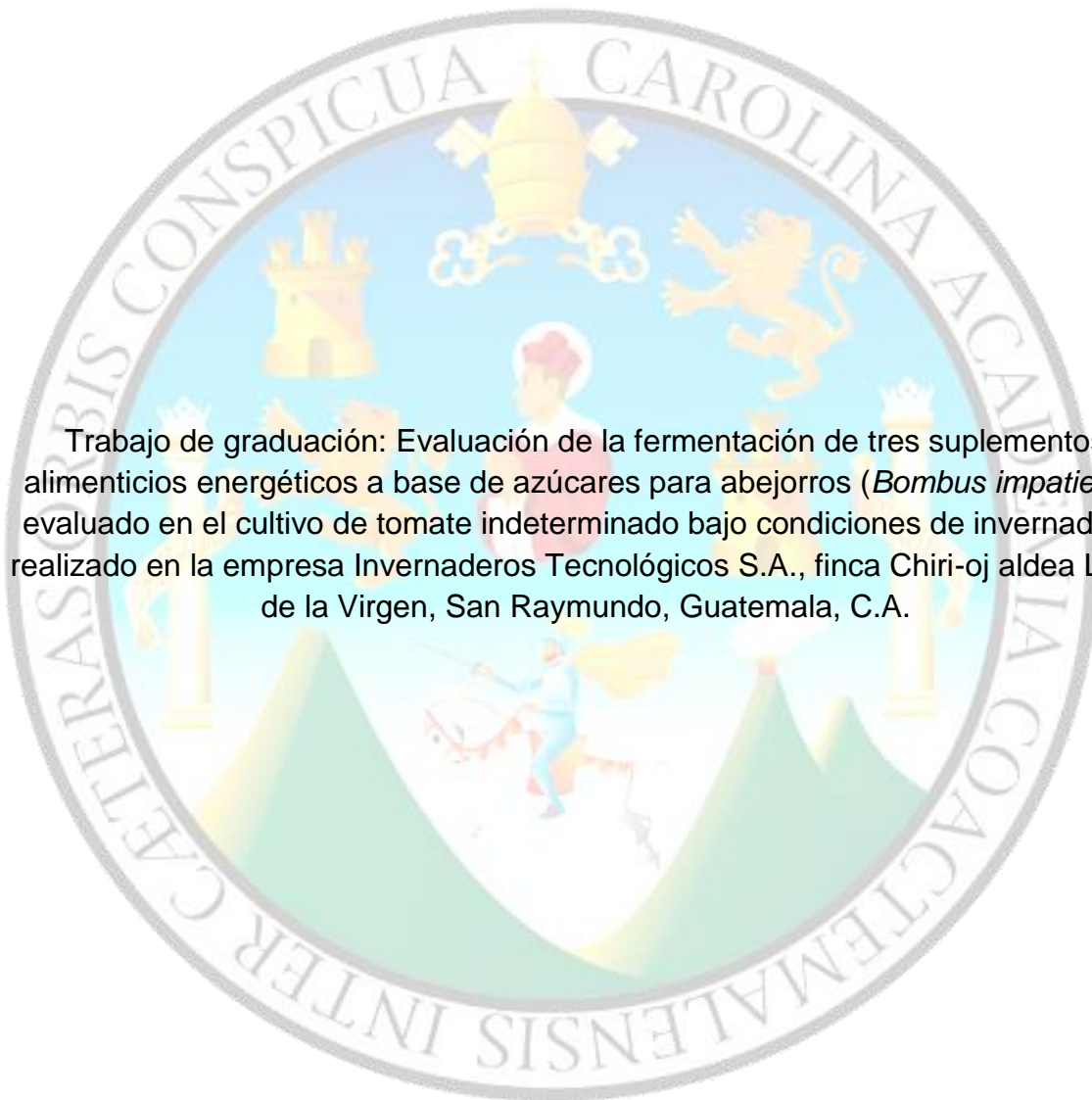


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA



Trabajo de graduación: Evaluación de la fermentación de tres suplementos alimenticios energéticos a base de azúcares para abejorros (*Bombus impatiens*), evaluado en el cultivo de tomate indeterminado bajo condiciones de invernadero, realizado en la empresa Invernaderos Tecnológicos S.A., finca Chiri-oj aldea Llano de la Virgen, San Raymundo, Guatemala, C.A.

Luis Humberto Melendez Sazo

Guatemala noviembre de 2017



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN: EVALUACIÓN DE LA FERMENTACIÓN DE TRES  
SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS ENERGÉTICOS A BASE DE AZÚCARES PARA  
ABEJORROS (*Bombus impatiens*), EVALUADO EN EL CULTIVO DE TOMATE  
INDETERMINADO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO, REALIZADO EN LA  
EMPRESA INVERNADEROS TECNOLÓGICOS S.A., FINCA CHIRI-OJ ALDEA  
LLANO DE LA VIRGEN, SAN RAYMUNDO, GUATEMALA, C.A.

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

POR

LUIS HUMBERTO MELENDEZ SAZO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámbara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M.A. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.Sc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	Perito Agr. Walfer Yasmany Godoy Santos
VOCAL QUINTO	P.C. Neydi Yasmine Juracán Morales
SECRETARIO ACADÉMICO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, noviembre de 2017

Guatemala, noviembre de 2017

Honorable Junta Directiva

Honorable Tribunal Examinador

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación realizado en, EVALUACIÓN DE LA FERMENTACIÓN DE TRES SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS ENERGÉTICOS A BASE DE AZÚCARES PARA ABEJORROS (*Bombus impatiens*), EVALUADO EN EL CULTIVO DE TOMATE INDETERMINADO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO, REALIZADO EN LA EMPRESA INVERNADEROS TECNOLÓGICOS, S.A., FINCA CHIRI-OJ ALDEA LLANO DE LA VIRGEN, SAN RAYMUNDO, GUATEMALA, C.A. como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Luis Humberto Melendez Sazo

## ACTO QUE DEDICO

**A:**

**DIOS**

Por la salud y la vida y así mismo permitirme lograr todas las metas que me he propuesto a lo largo de la vida.

**Mis Padres**

Luis Melendez y Anabella Sazo, por formarme como la persona que soy hoy en día, por todos los esfuerzos y sacrificios para lograr llegar a esta meta, por todo el amor incondicional y apoyo que me dan día a día.

**Mis Hermanos**

Diego Melendez y Jorge Andrés Melendez, por estar siempre a mi lado en todo momento y ser un apoyo para mí.

**Mi Novia**

Yajayra Rangel, por el apoyo y la ayuda que me ha brindado de manera incondicional.

**Mi Abuela**

Hilda Corado, por sus consejos, enseñanzas y anécdotas que me han enseñado mucho y apoyado en todo momento.

**Mis Amigos y Amigas**

Daniel Arroyo, Christian Rojas, Alex Solórzano, Diego Illescas, Jorge Paiz, Stanley Pennant, David Mendoza, Pedro Ramírez, Amy Molina, Nancy Flores, Shirley Escobar, Raisa Marroquín, Olga Marroquín, Allan Lima y a todos los amigos que me apoyaron durante los años de estudio.

## TRABAJO DE GRADUACION QUE DEDICO

**A:**

**Dios** Por mantenerme con salud, vida y sabiduría para lograr alcanzar este logro.

**Mi Familia** Este logro no hubiera sido posible sin el apoyo de todos ustedes.

**Facultad de Agronomía** Gracias por la formación académica brindada y convertirme profesional, gracias a cada uno de los que forman parte y hacen cada día mejor a esta gloriosa facultad.

**Universidad de San Carlos de Guatemala** Por abrirme la puerta de esta gran casa de estudios, siempre la representare con orgullo y responsabilidad.



## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

**Invernaderos Tecnológicos S.A.**

Por permitirme realizar mi EPS y tomarme en cuenta en su equipo laboral, por las responsabilidades y la confianza brindada, por permitir demostrar mis habilidades y comenzar a ejercer como profesional.

**Ing. Agr. Roderico Estrada Muy**

Por su valiosa supervisión durante el EPS y la elaboración de mi trabajo de graduación, por el tiempo y las enseñanzas extras que brindadas.

**Ing. Álvaro Hernández**

Por el apoyo, tiempo, consejos y ayuda brindada a lo largo de la elaboración de este trabajo.

**Mis Padres**

Gracias a ellos he logrado llegar hasta este punto.



## ÍNDICE GENERAL

### PÁGINA

<b>ÍNDICE DE CONTENIDO.....</b>	<b>i</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xi</b>

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1 CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA INVERNADEROS TECNOLÓGICOS S.A., FINCA CHIRI-OJ, ALDEA LLANO DE LA VIRGEN, SAN RAYMUNDO GUATEMALA, C.A.....	1
1.1 Presentación .....	2
1.2 Marco Referencial .....	3
1.2.1 Ubicación geográfica de San Raymundo de Peñafort .....	3
1.2.2 Historia .....	4
1.2.3 Demografía .....	4
1.2.4 Geografía.....	4
1.2.5 Hidrografía.....	4
1.2.6 Economía .....	5
1.3 Datos generales de la empresa .....	5
1.3.1 Nombre: Invernaderos Tecnológicos S.A. ....	5
1.3.2 Ubicación.....	5
1.3.3 Organigrama de la empresa .....	6
1.3.4 Población laboral .....	6
1.4 OBJETIVOS .....	7
1.4.1 Objetivo General.....	7
1.4.2 Objetivos Específicos .....	7
1.5 Metodología .....	8
1.6 Resultados .....	8

	PÁGINA
1.6.1 Normas de Inocuidad.....	9
1.6.2 Actividad productiva .....	10
1.6.3 Comercialización:.....	11
1.6.4 Invernadero:.....	11
1.6.4.1 Materiales empleados en las estructuras. ....	11
1.6.4.2 Normatividad de los materiales.....	12
1.6.5 Formas de los invernaderos.....	13
1.6.6 Tipos de invernaderos utilizados en Invernaderos Tecnológicos S.A.....	14
1.6.6.1 Invernadero-túnel.....	14
1.6.6.2 Invernadero capilla (a dos aguas).....	15
1.6.6.3 Invernaderos de techo curvo (media luna) con abertura cenital .....	18
1.6.7 Hidroponía .....	19
1.6.8 Ventajas de producir en hidroponía .....	20
1.6.9 Problemática encontrada en I.T. y posibles soluciones. ....	22
1.7 Análisis FODA .....	23
1.8 Conclusiones.....	24
1.9 Bibliografía.....	26
<b>2 CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DE LA FERMENTACIÓN DE TRES SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS ENERGÉTICOS A BASE DE AZÚCARES PARA ABEJORROS (<i>BOMBUS IMPATIENS</i>), EVALUADO EN EL CULTIVO DE TOMATE INDETERMINADO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO, REALIZADO EN LA EMPRESA INVERNADEROS TECNOLÓGICOS S.A., FINCA CHIRI-OJ ALDEA LLANO DE LA VIRGEN, SAN RAYMUNDO, GUATEMALA, C.A. ....</b>	<b>27</b>
2.1 Presentación.....	28
2.2 MARCO TEÓRICO.....	31
2.2.1 Marco Conceptual.....	31
2.2.1.1 Polinización .....	31
2.2.1.2 La polinización entomófila y su importancia para la agricultura .....	32
2.2.1.3 Agentes polinizadores .....	33

	PÁGINA
2.2.1.4 El rol de los polinizadores en la agricultura .....	34
2.2.1.5 Polinización con abejorros.....	35
2.2.1.6 Porque el uso de abejorros como polinizadores.....	35
2.2.1.7 Especies de abejorros utilizadas .....	36
2.2.1.8 Biología .....	38
2.2.1.9 Ciclo Vital .....	38
2.2.1.10 Forrajeo .....	40
2.2.1.11 Taxonomía .....	41
2.2.1.12 Hábitat.....	41
2.2.1.13 Cultivo de tomate .....	42
2.2.1.14 Control de la polinización con abejorros.....	44
2.3 OBJETIVOS .....	47
2.3.1 Objetivo General.....	47
2.3.2 Objetivos Específicos .....	47
2.4 HIPÓTESIS .....	47
2.5 METODOLOGÍA .....	48
2.6 Diseño experimental.....	48
2.6.1 Modelo estadístico.....	49
2.6.2 Supuestos.....	49
2.6.3 Tratamientos y Repeticiones a evaluar.....	49
2.6.4 Unidad Experimental .....	51
2.6.5 Croquis de Campo.....	51
2.7 Variables de respuesta.....	52
2.7.1 Tiempo a fermentación de los diferentes tratamientos .....	52
2.7.2 Consumo semanal de los suplementos alimenticios .....	53
2.7.3 Porcentaje de polinización .....	53
2.7.4 Número de abejorros muertos .....	54
2.7.5 Biomasa final.....	55
2.8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
2.8.1 Días a fermentación de los diferentes tratamientos.....	56

