecedentes de producción.

3.4.5 Recomendaciones

- Realizar capacitaciones frecuentes acerca de la importancia de saber identificar los caracteres de las variedades, así evitar confundirlos y no bajar el nivel de pureza de las variedades híbridas, que pueda ocasionar pérdidas económicas importantes a la empresa productora.
- Implementación de talleres de prácticas (emasculado, recolección de polen y polinización) capacitando a los polinizadores con técnicas avanzadas que faciliten el desarrollo de sus labores en el proceso de polinización artificial. Con la finalidad de obtener un mayor porcentaje de fecundación exitosa de semilla híbrida.
- Realizar descripciones detalladas, de forma profunda, de los caracteres visuales, como tamaño promedio del sistema radicular, diámetro de tallo en diferentes alturas, crecimiento promedio semanal, porcentaje de cuaje de frutos, cuaje de semillas, coloración de las hojas en diferentes edades entre otras, con objeto de crear una base de datos de todas las variedades que allí se trabajan.

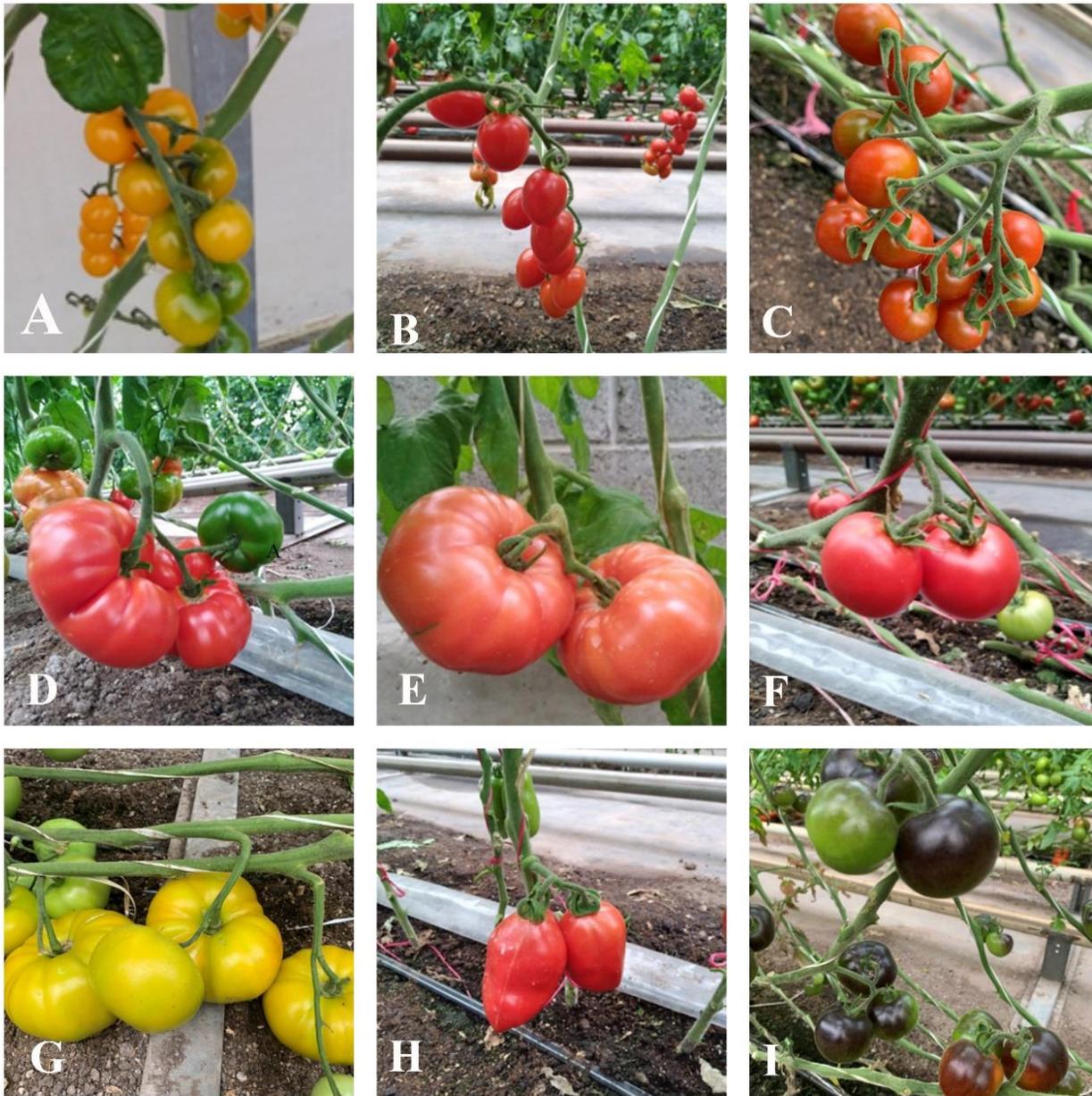
3.4.6 Referencias

- Álvarez, E. (2018). *Cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum)*. El Salvador: CENTA. Obtenido de http://centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Centa_Tomate%202019.pdf
- Álvarez, G., & Montaña, C. (1997). *Germinación y supervivencia de cinco especies de cactáceas del valle de Tehuacán: implicaciones para su conservación*. Mexico: Instituto de Ecología, A.C. Obtenido de <https://abm.ojs.inecol.mx/index.php/abm/article/view/782/948>
- Assumpció, A., Aranda, X., Biel, C. d., Montero, J., Montero, I., Morales, C., . . . Savé, R. (2010). *Manual de aplicador de CO2 en cultivos hortícolas*. España: IRTA. Obtenido de https://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/196507/Manual_aplicador_CO2_cultivos_horticolos.pdf?sequence=1
- García, P. (2016). *Riego por nebulización*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://dokumen.tips/documents/riego-por-nebulizacion-trabajo.html>
- Lenscak, M., & Iglesias, N. (2019). *Invernaderos*. Argentina: INTA. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_invernaderos.pdf
- Liotta, M. (2015). *Riego por goteo*. Argentina: INTA. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf
- Real Academia Española. (2001). *diccionario de la lengua española [Dictionary of the Spanish Language]*. España: Real Academia Española. Obtenido de <http://www.rae.es/rae.html>