	PÁGINA
2.8.1.1 Verificación de los supuestos .....	58
2.8.1.2 Análisis de Varianza de tiempo a fermentación de los suplementos alimenticios.....	60
2.8.1.3 Análisis post-ANDEVA comparación de media Tukey de tiempo a fermentación de los suplementos alimenticios .....	61
2.8.2 Consumo semanal en ml de los suplementos alimenticios.....	61
2.8.2.1 Verificación de los supuestos .....	62
2.8.2.2 Análisis de Varianza del consumo total de los suplementos alimenticios.....	65
2.8.2.3 Análisis post-ANDEVA comparación de medias Tukey de consumo total de los suplementos alimenticios.....	65
2.8.3 Porcentaje de polinización .....	66
2.8.3.1 Verificación de los supuestos .....	68
2.8.3.2 Análisis de Varianza, porcentaje de polinización.....	70
2.8.3.3 Análisis post-ANDEVA comparación de medias Tukey de porcentajes de polinización.....	71
2.8.4 Numero de abejorros muertos .....	72
2.8.4.1 Verificación de los supuestos .....	74
2.8.4.2 Análisis de Varianza de número de abejorros muertos. ....	76
2.8.4.3 Análisis post-ANDEVA comparación de medias Tukey de numero de abejorros muertos.....	77
2.8.5 Biomasa .....	79
2.8.5.1 Verificación de los supuestos .....	80
2.8.5.2 Análisis de varianza peso promedio .....	83
2.8.5.3 Análisis post-ANDEVA comparación de medias Tukey .....	84
2.8.6 Número de Abejorros vivos al final del ciclo.....	84
2.8.6.1 Verificación de los supuestos .....	85
2.8.6.2 Análisis de varianza número de abejorros vivos al final del ciclo ...	86
2.9 Resumen de costos.....	87
2.10 CONCLUSIONES.....	89
2.11 RECOMENDACIONES .....	91

	PÁGINA
2.12 BIBLIOGRAFÍA .....	92
2.13 ANEXOS .....	93
2.13.1 Tratamiento de las picaduras y alergias a los abejorros.....	93
2.13.2 Picaduras de los abejorros, avispas y abejas.....	93
2.13.3 ¿Cómo prevenir las picaduras de los abejorros?.....	94
2.13.4 ¿Le han picado? Posibles reacciones y tratamientos.....	95
2.13.5 Reacción local (no alérgica) .....	95
2.13.6 Tratamiento de una reacción local (no alérgica).....	95
2.13.7 Reacción alérgica .....	96
2.13.8 Tratamiento de reacciones alérgicas.....	97
2.13.9 Reacciones tóxicas.....	98
2.13.10 Hiperventilación .....	99
2.13.11 Mayor riesgo.....	99
2.13.12 Vivir con alergia a las picaduras por abejorro.....	99
<b>3 CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN LA EMPRESA</b>	
<b>INVERNADEROS TECNOLÓGICOS S.A., FINCA CHIRI-OJ, ALDEA</b>	
<b>LLANO DE LA VIRGEN, SAN RAYMUNDO GUATEMALA, C.A. ....</b>	<b>101</b>
3.1 Presentación .....	102
3.2 Evaluación de tres cepas comerciales de <i>Trichoderma harzianum</i> .....	104
3.2.1 Objetivo .....	104
3.2.2 Metodología.....	104
3.2.3 Resultados y evaluación.....	107
3.2.4 Conclusión.....	108
3.3 Replanteo, cableado y diseño de la red de distribución eléctrica hacia electroválvulas .....	108
3.3.1 Objetivo .....	108
3.3.2 Metodología.....	109
3.3.3 Resultados y evaluación.....	109
3.3.4 Conclusiones .....	111
3.4 Diseño y propuesta de estación central de fumigación para todos los invernaderos.....	112

	PÁGINA
3.4.1 Objetivo.....	112
3.4.2 Metodología .....	112
3.4.3 Resultados y Discusión.....	112
3.4.4 Conclusión .....	115



## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>PÁGINA</b>
Cuadro 1. Variedades de tomate trabajadas en I.T.....	10
Cuadro 2. Relaciones ancho alto y altura cenital en invernaderos.....	14
Cuadro 3. Ventajas y desventajas de invernaderos tipo túnel.....	15
Cuadro 4. Ventajas y desventajas de invernadero a capilla de dos aguas. ....	16
Cuadro 5. Ventajas y desventajas de invernaderos de techos curvos. ....	18
Cuadro 6. Comparación de cultivo al suelo vs Hidroponía. ....	21
Cuadro 7. Clasificación taxonómica de abejorros. ....	41
Cuadro 8. Suplementos alimenticios evaluados en San Raymundo 2016. ....	50
Cuadro 9. Grados de libertad diseño experimental. ....	50
Cuadro 10. Registro de datos, semanas a fermentación. ....	52
Cuadro 11. Consumo semanal de suplementos.....	53
Cuadro 12. Registro de datos del grado de polinización. ....	54
Cuadro 13. Registro de abejorros muertos en pecoreo.....	54
Cuadro 14. Biomasa de abejorros por tratamientos. ....	55
Cuadro 15. Días a fermentación de los suplementos para abejorros.....	56
Cuadro 16. Días a fermentación de los suplementos para abejorros.....	57
Cuadro 17. Durabilidad en semanas de los diferentes suplementos.....	57
Cuadro 18. Análisis de Shapiro-Wilks para normalidad. ....	58
Cuadro 19. Prueba de Levine para homocedasticidad.....	59
Cuadro 20. ANDEVA de tiempo a fermentación de suplementos alimenticios.....	60
Cuadro 21. Comparación de medias Tukey, suplementos alimenticios ....	61
Cuadro 22. Toma de datos semanal del consumo en ml. ....	62
Cuadro 23. Consumo total en ml de los suplementos alimenticios ....	62
Cuadro 24. Prueba de Shapiro Wilks para verificación de la normalidad. ....	63
Cuadro 25. Análisis de Levine para homocedasticidad. ....	64
Cuadro 26. ANDEVA del consumo total de los suplementos alimenticios. ....	65
Cuadro 27. Comparación de media de Tukey, consumo total en ml ....	65
Cuadro 28. Toma de datos semanal del grado de polinización.....	66
Cuadro 29. Toma de datos semanal del grado de polinización.....	67
Cuadro 30. Resumen de toma de datos de porcentaje polinización . ....	68
Cuadro 31. Análisis de Shapiro-wilks. ....	68
Cuadro 32. Análisis de Levine para homocedasticidad.....	69
Cuadro 33. ANDEVA del porcentaje de polinización.....	70
Cuadro 34. Comparación de media de Tukey, porcentaje de polinización.....	71
Cuadro 35. Toma de datos semanal del número de abejorros muertos.....	72
Cuadro 36. Resumen del número de abejorros muertos,.....	73
Cuadro 37. Prueba de Shapiro-w., abejorros muertos. ....	74

	PÁGINA
Cuadro 38. Prueba de Levine para verificar homocedasticidad. ....	75
Cuadro 39. Análisis de varianza del número de abejoros muertos.....	76
Cuadro 40. Comparación de medias sobre el número de abejorros muertos.....	77
Cuadro 41. Correlación lineal de Pearson. ....	78
Cuadro 42. Cantidad de abejorros vivos al fin del ciclo y peso promedio.....	79
Cuadro 43. Prueba de Shapiro-w. para verificar normalidad.....	81
Cuadro 44. Prueba de Levine para verificación de Homocedasticidad. ....	82
Cuadro 45. Análisis de varianza de peso promedio por suplemento.....	83
Cuadro 46. Comparación de medias de Tukey, peso promedio.....	84
Cuadro 47. Prueba de Shapiro W. para verificar normalidad. ....	85
Cuadro 48. Análisis de varianza de población final. ....	86
Cuadro 49. Precios de insumos y proveedores en Guatemala.....	87
Cuadro 50. Precio por elaboración de 100 gramos de cada suplemento. ....	87
Cuadro 51. Precio por kilo de cada suplemento alimenticio. ....	88
Cuadro 52. Resultado de laboratorio de colonización en el área radicular.....	107
Cuadro 53. Tratamiento correspondiente al producto comercial. ....	107
Cuadro 54. Listado de materiales para estación central de fumigación.....	113

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de San Raymundo. ....	3
Figura 2. Organigrama de Invernaderos Tecnológicos S.A.....	6
Figura 3. Orientación de un invernadero según su región.....	13
Figura 4. Invernadero tipo túnel.....	15
Figura 5. Invernadero capilla de dos agua. ....	17
Figura 6. Circulación del aire en batería de invernadero .....	17
Figura 7. Invernadero techo curvo (media luna) con abertura cenital .....	19
Figura 8. Elementos para hidroponía. ....	20
Figura 9. Cultivos Hidropónicos Invernaderos Tecnológicos S.A.....	22
Figura 10. Tipos de polinización.....	31
Figura 11. Polinizadores utilizados comercialmente.....	37
Figura 12. Mordedura de abejorro y tiempo para muestreo. ....	44
Figura 13. Grado de polinización y numero de frutos.....	45
Figura 14. Muestreo del trabajo de polinización. ....	45
Figura 15. Relación humedad polinización.....	46
Figura 16. Diseño experimental y disposición espacial .....	51
Figura 17. Histograma de la variable tiempo a fermentación. ....	58
Figura 18. Q-Q plot del comportamiento semana a fermentación. ....	58
Figura 19. Diagrama de dispersión de residuos y predichos.....	59
Figura 20. Histograma de la variable consumo. ....	63
Figura 21. Q-Q plot de la variable consumo.....	63
Figura 22. Diagrama de dispersión, consumo de suplementos.....	64
Figura 23. Q-Q plot e Histograma del comportamiento de datos. ....	69
Figura 24. Histograma de datos de la variable polinización. ....	69
Figura 25. Diagrama de dispersión. ....	70
Figura 26. Gráfica de abejorros muertos por suplemento semanal.....	73
Figura 27. Q-Q plot del comportamiento de datos.....	75
Figura 28. Histograma del comportamiento de datos mortandad.....	75
Figura 29. Diagrama de dispersión de datos de variable abejorros muertos. ....	76
Figura 30. Correlación lineal entre las variables fermentación y mortandad. ....	78
Figura 31. Gráfica de peso promedio por suplemento alimenticio.....	80
Figura 33. Q-Q plot de la variable peso x. ....	81
Figura 32. Histograma del comportamiento de la variable peso x.....	81
Figura 34. Diagrama de dispersión del comportamiento de los datos.....	83
Figura 35. Gráfica de abejorros vivos por tratamiento al final del ciclo. ....	85

	PÁGINA
Figura 37. Histograma de poblacion final .....	86
Figura 38. Q-Q plot de abejorros vivos.....	86
Figura 38. Llenado de las unidades experimentales. ....	105
Figura 39. Identificado para la aplicación de cada tratamiento.....	105
Figura 40. Siembra de los pilones de tomate. ....	106
Figura 41. Preparado de las tres diferentes cepas de Trichoderma evaluadas...	106
Figura 42. Plano de invernaderos con líneas de conducción eléctrica.....	110
Figura 43. Diseño de estación central de fumigaciones. ....	114

EVALUACIÓN DE LA FERMENTACIÓN DE TRES SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS ENERGÉTICOS A BASE DE AZÚCARES PARA ABEJORROS (*Bombus impatiens*), EVALUADO EN EL CULTIVO DE TOMATE INDETERMINADO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO, REALIZADO EN LA EMPRESA INVERNADEROS TECNOLÓGICOS S.A., FINCA CHIRI-OJ ALDEA LLANO DE LA VIRGEN, SAN RAYMUNDO, GUATEMALA, C.A.

## Resumen

El presente trabajo se realizó con el apoyo de la Facultad de Agronomía por medio del programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) durante el periodo de febrero a noviembre del año 2016 y gracias a la ayuda de Invernaderos Tecnológicos S.A. fue posible llevar a cabo la investigación dando respuestas y solucionando la problemática encontrada en dicha empresa.

Invernaderos Tecnológicos S.A. es una empresa privada, dedicada principalmente al cultivo de tomate y su comercialización dentro y fuera de Guatemala, buscan estándares de calidad para poder cumplir con los requerimientos de exportación y venta local, por lo que es necesario que cada uno de los componentes en el transcurso de crecimiento y cosecha del cultivo funcionen eficientemente.

Fue así como tuvo inicio el Ejercicio Profesional Supervisado, realizando un diagnóstico de la empresa y finca para entender y conocer todos los procesos, variables y componentes que tienen para lograr llegar hasta el punto de cosecha y lograr comercializar su producto cumpliendo con las metas establecidas y estándares de calidad necesarios. Tomate manzano, tomate racimo, tomate cocina y tomate cherry son los diferentes tipos de tomates establecidos en la finca para comercializarlos en diferentes sectores.

Ya estando dentro de la empresa con puesto establecido, se comenzaron a encontrar problemáticas las cuales a lo largo del diagnóstico se fueron priorizando

para darles respuesta, y posteriormente resolver más problemáticas en forma de servicios.

Dado que para la exportación se cosecha con grado uno de maduración, es necesario tener una buena polinización dentro de los invernaderos y esto se logra con colmenas de abejorros polinizadores, utilizando colmenas de Kopper con abejorros del genero *B. impatiens*, se encontró el problema que los abejorros no realizaban un trabajo efectivo, teniendo bajos porcentajes de polinización y así afectando lo que son consistencia, durabilidad y calidad de frutos, estudiando y observando el comportamiento se determinó que el factor limitante era el alimento, el cual originalmente traído por la colmena se fermentaba o escaseaba a muy corto tiempo luego de la instalación en el área que debían trabajar.

Recopilando información y consultando a expertos se logró el proponer la formulación de tres suplementos alimenticios energéticos a base de glucosa, fructosa y sacarosa, cada uno compuesto en diferentes relaciones porcentuales. Proponiendo que al menos uno de los suplementos alimenticios energéticos podía llegar a ser palatable para los abejorros y poder reanimar y reactivar la colmena manteniéndola vigorosa y así lograr subir el porcentaje de polinización, para poder obtener mejor calidad, durabilidad y cantidad de cosecha en cuanto a clasificación por tamaños.

A los largo del Ejercicio Profesional Supervisado se evaluaron los suplementos alimenticios energéticos observando al final de la investigación diferencias notorias entre los diferentes suplementos, dando diferentes respuestas en las variables de respuesta establecidas.



**1 CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA INVERNADEROS TECNOLÓGICOS S.A., FINCA CHIRI-OJ, ALDEA LLANO DE LA VIRGEN, SAN RAYMUNDO GUATEMALA, C.A.**

## 1.1 Presentación

Invernaderos Tecnológicos S.A. es una entidad comercial dedicada a la producción de verduras de calidad de exportación, su enfoque está fuertemente orientado a la producción de tomate manzano y racimo para mercado internacional, y para mercado local tomate cocina, tomate manzano, tomate de racimo, pepino y chile pimiento. Trabajan en un sistema hidropónico basado en fibra de coco con sistema de fertirrigación altamente exigente en cuanto a los parámetros de nutrición vegetal para cada sector.

La metodología de producción que emplea la empresa está basada a experiencias y registros que han ido formando para poder fijar fechas de siembras, fechas de cosechas y así ir alternando los diferentes sectores de siembra para lograr cumplir con los requerimientos tanto en volúmenes de producción como en calidad para los mercados a los que se enfocan.

El establecimiento de la plantación y manejo de cosecha, está basada en sectorización, la finca está compuesta por lo que son 5 invernaderos con dimensiones de 1 Ha (aproximadamente) y cuenta con 5 invernaderos con dimensiones entre los 1000m<sup>2</sup> hasta los 4500m<sup>2</sup>. Por lo que se cuantifica la producción que es necesaria para abastecer a los clientes y así se asigna el área en la cual se ubicará cada una de las diferentes plantaciones. Debido a que cada tipo de tomate, chile y pepino tienen exigencias nutricionales diferentes se trata en la manera de lo posible asignar por invernadero un solo tipo de tomate sin importar que se establezcan dos o más variedades.

En el desarrollo del presente documento, se detallan los aspectos relevantes para el buen funcionamiento de la empresa, así mismo se analizan las problemáticas con las que se enfrentan en el proceso día a día y se aportan tanto ideas como soluciones para fortalecer el trabajo que se realizan en diferentes áreas.

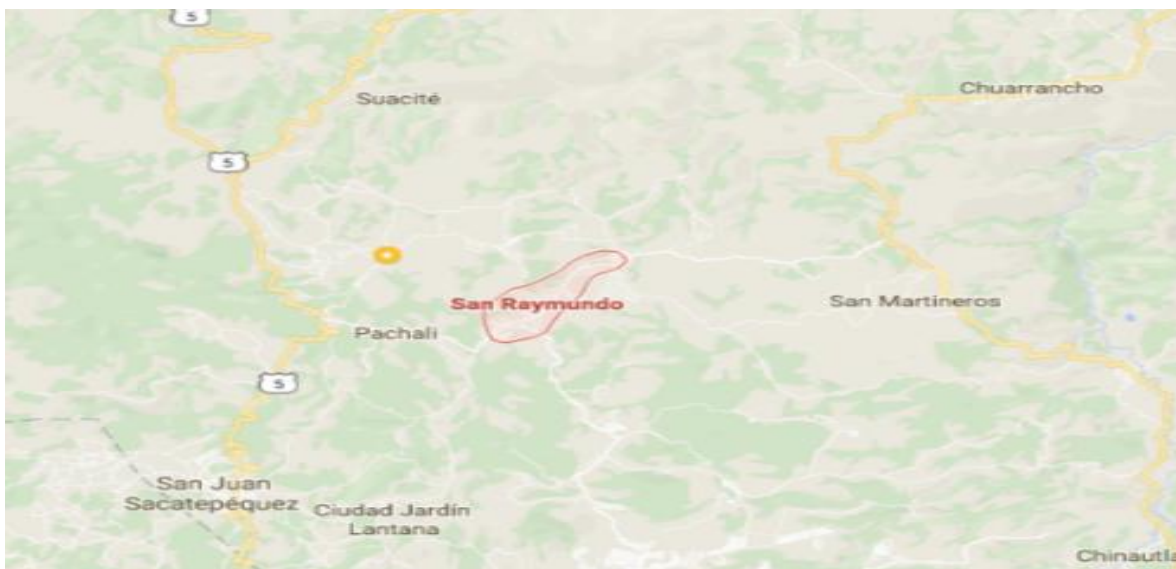


## 1.2 Marco referencial

### 1.2.1 Ubicación geográfica de San Raymundo de Peñafort

El municipio de San Raymundo, se encuentra situado en la parte norte del departamento de Guatemala, en la Región I o Región Metropolitana. Se localiza en la latitud  $14^{\circ} 45' 55''$  y en la longitud  $90^{\circ} 35' 45''$ . Se encuentra a una distancia de 44 km de la cabecera departamental de Guatemala es uno de los 338 municipios de la República de Guatemala y pertenece al departamento de Guatemala. Tiene una extensión de alrededor de  $114 \text{ km}^2$ , y está integrado por un pueblo, 8 aldeas y 16 caseríos.

El municipio de San Raymundo limita al norte con Granados y El Chol -Baja Verapaz-, al este con Chuarrancho y Chinautla -Guatemala-, al sur con San Pedro Sacatepéquez y al oeste con San Juan Sacatepéquez -Guatemala-. Su clima es frío y su fiesta titular se celebra el 23 de enero, en honor a San Raymundo de Peñafort. Durante las fiestas se presentan las siguientes danzas folklóricas: La Conquista, Moros, Torito, Diablos, Costeño, Fieros y los 12 pares de Francia. El idioma indígena predominante es el kakchiquel (Comodes 2001) (figura 1).



Fuente: Google earth, 2016.

**Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de San Raymundo.**

### **1.2.2 Historia**

San Raymundo fue fundado en 1610 por el capitán Bernal Díaz del Castillo. San Raimundo de las Casillas, es uno de los pueblos más antiguos del departamento de Guatemala.

### **1.2.3 Demografía**

Según las proyecciones realizadas por el Instituto Nacional de Estadística -INE- en base al censo realizado en 2002, para el año 2010 se estimó que San Raymundo tuvo una población de 28,757 habitantes y el plan del horizonte, la proyección estimada de población para el año 2025 será de 41,042 habitantes (SEGEPLAN s.f)

### **1.2.4 Geografía**

El municipio de San Raymundo está dividido en un pueblo, 8 aldeas y 16 caseríos. La cabecera municipal tiene la categoría de pueblo. Las Aldeas son: El Carrizal, El Zarzal, La Estancia, La Ciénega, Pamocá, Estancia Vieja, Vuelta Grande y Llano de la Virgen. Los Caseríos son: Concepción El Ciprés, La Comunidad, Jolomcot, Las Joyas, San Martineros, El Tablón, El Tamarindo, Quichumil, Curub, La Soledad, Los Tezenes, El Ciprés, Rajoní, Los Ayapanes y Panimoquim. En su territorio se encuentran 4 cerros y lo riegan 15 ríos, 2 riachuelos y 34 quebradas. Su altura es de 1,570 m.s.n.m. (Diccionario Municipal de Guatemala, 2001) (Comodes 2001).

### **1.2.5 Hidrografía**

San Raymundo está bañado por los ríos: Cotzibal, Cuxuyá, de Quezada, Grande o Motagua, Frío, Las Flores, Pajum, Simajuí, Las Vacas, Los Encuentros, Pamocá, Patzabaj, Rajoní y Ruyalhuit; los riachuelos: del Limón, El Zarzal; y las quebradas: Aguacate, Agua Zarca, Cimarrón y 25 más.

### **1.2.6 Economía**

Su producción agropecuaria incluye maíz, frijol y caña de azúcar. Su producción artesanal incluye tejidos de algodón, cerámica, jarcia, imaginería, muebles de madera, productos de hierro, candelas, cuero, teja y ladrillo de barro, cohetería.

Elaboración de comales y ollas de barro, alfarería, elaboración de floreros de cerámica. Fabricación de servilletas y manteles bordados a mano y a máquina. La población del municipio tiene un porcentaje alto de personas que se dedican a fabricar cohetes. Un porcentaje alto de las familias del pueblo se sostienen de las remesas que envían familiares del extranjero. (Comodes 2001)

## **1.3 Datos generales de la empresa**

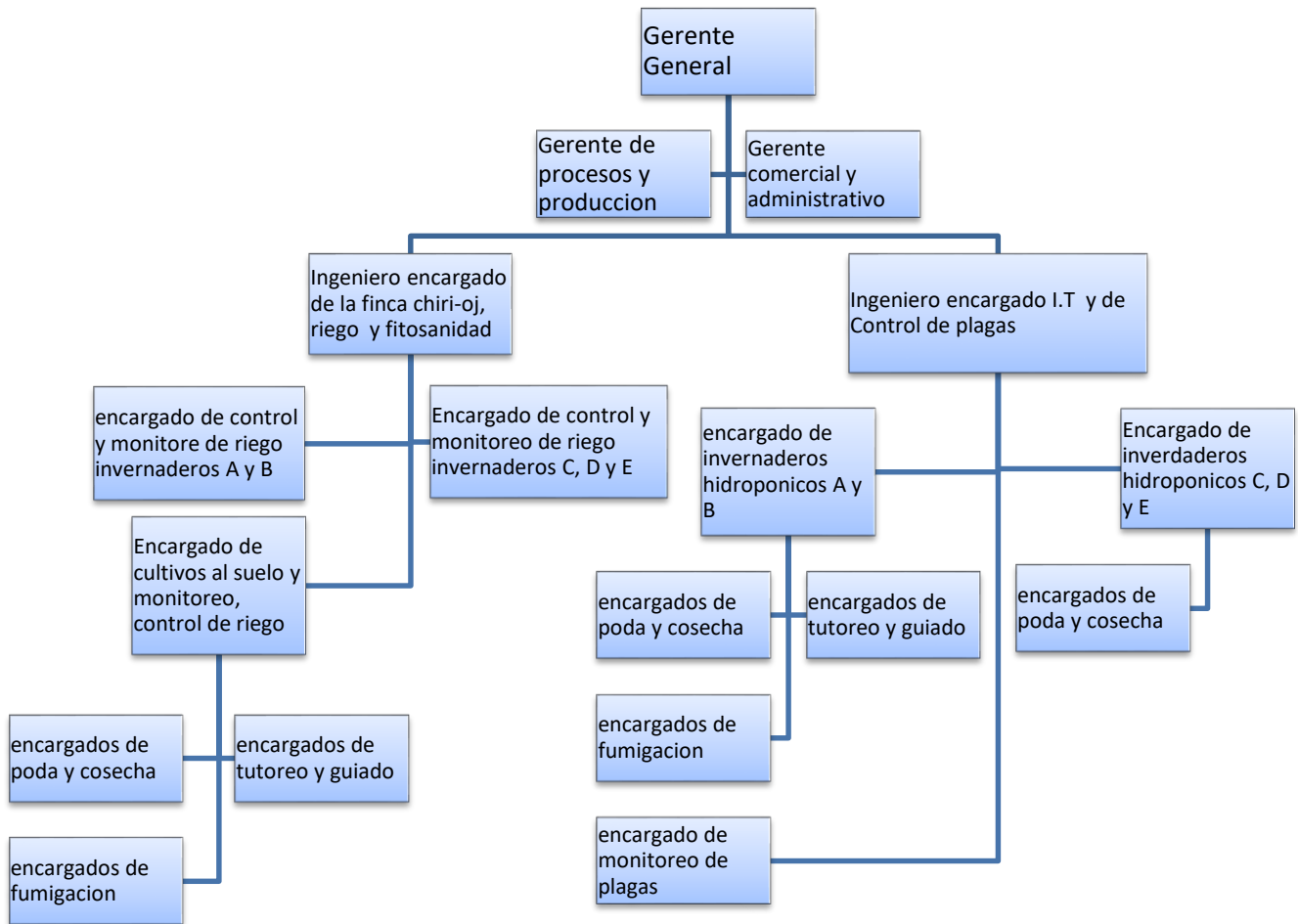
### **1.3.1 Nombre: Invernaderos Tecnológicos S.A.**

La empresa se encuentra instalada en la finca Chiri-oj y trabaja conjuntamente con Invernaderos Tecnológicos S.A. dentro de la misma finca, la empresa pertenece a una familia quienes tienen distribuidos los diferentes puestos de gerencia, y dentro de la empresa laboran ingenieros agrónomos, administradores y personal de nivel medio.

### **1.3.2 Ubicación**

La empresa Invernaderos Tecnológicos y agroindustrias Chiri-oj se encuentra ubicada en el municipio de San Raymundo en la aldea El Llano de la Virgen, finca Chiri-oj ubicada a 44 kilómetros de la ciudad capital, posee las coordenadas Latitud 14°45'22"N, Longitud 90°35'56"O posee una elevación de 1573 msnm.

### 1.3.3 Organigrama de la empresa



Fuente: elaboración Propia.