- Shany, M. (2004). *Producción de hortalizas en condiciones Tecnificadas*. Managua: IICA. Obtenido de <http://repiica.iica.int/docs/B0429e/B0429e.pdf>
- Vega, M. (2014). *Proceso De Extracción Y Beneficiado De Semilla Híbrida De Chile Pimiento (Capsicum Annuum L.) Para Exportación En La Empresa Hft Seedservices S.A., Potrero Carrillo, Jalapa. Guatemala: USAC. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2795/1/TESIS%20MAYRA%20RENEE%20VEGA%20ORELLANA%20DE%20LUNA.pdf>*

3.4.7 Anexos

Figura 63A.

Algunas categorías de fruto.



Nota: Algunos tipos de fruto y coloraciones presentes en la caracterización visual de las variedades de tomate. Ejemplo: 0: categoría de fruto-coloración, A: Cherrie-naranja, B: Cherrie Saladette-Rojo, C: Cherrie Saladette – Rojo, D: Beef-Rojo, E: Minibeef-Rojo, F: Orange-Rojo, G: Minibeef-Amarillo, H: Estándar-Rojo, I: Ciruela-Negra a morado oscuro.

Figura 64A.*Variabilidad de formas de hoja*

Nota: La variabilidad existente en la morfología de las variedades, la coloración verde con diferentes tonos. A: hoja tipo semi-abierta mediana con coloración verde oscuro, B: Hoja abierta grande con coloración verde claro, C: Hoja cerrada pequeña con coloración verde, D: Hoja abierta mediana con coloración verde, E: Hoja abierta grande con coloración verde. Los tamaños Grande >50 centímetros, mediana >20 y pequeña <20. Si la hoja es cerrada significa que existe traslape entre los folíolos.

Figura 65A.*Corte de fruto para conteo de semillas***Tabla 35A.***Evaluación de trabajo, variedades de tomate.*

Tipo de flor/fruto	Dureza de eliminación de anteras	Fragilidad del estigma	Sujeción de la flor a la planta	Tiempo necesario de trabajo
Beef	Suave/Fácil	No frágil	Buena	186 plantas/hora
Cherrie	Duro/Difícil	Frágil	Delicado	186 plantas/ 3.5 horas
Saladette	Duro/Difícil	Frágil	Delicado	186 plantas/ 2.5 horas
Orange	Medio/Medio	No frágil	Medio	186 plantas/ 1.5 horas
Estándar	Medio/Medio	No frágil	Medio	186 plantas/ 1.5 horas
Tipo ciruela	Medio/Medio	No frágil	Medio	186 plantas/ 1.5 horas

3.4.8 Glosario

Articulación del fruto: Parte del pedúnculo ensanchado que puede estar o no presente en las variedades.

Contador mecánico: Herramienta de conteo mediante toques.

Hall de entrada: también llamado candado verde para la certificación de Buenas prácticas en semillas y plantas. Es una zona de desinfección de personas y material de la zona amarilla hacia la zona verde de producción.

Hall de salida: Es una zona de salida del área verde directamente al área roja de la certificación de Buenas prácticas en semillas y plantas.