**Figura 2. Organigrama de Invernaderos Tecnológicos S.A.**

### 1.3.4 Población laboral

La población laboral se divide en las dos organizaciones comerciales que se ubican en la finca Chiri-oj en invernaderos tecnológicos se encuentran laborando actualmente 54 personas, y en agroindustrias Chiri-oj 25 además de los dos ingenieros a cargo de la finca, y tres personas en oficina encargadas de los trámites administrativos. Entre los trabajadores de campo se encuentra personas de diversas edades y diversos grados académicos.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Conocer e identificar los procesos de producción y comercialización de la empresa Invernaderos Tecnológicos S.A.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

1. Conocer las fortalezas y debilidades de los procesos productivos así como las oportunidades y amenazas que se presentan de determinados momentos dentro de la empresa.
2. Proponer soluciones y brindar apoyo en la mejora de diferentes aspectos productivos en los cultivos establecidos en la finca.
3. Identificar y priorizar las principales limitantes dentro del área de trabajo certificada para control de plagas y enfermedades.
4. Priorizar la problemática encontrada en la finca en general y darle solución, por investigaciones, pruebas y actividades necesarias para controlar y acabar con dichos problemas

## **1.5 Metodología**

Se procedió a consultar fuentes para recopilar información acerca del municipio de San Raymundo, así como a conocer toda la finca y a sus trabajadores para comprender cómo funciona la misma en cuanto a sus procesos internos. Se realizaron recorridos de rutina con los jefes inmediatos para comenzar a involucrarse en tareas cotidianas y así darse una idea de la cantidad de empleados y puestos existentes dentro de la empresa. Ya conociendo puestos y distribución de la empresa se procedió a conocer a todos los empleados y tareas a cargo de cada uno de ellos, para familiarizarse con el ambiente laboral y así recaudar información por medio de pláticas con diferentes empleados y personal en la finca para la elaboración de dicho informe, ya con la información necesaria se procedió a la realización de un FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) con lo que se puede resumir toda la información obtenida y encontrar posibles soluciones a problemáticas existentes.

## **1.6 Resultados**

Invernaderos tecnológicos S.A., es una empresa productora y proveedora de hortalizas. Dedicada a la comercialización de tomates frescos, principalmente distribuidos a procesadoras y mayoristas en los mercados locales y de Norteamérica.

La finca se encuentra ubicada en San Raymundo en la aldea Llano de la Virgen finca Chiri-oj. La finca se encuentra establecida bajo condiciones de invernaderos cultivados en sustratos de fibra de coco (sistema hidropónico) cuenta con fuente de agua proveniente de pozo, se emplea fertilizantes inorgánicos únicamente, inyectados por el sistema de válvulas en línea de goteo.

El Personal ha sido entrenado en temas relacionados con la higiene, BPA, uso y manejo seguro de plaguicidas en colaboración con Agrequima y campo limpio.

Existe implementado un sistema de aplicaciones de agroquímicos basados en la legislación local y de acuerdo al mercado destino.

La empresa tiene un programa de evaluación de proveedores tomando en cuenta aspectos rigurosos de inocuidad.

Como empresa tienen un compromiso, de tener todos los lineamientos de salud para exportar sus productos todo esto enmarcado dentro de normas de calidad e inocuidad. Se cuenta con profesionales de vasta experiencia, quienes aplican técnicas agrícolas y modernas.

### **1.6.1 Normas de Inocuidad.**

Las reglas básicas de comportamiento, deberán ser entendidas y firmadas de aceptado en el control de visitas tales como:

1. Obedecer todos los pictogramas
2. No se permite el ingreso de menores de edad a las instalaciones
3. No se permite tomar fotografías sin previa autorización de la gerencia
4. No se permite el ingreso de armas
5. Deberá colocarse el equipo de protección según lo requiera el área que visite
6. Depositar la basura en su lugar
7. No manipular alimentos al presentar una herida o al estar enfermos
8. Reportar enfermedades, síntomas o heridas a la gerencia
9. Mantener un alto grado de limpieza personal y utilizar ropa limpia
10. No toser, estornudar o hablar sobre los alimentos
11. No escupir, fumar y masticar chicle
12. No utilizar joyería
13. No se permite el uso de maquillaje de ningún tipo
14. No comer ni beber en áreas de manipulación o almacenamiento de alimentos
15. Guardar objetos personales en áreas designadas
16. Mantener uñas cortas, limpias y sin pintura
17. Parquear automóviles, motos, bicicletas en las áreas que corresponden.
18. Hacer buen uso de inodoros, letrinas, lavamanos, regaderas y cuidar los suministros

19. Lavarse las manos después de: toser, o estornudar, ir al baño, fumar, los descansos, manejo de productos no alimenticios, usar el teléfono.

20. Evitar cargar lápices, plumas, etc. En las bolsas arriba de la línea de la cintura.

### 1.6.2 Actividad productiva

Tanto la empresa Invernaderos Tecnológicos S.A. como agroindustrias chiri-oj se dedican a la producción y comercialización de tomate de diferentes tipos como lo son, tomate de racimo, tomate cherry, tomate de cocina y tomate de bola para satisfacer las demandas de los diferentes mercados a los cuales abastecen estas empresas. Entre los cultivos se utilizan las siguientes variedades (tabla 1):

**Cuadro 1. Variedades de tomate trabajadas en I.T.**

<b>Variedad</b>	<b>Tipo de tomate</b>
Merlis	Racimo
Endevour	Racimo
Torero	Bola
Forenza	Bola
Evaluna	Cocina
Tabare	Cocina
Retana	Cocina

Fuente: elaboración propia.

Aparte se trabajan otras tres variedades cuando se necesitan pilones injertados las cuales son:

- Patrón
- Protector,
- Maxifort
- Multifort.



### **1.6.3 Comercialización:**

La comercialización de la cosecha tiene diferentes destinos ya que dentro de las áreas productivas se encuentran diferentes variedades de tomate como lo son tomate de bola, racimo, cocina, cherrys, también cuentan con pequeñas áreas con chiles pimientos y pepinos, comercializan a diferentes lugares tanto nacionales como fuera de las fronteras de Guatemala, en territorio nacional venden a lo que es Walmart, y clientela en diferentes áreas, fuera de las fronteras del país exportan a el salvador y estados unidos semanalmente. Los precios están sujetos a acuerdos establecidos por el gerente de comercialización.

### **1.6.4 Invernadero:**

Es una construcción agrícola de estructura metálica, usada para el cultivo y/o protección de plantas, con cubierta de película plástica traslúcida que no permite el paso de la lluvia al interior y que tiene por objetivo reproducir o simular las condiciones climáticas más adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en el interior. Los invernaderos pueden contar con un cerramiento total de plástico en la parte superior y malla en los laterales.

Clasificación de los Invernaderos:

**Clase A:** Estructuras de Invernaderos unitarios o en batería.

**Clase B:** Estructuras tipo Casa-Sombra y Macro túneles.

#### **1.6.4.1 Materiales empleados en las estructuras.**

Los materiales de las estructuras deben ser económicos, ligeros, resistentes y esbeltos; deben formar estructuras poco voluminosas, a fin de evitar sombras de las mismas sobre las plantas, de fácil construcción, mantenimiento y conservación, modificables y

adaptables al crecimiento y expansión futura de estructuras, sobre todo cuando se planean ensamblar en batería.

- Anclas para cimentación, columnas, arcos, flechas, largueros y refuerzos: De perfil tubular cuadrado o redondo de acero galvanizado a base de una capa G-90 por ambas caras. Metalizado a base de Zinc en la costura de la soldadura. Diferentes secciones.
- Canalones y perfil sujetador. Lámina de acero galvanizado a base de una capa G-90 por ambas caras, varios calibres.
- Cable. De acero galvanizado capa G-90, varias medidas.
- Alambres. De acero bajo carbón galvanizado G-90 varios calibres.
- Resorte sujetador o alambre zig zag. De acero de alto carbón galvanizado.
- Tornillería. Galvanizada alta resistencia G-5 varias medidas.

Cabe mencionar que se debe utilizar concreto con resistencia  $f'c=150$  Kg./cm<sup>2</sup> para la fabricación de las bases donde se ahogarán las anclas y columnas para cimentarlas.

#### **1.6.4.2 Normatividad de los materiales.**

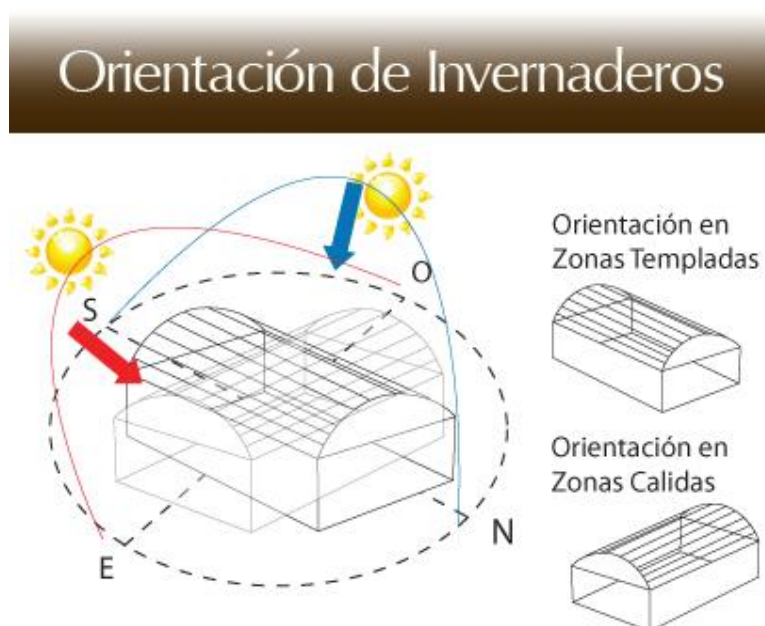
En lo referente a las normas a cumplir en aspecto de materiales, para el acero a utilizar en la estructura de un invernadero, se deberá cumplir con las siguientes especificaciones de acuerdo al fabricante:

- Perfil cuadrado o redondo de acero fabricado según norma NMX-B-009, con acero grado 30 ( $F_y=2,320$  Kg. /cm<sup>2</sup>); rolado en frío.
- El recubrimiento de éstos perfiles debe ser de Zinc-Aluminio galvanizado en caliente, capa AZ-90 (0.90 Oz/Ft<sup>2</sup> = 274 gr. /m<sup>2</sup> = 0.0015 in., según norma NOM-B-469, ASTM-792), el cual debe proporcionar resistencia del material a ambientes corrosivos.
- Además se debe de cumplir con que las estructuras deben de tener de 5 a 6 kg/m<sup>2</sup> de acero. Las columnas deben de ser mínimo de 2" y los arcos de 1 ¾".
- Manual de Diseño de Obras Civiles de la C.F.E. (sección C-14), la cual define las condiciones de viento y sismo a considerar de acuerdo a la ubicación de la estructura dentro de la República Mexicana.

- Cubiertas. Polietileno Cal. 720 tratado contra rayos ultravioleta UV II, diferentes porcentajes de sombra y color.

### 1.6.5 Formas de los invernaderos.

Las características y formas del invernadero estarán dispuesta por las condiciones climáticas (temperatura, luz solar, lluvia y aire) y orografía, conforme a lo mencionado se establece la orientación de la estructura Oeste –Este como se muestra en la figura 3.



Fuente: Agrohost 2015.

**Figura 3. Orientación de un invernadero según su región.**

Debido a esto puede intentarse una clasificación según criterios (por ej. materiales para la construcción, tipo de material de cobertura, características de la techumbre, etc.). Partiendo de esto nos basaremos en los más utilizados tipos de invernaderos o comunes en el mundo se encuentran:

- Invernadero-túnel.
- Invernadero capilla (a dos aguas).
- Invernaderos en diente de sierra.
- Invernadero capilla modificado.

- E. Invernadero con techumbre curva.
- F. Invernadero tipo “parral” ó “almeriense”.
- G. Invernadero “holandés” (tipo Venlo).

## 1.6.6 Tipos de invernaderos utilizados en Invernaderos Tecnológicos S.A.

### 1.6.6.1 Invernadero-túnel.

Es difícil establecer una línea divisoria entre lo que es un invernadero y un macro túnel, por no existir un parámetro definido.

En general, de acuerdo a diferentes opiniones al respecto, podemos definir como invernadero aquella estructura que supera los 2,75-3,00 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Se trata de invernaderos que tienen una anchura y altura variable, encontrándose en el mercado modelos importados con las siguientes dimensiones (tabla 2):

**Cuadro 2. Relaciones ancho alto y altura cenital en invernaderos.**

Ancho (m)	Altura del cenit (m)	Altura total (m)
3-5	1.5	-----
6	2.5	1.3
8	3.2	1.7
9	3.3	1.7

Fuente: Agritech 2016.

**Cuadro 3. Ventajas y desventajas de invernaderos tipo túnel.**

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta resistencia a los vientos y de fácil instalación.</li> <li>• Tiene un alto grado de paso de luz solar.</li> <li>• Apto tanto para materiales de cobertura flexible como rígidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativamente pequeño volumen de aire retenido (escasa inercia térmica) pudiendo ocurrir el fenómeno de inversión térmica. Solamente recomendado para cultivos de bajo a mediano porte (lechuga, flores, frutillas, etc).</li> </ul>



Fuente: elaboración propia.

**Figura 4. Invernadero tipo túnel.**

#### **1.6.6.2 Invernadero capilla (a dos aguas).**

Se trata de una de las estructuras más antiguas, empleadas en el forzado. La pendiente del techo (cabio) es variable según la radiación y pluviometría (variando normalmente entre 15° y 35°).

Las dimensiones del ancho, varían entre 6 y 12 m (incluso mayores), por largo variable.

Las alturas de los laterales varían entre 2,0-2,5 m y la de cumbrera 3,0-3,5 m (también se construyen más bajos que los señalados, pero no son recomendables).

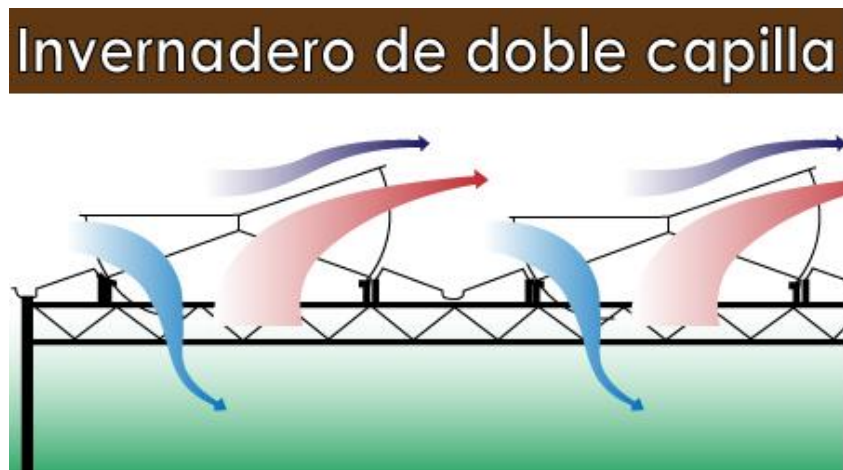
La ventilación de estos invernaderos en unidades sueltas, no ofrece dificultades; solo se hace difícil cuando varios de estos invernaderos se agrupan formando baterías (tabla 4).

#### Cuadro 4. Ventajas y desventajas de invernadero a capilla de dos aguas.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de media a baja complejidad.</li> <li>• Utiliza materiales de bajo costo dependiendo de la zona (postes de madera pinos , eucaliptos , etc).</li> <li>• Apto tanto para materiales de cobertura flexible como rígidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problema de ventilación con invernaderos en batería.</li> <li>• Misma altura cenital, tiene menor volumen encerrado que invernaderos curvos.</li> <li>• Mayores números de elementos que disminuyen la transmisión de luz solar.</li> <li>• Elementos de soportes internos que dificultan los desplazamientos y el emplazamiento de cultivos.</li> </ul>



Fuente: elaboración propia.  
**Figura 5. Invernadero capilla de dos agua.**



Fuente: Agritech 2016.  
**Figura 6. Circulación del aire en batería de invernadero de capilla de dos aguas.**

### 1.6.6.3 Invernaderos de techo curvo (media luna) con abertura cenital

Este tipo de invernaderos, tienen su origen en los invernaderos-túneles. Por lo común, son de tipo metálicos (caños de 2" a 2,5" de diámetro ó bien perfiles triangulares con hierro redondo trefilado de 8-10 mm de diámetro) o bien con techumbres metálicas y postes de madera.

Dentro de este tipo de invernaderos, pueden encontrarse diferentes alternativas según la forma que adopta el techo (circulares, semielípticos o de medio punto, ojivales, etc.).

Las dimensiones más comunes de estos invernaderos van de 6,0-8,0 m de ancho por largo variable. En la zona del cinturón hortícola de la ciudad de Santa Fe, existe una alternativa de muy bajo costo (más próxima al tipo semielíptico) construida con postes de madera y techumbre de madera arqueada o caña. Se trata de estructura muy endeble y de baja altura, tornándose en una importante limitante para el clima de la zona (tabla 5).

#### Cuadro 5. Ventajas y desventajas de invernaderos de techos curvos.

Ventajas.	Desventajas.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructuras con pocos obstáculos en su estructura.</li> <li>• Buena ventilación.</li> <li>• Buena estanqueidad a la lluvia y al aire.</li> <li>• Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento y facilita su accionamiento mecanizado.</li> <li>• Buen reparto de la luminosidad en el interior del invernadero.</li> <li>• Fácil instalación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevado coste.</li> <li>• No aprovecha el agua de lluvia</li> </ul>

Fuente: elaboración propia





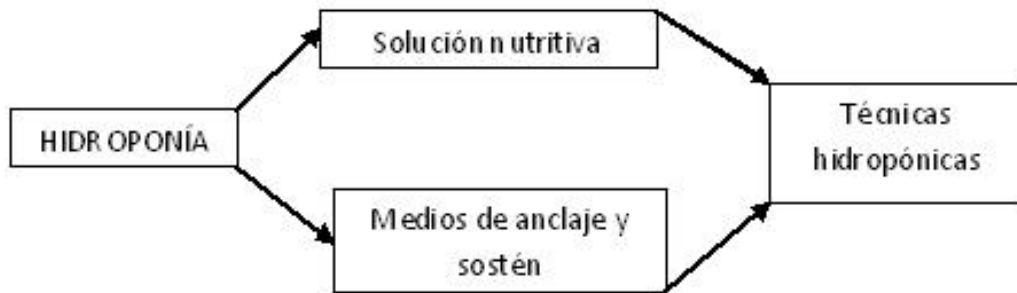
Fuente: elaboración propia

**Figura 7. Invernadero techo curvo (media luna) con abertura cenital**

### **1.6.7 Hidroponía**

Es un conjunto de técnicas que sustituye al suelo también es denominada agricultura sin suelo. La hidroponía te permite diseñar estructuras simples y/o complejas favoreciendo las condiciones ambientales idóneas para producir cualquier planta de tipo herbáceo aprovechando en su totalidad cualquier área (azoteas jardines, suelos infértiles, terrenos escabrosos, etc) sin importar las dimensiones como el estado físico de estas.

Esta agricultura sin suelo (hidroponía) lamentablemente no ha sido difundida lo que hace que la gente crea que es muy complicada



Fuente: elaboración propia

**Figura 8. Elementos para hidroponía.**

Estos elementos son esenciales para producir cualquier planta en forma hidropónica, en medios de anclaje y sostén hacemos referencia a sustratos o estructuras, las cuales permitirán hacer fluir o mantener la solución nutritiva por ciertos periodos.

### **1.6.8 Ventajas de producir en hidroponía**

A continuación se presenta un cuadro de los aspectos esenciales para la producción en suelo como en hidroponía mostrando las grandes ventajas de esta sobre el suelo para que puedas crear tu propio criterio.

**Cuadro 6. Comparación de cultivo al suelo vs Hidroponía.**

<b>Características esenciales</b>	<b>Sobre suelo</b>	<b>Sin suelo</b>
<b>Nutrición de la planta</b>	Es difícil controlar debido a su variabilidad por el medio ambiente	Se tiene estabilidad permitiendo monitorear y corregir
<b>Espaciamiento</b>	Se limita su fertilidad y la densidad de plantación es menor	Altas densidades y mayor aprovechamiento de espacio y luz.
<b>Control de maleza</b>	Se tiene mayor presencia de malezas	Disminuye la población y resultan casi inexistentes
<b>Enfermedades y patógenos en el suelo</b>	Son propensas a enfermedades producidas por el suelo	No existen patógenos debido a que se sustituyó el suelo
<b>Agua</b>	Tiende a un estrés hídrico debido que aunque le suelo tenga agua no está disponible en su totalidad.	No existe tal estrés ya que las técnicas hidropónicas tienen siempre disponible el agua

Fuente: Agritech 2016

La hidroponía surgió por una necesidad que la mayoría de las aéreas agrícolas ya no son tan productivas como algún tiempo lo fueron, ya sea por la falta de agua, la poca fertilidad de los suelos, espacio, los cambios climáticos, etc. Por ello es que han buscado alternativas tecnológicas que permitan cultivar a cualquier persona productos de calidad en pequeños o grandes espacios y puedes producir todo el año.



Fuente: elaboración propia.

**Figura 9. Cultivos Hidropónicos Invernaderos tecnológicos S.A.**

#### **1.6.9 Problemática encontrada en I.T. y posibles soluciones.**

Realizando el estudio desde la fase de preparación de suelos hasta la cosecha se encontró una serie de problemas con los cuales se enfrenta esta empresa, provocando pérdidas de recursos monetarios, tiempo, calidad final de la cosecha, mano de obra extra y en muchos casos sectores completos de siembra por causa de enfermedades. La problemática se presenta de manera general sin importar que invernadero o sector se prepare y se trate, estos se detallan de manera prioritaria para darle solución en orden de importancia, estos son:

1. Muerte e inactividad de colmenas de abejorros antes del tiempo establecido por el fabricante.
2. Muerte y pérdida de áreas dentro de cada invernadero provocado por el brote de enfermedades fungosas.

3. Mal funcionamiento de electro-válvulas de riego por mala instalación y mal diseño de la red de pulso eléctrico.
4. Desperdicio de aguas con fertilizantes por no contar con sistema de recirculación de aguas.

### 1.7 Análisis FODA

<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• tecnología de punta</li> <li>• disponibilidad de mano de obra</li> <li>• disponibilidad de agua y uso eficiente de la misma</li> <li>• mejoras continuas de tecnológica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• planta de tratamiento para aguas residuales de cultivos hidropónicos</li> <li>• Cercanía a mercados importantes</li> <li>• reutilización de pulpa de café para lombricompost.</li> </ul>
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• baja de producción por cuestiones climáticas</li> <li>• no contar con luz trifásica para alimentar el sistema electico de bombas de riego</li> <li>• baja capacidad eléctrica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alta propagación a enfermedades bacterianas y fungosas introducidas en cultivos hidropónicos</li> <li>• competencia de mercado en territorio internacional</li> <li>• bajos porcentajes de polinización en diferentes épocas de la producción.</li> </ul>

## 1.8 Conclusiones

1. Invernaderos tecnológicos S.A. cuenta con varios procesos para garantizar su cosecha entre los cuales encontramos: cuidado, monitoreo, fertilización, poda, tutoro, fumigación contra plagas y enfermedades así como aplicación de productos estimulantes, control de la Conductividad eléctrica y ph por medio de las privas las cuales son las máquinas que se encargan de satisfacer de agua al sistema hidropónico, entre otros procesos, al cumplir con todo lo establecido y llegar al momento de la cosecha se procede a contactar con los clientes fuera de las fronteras de Guatemala para negociar la cosecha en libras, y clasificar el tomate de exportación y el tomate que se comercializa en territorio nacional.
2. Al involucrarse en actividades que se realizan en los procesos productivos, se conocen las fortalezas y debilidades entre los cuales cabe mencionar que la tecnología que poseen es una ventaja para facilitar el trabajo en ciertas áreas, pero por la ubicación no cuentan con la cantidad de luz necesaria por lo que la baja capacidad eléctrica es una limitante para regar por lo que se hacen turnos según la capacidad de la conducción eléctrica, así como las oportunidades de mejora en ciertos puntos de la empresa como lo es una planta de tratamiento de aguas residuales para su reutilización en cultivos dentro de la misma finca. Entre las amenazas más fuertes cabe mencionar la alta competitividad del mercado mexicano, dado que al entrar en competencia con México este deja corto el territorio nacional.
3. Al conocer todos los procesos y funciones de cada empleado dentro de la empresa se pueden proponer ciertas mejoras como lo es la planta de tratamiento de agua, el monitoreo de la frecuencia de riego en los sistemas hidropónicos, la aplicación de nuevos productos agroquímicos para el control de plagas y enfermedades.
4. Al momento de trabajar en el área certificada de debe de priorizar el cumplir las normas que establecen las certificadoras puesto que hay revisiones constantes y la desobediencia de una de estas normas puede costar la oportunidad de exportar cierto cultivo dentro de la empresa por lo que es importante conocer las limitantes

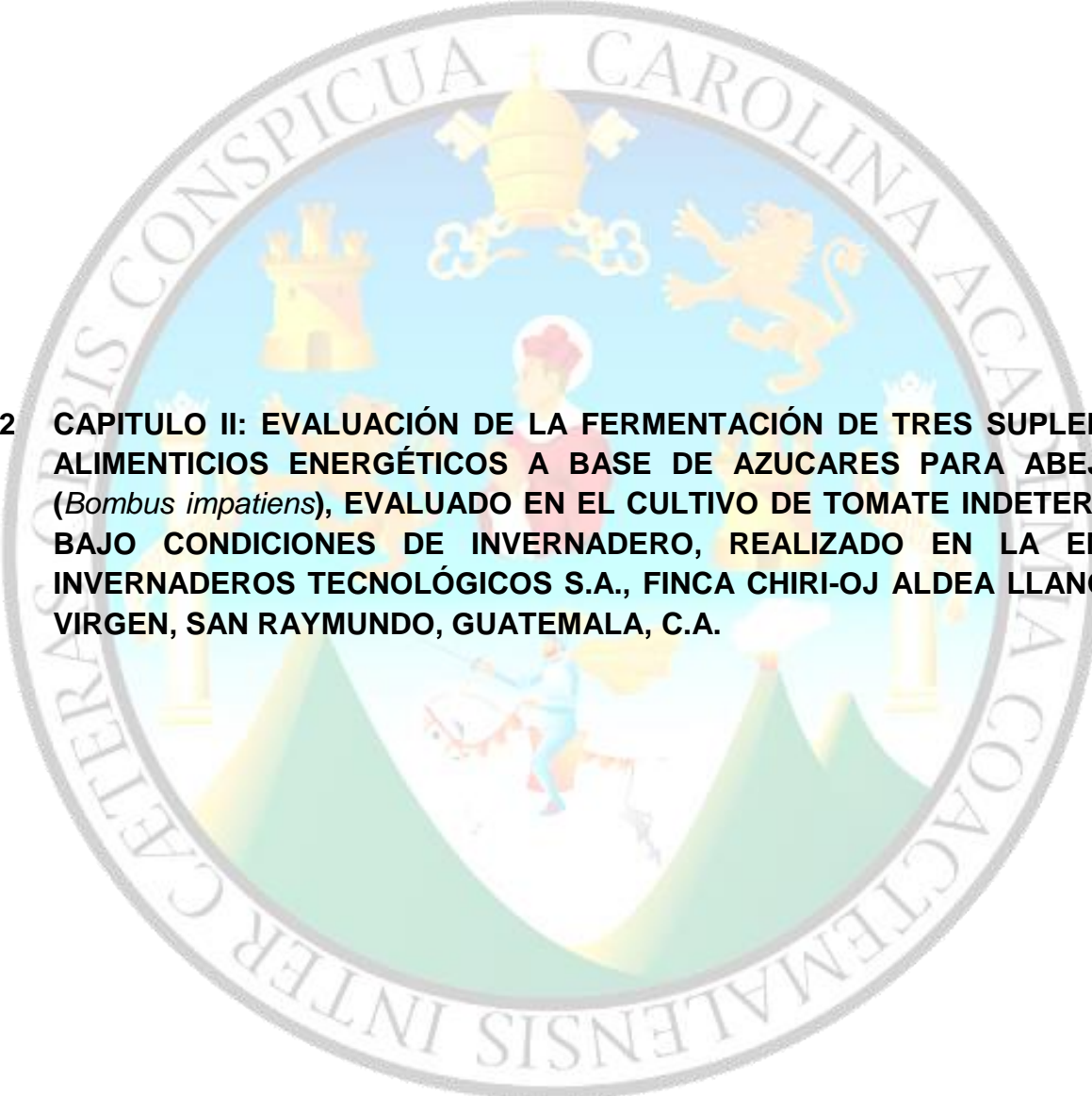
de la certificadora tales como vestimenta, normas de higiene y limpieza, productos que no se pueden aplicar, productos que se deben aplicar con cierta frecuencia... etc.