Hombro verde: Parte del fruto en la cual la parte superior cercana al pedúnculo es más oscura que la parte inferior.

Invernadero: Zona de producción bajo condiciones controladas.

Malla antiviral: es una barrera física contra insectos que va en conjunto a la ventana de invernadero.

Marchitez: situación en la cual las células de la planta pierden turgencia y parecen “tristes”.

Nave: Sección de invernadero de aproximadamente 500 m²

Pantalla térmica: Paneles situados bajo los techos de invernadero, pero sobre el cultivo, teniendo cierre y apertura automática, parte del sistema de calefacción que ayuda en la regulación de la temperatura.

Pared de invernadero: Hecho de plástico de cobertura Celloclim.

Plástico de cobertura Celloclim: Plástico de cobertura utilizado en las paredes y techo de invernaderos.

Ventana: Parte del techo del invernadero de apertura y cierre automático que funciona como entrada y salida de aire.

Vernier digital: Herramienta de medición en milímetros y pulgadas.

Ref. -002 APB-2022/AMNS-C.EPS.
Guastatoya, El Progreso 18 de abril de 2022

APROBACIÓN DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO DE AGRONOMÍA

Por este medio se hace constar que, se recibió la información de las actividades del EPS del estudiante **David Ottoniel Sinay Contreras**, con registro académico 201640329, estudiante regular de la Carrera de Agronomía; supervisado y asesorado por el Ingeniero Agonomo Allan José Sagastume Hernández en el segundo semestre de 2021 e Ingeniero Agonomo Jorge Luis Gómez durante el primer semestre de 2022, los documentos consisten en Diagnóstico y Servicios realizados en HFT SEEDSERVICES S.A., aldea Potrero Carrillo departamento de Jalapa, Guatemala, los cuales fueron evaluados en la Reunión Comunal II llevada a cabo el dos de marzo del año 2022.

Por lo anterior, esta Supervisión de EPS emite la APROBACIÓN del Ejercicio Profesional Supervisado del referido estudiante, para que continúe con los trámites correspondientes para integrar su documento de graduación correspondiente.

Agradeciendo la atención a la presente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Inga. Agr. Alba Marilia Noj Suruy
Coordinadora de Ejercicio
Profesional Supervisado



Vo. Bo. Ing. Agr. Luis Eduardo Albizures
Coordinador de Carrera



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE EL PROGRESO
INGENIERÍA AGRONÓMICA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
UNIDAD DE TESIS E INVESTIGACIÓN

APROBACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE GRADUACIÓN DEL EPS

Ref. -021-2022/RARC-U.T/I. 2022

LA INVESTIGACIÓN DE GRADUACIÓN TITULADA: EFECTO DE TRES MEZCLAS DE FERTILIZANTE EN EL CRECIMIENTO DE CACTÁCEAS *Cereus forbesii* C.F.Först. Y *Echinopsis subdenudata* Cárdenas, EN INVERNADERO, POTRERO CARRILLO, DEPARTAMENTO DE JALAPA

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: DAVID OTTONIEL SINAY CONTRERAS

CARNÉ: 201640329

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Luis Albizures Ortega
Ing. Agr. Allan Sagastume Hernández

Los asesores y la Unidad de tesis e investigación de la Carrera de Agronomía en Sistemas de Producción Agrícola, del Centro universitario de El Progreso, hacen constar que ha cumplido con el Normativo de EPS y la Guía para elaboración de trabajo de graduación. En tal sentido pasa a la Dirección del CUNPROGRESO para lo procedente.



Ing. Agr. Alba Marilia Noj
Docente asesor de Investigación
Agronomía CUNPROGRESO



Ing. Agr. Ricardo Antonio Rivera Cano
Coordinación de Investigación
Agronomía CUNPROGRESO





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



CUN
PROGRESO
CENTRO UNIVERSITARIO DE EL PROGRESO

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE EL PROGRESO**

No. 03-2022

Trabajo de Graduación	“Efecto de la aplicación de tres mezclas de fertilizantes en el crecimiento de <i>Cereus forbesii</i> C.F.först y <i>Echinopsis subdenudata</i> Cárdenas, en invernadero, diagnóstico y servicios prestados en HFT SEED SERVICES S.A., en aldea Potrero Carrillo, departamento de Jalapa, Guatemala, C.A.”.
Estudiante	David Ottoniel Sinay Contreras
Carné	2016-40329

“IMPRIMASE”

“Id y Enseñad a Todos”



Ing. Agr. Julio César Martínez Fuentes
Director
Centro Universitario de El Progreso

Cc: Archivo
JCMF/am

Barrio El Porvenir, atrás de Iglesia Evangélica Palabra de Vida,
Guastatoya, El Progreso. Tel. 7728-7373.