5. Al realizar un análisis general de la finca y encontrar la problemática con que se enfrentan, se procedió a priorizar cada uno de los problemas obteniendo que el problema principal era la muerte e inactividad de los abejorros, lo que provoca no solo la pérdida de la inversión al momento de la compra, sino que posteriormente ocasiona baja en la productividad al no contar con polinizadores, baja de la calidad y consistencia de los frutos, lo que afecta la durabilidad y maduración, el siguiente problema encontrado fue la pérdida de sectores dentro de cada invernadero ocasionado por el brote de enfermedades fungosas, el mal funcionamiento de las electro-válvulas de riego por problemas en las vías de conducción eléctrica y el desperdicio de aguas residuales con fertilizantes por no poder reutilizar esta por no contar con sistema de desinfección de aguas.

## 1.9 Bibliografía

1. Agritech (Agricultural Technology). 2016. Diseños y diferencias entre invernaderos para agricultura protegida. Agritech 1(1):7-45.
2. Agrobit. 2013. Diseño, estructuras y ventajas en diferentes invernaderos. Agrobit 24(3):80.
3. De la Cruz S, JR. 1981. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento: sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
4. Hernández, JR; Rainz, TJ. 2011. Agricultura protegida para todo el mundo. Agrotech, 104(4): 115-146.
5. IGN (Instituto Geográfico Nacional, Guatemala). 1995. Mapa topográfico de Guatemala: hoja del municipio de San Raymundo, no. 3163-1. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
6. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2000. Mapas digitales de la república de Guatemala, a escala 1:250,000. Guatemala. 1 CD.



- 
- The seal of the Academia Coahuilense de Letras y Ciencias is a circular emblem. It features a central shield with a figure on horseback, a castle, a lion, and a sun. The shield is set against a background of green hills and a blue sky. The text "ACADEMIA COAHUILENSE DE LETRAS Y CIENCIAS" is written around the perimeter of the seal. The text "CONSPICUA CAROLINA" is written at the top, and "CETTERA" is written at the bottom.
- 2 **CAPITULO II: EVALUACIÓN DE LA FERMENTACIÓN DE TRES SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS ENERGÉTICOS A BASE DE AZUCARES PARA ABEJORROS (*Bombus impatiens*), EVALUADO EN EL CULTIVO DE TOMATE INDETERMINADO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO, REALIZADO EN LA EMPRESA INVERNADEROS TECNOLÓGICOS S.A., FINCA CHIRI-OJ ALDEA LLANO DE LA VIRGEN, SAN RAYMUNDO, GUATEMALA, C.A.**

## 2.1 Presentación

La polinización es la acción de transferir polen de las anteras de una flor al estigma de la misma o de otra flor, esta acción se da por medio de diferentes agentes como lo pueden ser: el viento, insectos, aves, murciélagos y agua. Sin embargo en la agricultura moderna los insectos juegan un papel muy importante en la polinización de diferentes cultivos. Este tipo de polinización recibe el nombre de polinización entomofilia, la abeja y abejorros son los insectos más eficientes y manejables ya que son los principales transportadores de polen, debido a ellos se da el 90% de la polinización cruzada.

La cosecha cambia en relación con el grado de beneficio que recibe de la polinización cruzada por insectos. Algunas cosechas, tales como los frijoles y los mangos se polinizan autónomamente, pero tienen una mejor productividad si son polinizados por insectos. Otras tales como, el girasol, el trébol, almendros y melones dependen directamente de la polinización por insectos porque de no ser así no tendrían producción. Una adecuada polinización por insectos influye tanto en la cantidad como en la calidad de la cosecha, sin embargo las frutas pequeñas manifiestan siempre una polinización insuficiente, una adecuada polinización por insectos asegura también que en caso de florecimiento precoz estas flores produzcan semillas.

La polinización puede ser tan importante para la producción como el agua o los fertilizantes agrícolas. A pesar de las mejorías alcanzadas con el uso de los cultivares y de la irrigación, la polinización puede ser el factor limitante de la calidad y cantidad de la cosecha. Se conocen muy bien las condiciones de polinización de las principales cosechas de las zonas templadas. En los países de agricultura industrializada, el uso de las abejas para la polinización se ha incrementado enormemente durante el siglo XX y se ha vuelto una parte integrante de la producción agrícola. En las zonas tropicales, las investigaciones sobre las condiciones de polinización en las cosechas han sido muy reducidas.

Las abejas y abejorros polinizadores tienen dietas similares, los dos coinciden en que la clase obrera de la colmena recogen tanto el polen como néctar de flores para alimentar a

las larvas de la colmena, en las plantas que producen frutos, el néctar no tiene otra razón de ser que el de atraer a los polinizadores, ya sean abejas y otros animales.

Los azúcares más comúnmente encontrados en el néctar son: glucosa, fructosa y sacarosa.

El néctar provee de carbohidratos a las abejas y el polen de los restantes requerimientos nutricionales. El polen es principalmente proteína, contiene almidón, azúcares, ácidos grasos y trazas de sales inorgánicas. Por ellos es importante que los abejorros cuenten con una fuente de alimento estable donde puedan satisfacer sus necesidades nutricionales y así realizar su labor de polinización eficientemente.

En Invernaderos tecnológicos y agroindustrias Chiri-oj, se utilizan colmenas comerciales de abejorros (*Bombus impatiens*) para realizar labor de polinización en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) para asegurar y mantener la calidad de los frutos debido a los estándares comerciales que desean satisfacer. Últimamente los factores que conllevan a una buena polinización se han visto afectados, siendo estos la baja en el porcentaje de polinización, esto se debe al agotamiento de la fuente de alimento energético que posee la colmena antes de que se cumpla el tiempo de vida, la colmena de abejorros viene predispuesta para un tiempo de vida de 12 semanas, y se ha comprobado que el alimento se agota entre la 6 y 8 semanas de trabajo, por dicho motivo se necesita determinar un suplemento alimenticio que sustituya el alimento original de las colmenas, que logre satisfacer las necesidades nutricionales (fuente de carbohidratos) que necesitan los abejorros, para mantener una buena polinización en las plantaciones de tomate.

Por lo que se busca el elaborar un producto líquido, que sea el reemplazo inmediato de la fuente de carbohidratos que trae originalmente la colmena al momento de agotarse, para esto es necesario el plantear diferentes formulaciones para evaluar cuál de los néctares es el que provea los carbohidratos necesarios para que los abejorros continúen su ciclo de vida y su labor de polinización, se elaboraran tres formulaciones distintas a base de sacarosa, fructosa y glucosa, añadiendo si es necesario un preservante en este caso

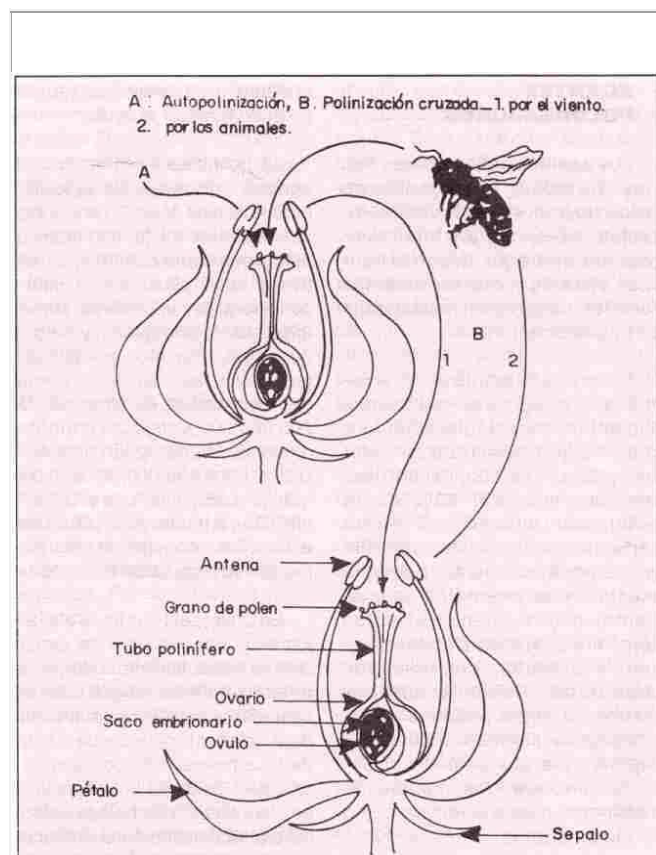
Benzoato de sodio al 5% para asegurar un tiempo de vida de 8 semanas del producto para que la colmena de abejorros se alimente de dicho suplemento y que continúen sus labores de polinización y así completar su ciclo de vida.

## 2.2 MARCO TEORICO

### 2.2.1 Marco conceptual

#### 2.2.1.1 Polinización

La polinización es la transferencia de polen de las anteras de una flor al estigma de la misma o de otra flor. La fertilización es la unión de los gametos masculino y femenino que ocurre después de la polinización, la cual está condicionada por las lluvias, temperaturas y el viento. (Moré, Benitez-Vieyra, Sérsic, & Cocucci, 2014) (figura 10).



Fuente: P. Melian, 2003.

**Figura 10. Tipos de polinización.**

### **2.2.1.2 La polinización entomófila y su importancia para la agricultura**

Auto polinización: es la transferencia del polen de una antera al estigma de la misma flor o flores de una misma planta. Ocurre en plantas hermafroditas y las gramíneas son en su mayoría autopolinizadas.

Polinización cruzada: transferencia de polen entre plantas de diferente constitución genética. Donde los gametos no son genéticamente idénticos a los gametos de los óvulos. Este proceso es muy ventajoso, porque aumenta el grado de variabilidad y vigor de las especies, posibilita la formación de nuevas combinaciones de factores hereditarios y favorece la producción de semillas capaces de germinar.

A través de la selección natural, las plantas realizan adaptaciones estructurales complejas que satisfacen las exigencias mecánicas y olfativas de las abejas, con el fin de aumentar la eficiencia de la polinización cruzada. De acuerdo con el tipo de polinización que tiene ocurrencia en sus flores, las plantas pueden ser: plantas fructíferas, capaces de producir frutas y semillas con su propio polen; plantas infructíferas, aquellas variedades que cuando se polinizan entre ellas son incapaces de formar frutos y semillas, requiriéndose de polinización cruzada.

Desde el punto de vista agronómico:

En los países con agricultura muy desarrollada, en los cuales la abeja se utiliza como fuerza productiva en la polinización de frutales, granos y vegetales, señalan que los bajos rendimientos de frutos y semilla se deben parcialmente a una polinización deficiente, debido al deterioro del ecosistema. Por otra parte, los bajos rendimientos agrícolas son atribuidos a daños causados por plagas, enfermedades y factores climáticos; no obstante puede ser que los requisitos de polinización de la planta no se cumplieron y el polen no pudo fertilizar el óvulo.

La polinización como actividad agrícola provee a los apicultores europeos más de 165% de sus ingresos, dado el rol fundamental que ésta juega como estrategia productiva a

largo plazo, en la cual se considera tan importante como la fertilización, la irrigación y el control de plagas. Por ello, el valor de la producción apícola de la Comunidad Económica Europea, de US\$ 200.000.000, se traduce en un incremento de la producción agrícola de US\$ 10.000.000.000, lo cual indica que por cada dólar que produce un apicultor, a través de la polinización entomófila, los agricultores incrementan su producción en 50 dólares. (Moré et al., 2014)

Desde el punto de vista ecológico. Aun cuando se observa a la apicultura como una producción animal marginal, ésta tiene un papel muy importante dentro del ecosistema, si se considera que el deterioro ambiental causado por procesos urbanísticos, industriales y agrícolas (agricultura intensiva) ha contribuido a eliminar insectos polinizadores autóctonos, poniendo en peligro la supervivencia de especies silvestres útiles a la agricultura y la humanidad. En Australia, por ejemplo, se permite a apicultores el acceso a parques nacionales, en los cuales la abeja mejora la polinización cruzada que, realizada accidentalmente (no dirigida) por colmenas silvestres, no es muy buena.

### **2.2.1.3 Agentes polinizadores**

Los agentes polinizadores son muy variados, destacando en orden de importancia: viento, insectos, aves, agua y murciélagos. Sin embargo, desde el punto de vista agrícola, los insectos sociales tienen gran importancia en la polinización. Dentro de la polinización entomófila, la abeja es el insecto más eficiente y manejable, debido a que es el principal transportador de polen. Las abejas contribuyen con más del 90% de la polinización cruzada. Por otra parte, la polinización hidrófila (por el agua) ocurre en pequeña escala y la anemófila (por el viento) ocurre cuando el polen deja libre sustancias adherentes que le permiten cruzarse con otras flores. Debido a que hay granos de polen pesados y unidos a secreciones viscosas que impiden que el viento los arrastre, son requeridos medios de transporte más eficientes como son los insectos. (Moré et al., 2014)

#### **2.2.1.4 El rol de los polinizadores en la agricultura**

La agricultura es la primera y la auténtica beneficiaria de los servicios prestados por las abejas. Su contribución en términos económicos es realmente significativa, hasta tal punto que la renta directa de la apicultura (miel, cera, polen y otros productos) pasa a un segundo término.

Se ha intentado hacer una estimación al respecto en muchos países, y así por ejemplo:

En Estados Unidos se refleja una proporción de 100 a 1000 veces superior entre beneficios para la agricultura y renta directa de los productos de la colmena.

En Italia asimismo se puede considerar que la importancia de las abejas como polinizadoras es 60 veces superior a los beneficios que producen los productos de la colmena.

En Francia, según el Bulletin Technique, en 1982, se cifró la incidencia económica de la apicultura sobre los distintos cultivos agrícolas en los que actúa, en 53.785 millones de pesetas de beneficio. Se estima así que las abejas intervienen aproximadamente entre un 8 a 100 %, dependiendo de la especie de que se trate, en el rendimiento de las plantas cultivadas mediante la polinización entomófila es (almendro, melocotonero, cerezo, ciruelo, manzano, peral) las leguminosas forrajeras (alfalfa, trébol), las cucurbitáceas (melones, pepinos, calabazas, calabacines, berenjenas), las plantas para la extracción de aceite (girasol, colza), las fibras textiles (lino, algodón), todos los cultivos hortícolas, (fresas, frambuesa, espárragos, zarzamora, tomate), las plantas de flor y una recién llegada, la vid, forman una lista parcial de vegetales que dependen necesariamente o al menos se ven favorecidos por la acción polinizadora de las abejas, hasta el punto de que sería mucho más sencillo citar los vegetales que no la necesitan. ("Gobble Up Multicultural Books," 2003)

Resulta ya indiscutible que las abejas, y con ellas los apicultores, participan en medida considerable en la producción agrícola.



### **2.2.1.5 Polinización con abejorros**

En 1987 se comenzó a saber que los abejorros podían ser una excelente alternativa para la polinización del tomate. Esto representaba una laboriosa e intensiva tarea. Desde ese momento se inició la producción de los abejorros: *B. terrestris* para Europa y Asia, *B. canariensis* para las Islas Canarias, *B. impatiens* para Norte y Sur América.

De esta manera los abejorros se usan en todo el mundo para la polinización del tomate. Como resultado se obtiene un ahorro en la mano de obra, inconvenientes con la calidad del fruto, incluso a veces un aumento de la producción. Esto ha hecho de NATUPOL © un sinónimo del estándar para la polinización natural.

En estos últimos años el uso de los abejorros se ha extendido a otro tipo de cultivos. (Koppert, 2014)

Los beneficios de la polinización natural para el usuario son:

- Ahorro de los costes de trabajo.
- Mejoras en la calidad del fruto.
- Aumento de la producción.
- Polinización menos dependiente de las condiciones climáticas o de los polinizadores nativos.
- La reducción de la cantidad de polen en el invernadero proporciona un mejor ambiente de trabajo.

### **2.2.1.6 Porque el uso de abejorros como polinizadores**

En comparación con otros insectos polinizadores como las abejas, los abejorros son polinizadores muy eficaces. En primer lugar, porque trabajan rápido (visitan, por ejemplo, el doble de flores por minuto que las abejas), y debido a su tamaño, pueden transportar cargas relativamente pesadas, lo cual les permite realizar largos viajes de recogida. Además, debido a su tamaño relativamente grande logran un mejor contacto con los estambres y pistilos, que los insectos más pequeños. (Artz & Nault, 2011)

Además, los abejorros son menos exigentes en lo que se refiere a las circunstancias bajo las que han de trabajar. Al contrario de, por ejemplo, las abejas, los abejorros se encuentran más a gusto en los invernaderos y túneles, especialmente en áreas reducidas. Los abejorros siguen trabajando a temperaturas relativamente bajas (alrededor de 10°C) y baja intensidad de luz. Ni el fuerte viento, ni la llovizna son excusa para dejar de trabajar.

Una ventaja importante de los abejorros es la ausencia de un sistema de comunicación. Las abejas se comunican entre sí por medio del llamado baile de las abejas, para informar sobre la presencia de cualquier fuente de comida atractiva, distinta al cultivo en el que se requieren sus actividades de polinización, a consecuencia de lo cual las abejas abandonan colectivamente el cultivo. Los abejorros no disponen de un sistema de comunicación de este tipo. Si un abejorro encuentra una fuente de comida atractiva en otro sitio, no podrá informar a sus compañeros. Por ello, los abejorros seguirán trabajando en el cultivo en el que se requieren sus servicios.

Otra ventaja que ofrecen los abejorros en comparación con las abejas y que se evidencia especialmente en los cultivos frutales, es el hecho de que no se limitan a un área específica del cultivo. Cambian más a menudo y con mayor facilidad de árbol que las abejas. Esto beneficia la polinización cruzada que suele ser necesaria en frutas (especialmente cuando dependen del polen de "árboles polinizadores" especiales).(Marchese, Johnson, & Delaney, 2015)

### **2.2.1.7 Especies de abejorros utilizadas**

Se conoce la existencia de unas trescientas especies de abejorro, la mayoría de las cuales vive en las regiones de clima templado de Europa, Asia y América del Norte. A la hora de seleccionar el candidato adecuado para la producción a gran escala, se usa el siguiente criterio:

- la especie debe tener una amplia extensión;
- la especie ha de producir colonias numerosas y de larga vida;
- la especie se ha de poder producir en cautividad;

- la especie ha de ser indicada para la polinización de una amplia gama de cultivos.
- la especie ha de mostrar el comportamiento propio de vibrar (polinización del zumbido) que se necesita para polinizar una serie de cultivos, entre los que se incluye el tomate y la berenjena.

Sobre la base de este criterio, se eligió el abejorro de tierra *Bombus terrestris* para el mercado europeo. La especie también se produce en Israel y Nueva Zelanda para los mercados locales. Para el mercado norteamericano se optó por una especie producida localmente: *Bombus impatiens*. En las Islas Canarias se utiliza la especie autóctona **Bombus canariensis**. (Strange, 2015) (figura 11).



Fuente: Koppert, 2010.

**Figura 11. Polinizadores utilizados comercialmente.**

### 2.2.1.7.1 Bombus

*Bombus* es un género de himenópteros de la familia Apidae que incluye las especies conocidas por el nombre común de abejorro. Los abejorros son robustos, velludos, de color negro, muchos presentan bandas amarillas, blancas o en algunos casos naranja. El vello que cubre casi todo el cuerpo es sedoso, con setas ramificadas, plumosas.

Las hembras (reinas y obreras) se diferencian de los abejorros carpinteros por la presencia de la corbícula o canasta de polen en las patas posteriores, un órgano especializado para la colección de polen. Los abejorros son abejas relativamente grandes de 20 mm o más. Las reinas son más grandes que las obreras y que los zánganos. Se

alimentan fundamentalmente de néctar y colectan polen para alimentar a sus crías, como lo hacen sus parientes, las abejas melíferas (Mirwan & Kevan, 2014).

#### **2.2.1.8 Biología**

La lengua o probóscide está compuesta de varias piezas bucales que forman un complejo tubo que permite la succión del néctar por capilaridad. En reposo y durante el vuelo pliegan las partes del aparato bucal bajo el mentón.

Tienen glándulas salivares en el tórax y usan la saliva para mezclarla con el polen. También la usan mezclándola con otros ingredientes para la construcción del nido y de los recipientes para almacenar miel y polen. En el abdomen hay glándulas que producen cera usada para la construcción del nido y para recipientes para almacenar miel, polen y para la cría.

Al igual que otros artrópodos, la sangre o hemolinfa está contenida en un sistema circulatorio abierto. Es decir que los órganos internos están bañados por la hemolinfa. La aorta o “corazón” es un tubo ubicado dorsalmente que pulsa y empuja la hemolinfa, así hay un sistema de circulación.

El vello sedoso atrapa el polen muy eficientemente. Además sirve de capa aisladora que les permite vivir en condiciones más frías que muchas otras abejas.

Sólo las hembras poseen aguijón, al igual que muchos otros himenópteros. Los machos no tienen esa defensa, ni tampoco tienen corbícula ya que no colectan polen. Sin embargo, la tibia de las patas posteriores tiene una apariencia algo similar a la de las hembras (Koppert, 2010).

#### **2.2.1.9 Ciclo Vital**

Las únicas que sobreviven el invierno son las hembras fecundadas o reinas. Emergen de su hibernación temprano en la primavera y buscan un lugar apropiado para hacer su nido.

Construyen cazuelas u ollitas de barro y cera para almacenar el néctar o polen y para poner los huevos. (Koppert, 2010).

En la primavera los ovarios de la hembra que ha sido fertilizada en el otoño anterior son activados. Los huevos pasan por el oviducto hasta la vagina. Allí hay un receptáculo, la espermateca donde se encuentra almacenado el esperma que recibió durante el apareamiento. Cuando pasa por la espermateca algunos huevos son fertilizados y otros no. No se sabe aún como se llega a esa decisión, pero en la primavera y verano todos los huevos son fertilizados y sólo en el otoño algunos no lo son. Los huevos no fertilizados producen machos y los fertilizados, hembras. Es el sistema característico de muchos himenópteros, llamado haplodiploidía.

La reina continúa cuidando a las crías hasta que emerge la primera camada de obreras. Después de eso se dedica solamente a poner huevos y las obreras hacen todas las tareas tal como agrandar el nido, construir más receptáculos, alimentar y cuidar a la cría. (Koppert, 2010).

Las feromonas de la reina suprimen la acción de las hormonas en las larvas y anulan el crecimiento y maduración de sus ovarios. Así las hembras nacidas en la primavera y verano, mientras la reina es dominante, son obreras no fértiles. Llegada cierta época del año, la reina deja de producir las hormonas, esto provoca que los ovarios de las obreras funcionen y empiecen a poner huevos, pero al no estar fecundados sólo producen machos. La reina intenta destruir estos huevos pero, naturalmente, no logra destruir a todos y los sobrevivientes se aparearán con las nuevas reinas. Sólo al final del verano o principios de otoño se producen hembras fértiles que serán las reinas de la generación siguiente y machos. El apareamiento de éstos tiene lugar en el otoño durante el vuelo nupcial. Después la reina vieja, las obreras y todos los machos mueren y las nuevas reinas buscan un lugar donde pasar el invierno o hibernar. En preparación para la hibernación comen cuanto pueden para aumentar las reservas de grasa en el “cuerpo graso”.

### **2.2.1.10 Forrajeo**

Generalmente visitan flores del tipo frecuentado por abejas, melitófilicas. Pueden viajar hasta uno o dos kilómetros del nido en busca de grupos de flores. Suelen visitar repetidamente el mismo grupo de flores todos los días mientras duren el polen y néctar. Alcanzan velocidades de vuelo de 54 km/hora.

Cuando llegan a una flor pueden extraer el néctar usando su larga lengua o glosa. Algunos abejorros recurren a perforar la base de la corola de una flor, donde está escondido el néctar; así no benefician a la flor porque no tiene lugar polinización (robo de néctar). Sin embargo, son excelentes polinizadores de muchas otras flores de otros tipos.

Los abejorros y un número de especies de abejas, pero no la abeja melífera, son capaces de polinización por zumbido. Este proceso es usado en aquellas flores cuyas anteras no son dehiscentes y que contienen un poro por el cual sale el polen cuando se hace vibrar a la flor. De esta manera extraen el polen de las plantas de la familia Solanaceae (papa, tomate, tabaco, etc.) y de la familia Ericaceae (azalea, arándanos, etc.)

El cuerpo del abejorro se cubre de polen, en parte por su vellosidad y en parte por su carga electrostática. Cepillan este polen y lo transfieren a las corbículas o canastas de polen de las patas posteriores después de humedecerlo con una mezcla de saliva y néctar.

El abejorro regresa al nido y deposita su carga de polen y néctar en los receptáculos. El néctar generalmente permanece bastante líquido, no concentrado como miel, así que no tiene mayor utilidad para provecho humano (Koppert, 2010).

### 2.2.1.11 Taxonomía

En el cuadro 7 se presenta la clasificación taxonómica para abejorros.

**Cuadro 7. Clasificación taxonómica de abejorros.**

Taxonomía	
Reino:	Animalia
Filo:	Arthropoda
Clase:	Insecta
Orden:	Hymenoptera
Suborden:	Apocrita
Superfamilia:	Apoidea
Familia:	Apidae
Subfamilia:	Apinae
Tribu:	Bombini
Género:	<i>Bombus</i>
Fuente: Boln SEA, 2004	

### 2.2.1.12 Hábitat.

Su cubierta vellosa los hace más resistentes al frío que otras especies lo que les permite vivir a mayor latitud y altitud. Aunque también unas pocas especies se encuentran en lugares tropicales o subtropicales. Además otro recurso para regular la temperatura es la propiedad de tiritar, hacer vibrar los músculos del vuelo, generando calor y un sistema de circulación que les permite calentar los músculos torácicos del vuelo en preferencia al abdomen, cuando así lo necesitan. En cambio, cuando necesitan proteger a sus crías del frío, regulan la circulación en tal forma que el abdomen permanece más caliente y con él cubren sus crías (Bernauer, Gaines-Day, & Steffan, 2015)

### **2.2.1.13 Cultivo de tomate**

Es una planta herbácea anual, a veces bienal, erecta o decumbente, de tamaño muy variable según las variedades (las precoces suelen alcanzar una longitud de 1,2 m; las tardías son casi siempre más grandes y pueden llegar al doble de longitud). Tiene tallos ramificados, a veces volubles, densamente glanduloso-pubescentes, con pelos cortos con o sin glándulas y pelos largos, blancos y pluricelulares. Las hojas llegan hasta 24 cm por 17 cm, ovadas u ovado-lanceoladas, imparipinnadas o biimparipinnadas con pecíolo de 1,5 cm a 6 cm y con folíolos que miden 4 cm a 60 cm por 3 cm a 40 mm, ovados, obtusos, peciolulados, enteros o lobados, muy desiguales, alternos, subopuestos u opuestos, en general verdes, glanduloso-pubescentes por el haz, cenicientos y tomentosos por el envés. La inflorescencia se compone de cimas racemiformes, aisladas o geminadas, con 3 a 7 flores, extraaxilar, con frecuencia opuesta a las hojas y con pedúnculo 4 mm a 15 mm, a veces bifurcado. Las flores son actinomorfas, hermafroditas, sin brácteas, conpedicelos de 5,5 mm a 20 mm en flor, y de hasta de 30 mm, deflexos y ensanchados en la fructificación, con una articulación hacia la mitad o un poco por encima de la misma. El cáliz tiene 6 mm a 10 mm en la floración y hasta de 30 mm en la fructificación. Es campanulado, con 5 a 7 sépalos soldados en la base, glanduloso-pubescente, y tubo de 0,5 mm a 1,5 mm, más corto que los lóbulos que miden 5 mm a 10 mm y son linear-lanceolados o linear-elípticos, subobtusos, ligeramente desiguales. La corola mide 8 mm a 12 mm, igual o ligeramente más larga que el cáliz, amarilla, glanduloso-pubescente, con 5 a 8 pétalos de 6 mm a 8,5 mm, soldados en la base, oblanceolados, ciliados, con tres nervios. Los estambres son glabros, iguales entre sí, con filamentos de 0,2 mm a 1 mm, unidos en la parte inferior y con la parte distal libre, más corta que las anteras que tienen 6 mm a 8 mm. El ovario es glanduloso-pubescente con estilocilíndrico, a veces ensanchado en el ápice, pubescente en la mitad inferior al menos cuando joven, y con estigmacapitado, deprimido en el centro.

El fruto (el tomate propiamente dicho), es una baya generalmente de forma sub-esférica, globosa o alargada y, habitualmente, de unos 8 cm de diámetro, cortamente glanduloso-pubescente y verde cuando inmadura y que toma generalmente un color rojo intenso con



la maduración. Las semillas tienen 2,5 mm a 3 mm por 2 mm, son ovoides, comprimidas, lisas o muy velludas, parduzcas y están embebidas en una abundante masa mucilaginosa

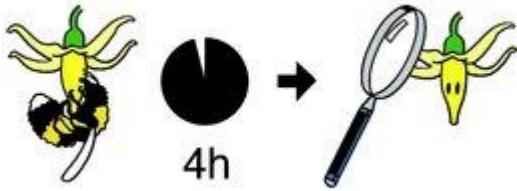
#### **2.2.1.13.1 Biología de la flor**

- La flor del tomate (*S. lycopersicum*) es hermafrodita, presenta autopolinización y se dirige hacia abajo.
- La flor no produce néctar.
- Los estambres están muy desarrollados y forman un tubo cerrado alrededor del pistilo. En el tubo se encuentran aperturas largas. El estigma se encuentra dentro del tubo formado por los estambres.
- En las ocasiones en las que el pistilo sobresale del tubo se puede producir la polinización cruzada.
- Un movimiento de la flor es suficiente para hacer que el polen de los estambres se reparta por el estigma. Los abejorros hacen esto perfectamente colgándose de la flor hacia abajo, mordiendo con sus mandíbulas el compartimento de los estambres, para a continuación, activar los músculos del vuelo (sin mover sus alas), y así hacer vibrar la flor ("Pollination-buzz").

Las marcas de las mordeduras se ponen en poco tiempo oscuras y le dan la seguridad al agricultor de que la flor ha sido visitada. Cuando hay pocas flores, puede ocurrir que las flores existentes sean visitadas muchas veces y a causa de las mordeduras se estropee el fondo de la flor (como en tomate cherry). Esto origina manchas acorchadas en la piel del fruto.

### 2.2.1.14 Control de la polinización con abejorros

A la hora de la polinización, el abejorro se agarra a la flor y la hace vibrar (polinización del zumbido). Las marcas de las mandíbulas sobre la flor (marcas de decoloración) adquieren un color marrón pasadas una a cuatro horas, permitiendo controlar la polinización y el trabajo de los abejorros. Una sola visita basta para suministrar el polen necesario para la polinización. El cuajado del fruto se produce después de la polinización de la flor (figura 12).

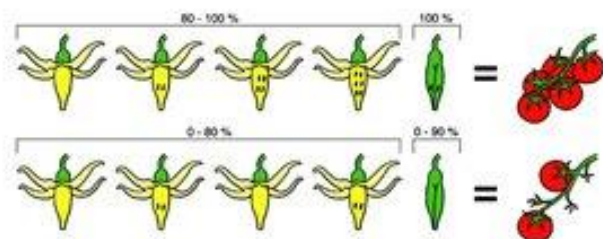


Fuente: Koppert, 2010

**Figura 12. Mordedura de abejorro y tiempo para muestreo, fuente: koppert.**

La polinización debe producirse antes de que la flor se cierre. Dependiendo de las condiciones, las flores suelen permanecer abiertas entre uno y tres días. Para controlar la polinización, deberá recoger unas veinte flores cerradas en distintos lugares del cultivo. Todas las flores deberán presentar marcas de decoloración. Las flores cerradas ofrecen una imagen fiel de la situación real.

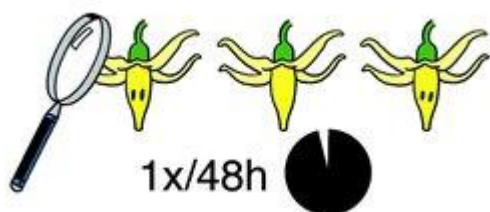
Las flores que permanecen abiertas más de un día, presentan entre una y cinco marcas de decoloración (figura 13).



Fuente: Koppert, 2010.

### Figura 13. Grado de polinización y número de frutos.

Controle el trabajo de los abejorros como mínimo una vez cada dos días. Si el número de marcas de decoloración disminuye a una o dos por flor, deberá introducir una colmena de abejorros nueva (figura 14).

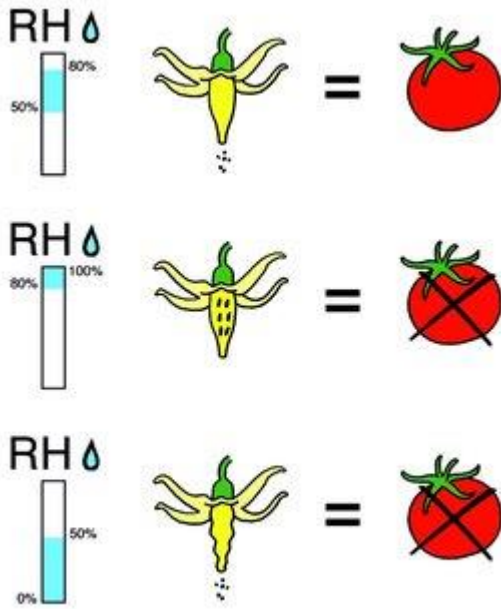


Fuente: Koppert, 2010.

### Figura 14. Muestreo del trabajo de polinización.

La condición idónea para la liberación del polen es una humedad relativa (HR) entre 50 % y 80 % . Por encima del 80 % a 85 % de HR, el polen no se liberará y los abejorros detendrán su actividad.

Por debajo del 50 % de HR, disminuirá la capacidad de germinación del polen y se dificultará el cuajado del fruto. Los abejorros seguirán recogiendo polen y dejando marcas de decoloración, pero no crecerán frutos. (Koppert, 2010) (figura 15).



Fuente: Koppert, 2010

**Figura 15. Relación humedad polinización.**

## 2.3 OBJETIVOS

### 2.3.1 Objetivo General

- Evaluar la fermentación de 3 suplementos alimenticios energéticos a base de diferente composición de azúcares para abejorros polinizadores (*B. impatiens*) y sus efectos sobre la actividad de la colmena.

### 2.3.2 Objetivos Específicos

1. Evaluar el tiempo a fermentación en semanas de 3 suplementos energéticos elaborados con diferentes bases de azúcares y benzoato de sodio al 5 % como preservante.
2. Evaluar la palatabilidad en base al consumo de los diferentes suplementos.
3. Evaluar la calidad del pecoreo, en base a la escala visual de polinización.
4. Evaluar la tasa de mortandad de abejorros en pecoreo
5. Evaluar peso promedio y población de abejorros de los diferentes tratamientos.

## 2.4 HIPOTESIS

Evaluar tres suplementos alimenticios en tres diferentes combinaciones de glucosa, fructosa y sacarosa, adicionando un preservante tal como Benzoato de sodio en una concentración del 5% alargara la vida de los suplementos alimenticios para abejorros (*B. impatiens*) presentando diferencia significativa en cuanto al tiempo de fermentación, por lo mismo se mejorara la calidad de la polinización y la mortandad de abejorros.

## 2.5 METODOLOGIA



## 2.6 Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental Bloques completos al azar (DBCA), tomando en cuenta los tres principios básicos de la experimentación: repetición, aleatorización y control local. Además este diseño experimental es conveniente cuando se logra determinar un gradiente de variabilidad en un sentido, que este influyendo sobre los tratamientos, en este caso se optó por utilizar este diseño experimental ya que se evaluarán diferentes formulaciones de alimentos para abejorros, se decidió que el bloque será igual a un invernadero, y la gradiente de variabilidad en este caso es el tener diferentes variedades y tipos de tomates sembrados dentro de cada invernadero (bloque).

### 2.6.1 Modelo estadístico

El modelo asociado a este diseño experimental se muestra a continuación:

$$i = 1, 2, 3, \dots, t$$

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, 2, 3, \dots, r$$

Siendo:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta observada o medida en el  $i$ -ésimo tratamiento y el  $j$ -ésimo bloque.

$\mu$  = media general de la variable de respuesta

$\tau_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\beta_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  = error asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental.

### 2.6.2 Supuestos

- Normalidad
- Homocedasticidad
- No existe interacción Tratamientos x Bloques

### 2.6.3 Tratamientos y Repeticiones a evaluar

Debido a que los requerimientos de alimentación de los abejorros se basa en polen y néctar lo que es igual a proteínas y carbohidratos, en este caso fue necesario suministrar una fuente alterna de carbohidratos lo que es el equivalente al néctar, ya que por la morfología de la flor de tomate esta no posee ningún tipo de néctar, por lo que se proponen tres fuentes de carbohidratos formulados con los siguientes compuestos, cada tratamiento llevara 5 % de benzoato de sodio como preservante para prolongar la vida y evaluar si duro 8 semanas sin fermentar (cuadro 8).

**Cuadro 8. Suplementos alimenticios evaluados en San Raymundo 2016.**

tratamientos		Descripción
T1	Testigo	Alimento testigo (original de la colmena)
T2	100%S	100% Sacarosa
T3	31%S+39%F+30%G	31% sacarosa + 39% fructosa + 30% glucosa
T4	50%S+25%F+25%G	50% sacarosa + 25% fructosa + 25% glucosa

Fuente: elaboración propia, 2016.

Se decidió el trabajar cada invernadero como bloque, cada invernadero cuenta con un área total de 9,150 m<sup>2</sup> aproximadamente y cada colmena abarca un área de trabajo de 1,200 m<sup>2</sup> a 1500 m<sup>2</sup> por lo que en un invernadero se utilizan de 6 a 7 colmenas, por fines de investigación se colocaran únicamente los 4 tratamientos en los 5 invernaderos a utilizar cada uno con los diferentes tratamiento para asegurar su independencia. Se colocaran las colmenas de manera que no traslapen sus radios efectivos de trabajo y asegurar que no haya intercambio de datos, así mismo se delimitaran las áreas correspondientes de cada colmena para tomar datos exactos sin tener confusiones, se realizara limpieza y revisiones semanalmente (cuadro 9).

Contamos con 5 bloques que es igual a 5 repeticiones de cada tratamiento.

**Cuadro 9. Grados de libertad diseño experimental.**

Fv		Gl.
Bloques	$R - 1$	$5-1 = 4$
Tratamientos	$T - 1$	$4-1 = 3$
Error experimental	$(T - 1)(R - 1)$	$(5-1)(4-1) = 12$
Total	$TR - 1$	$4 \times 5 - 1 = 19$

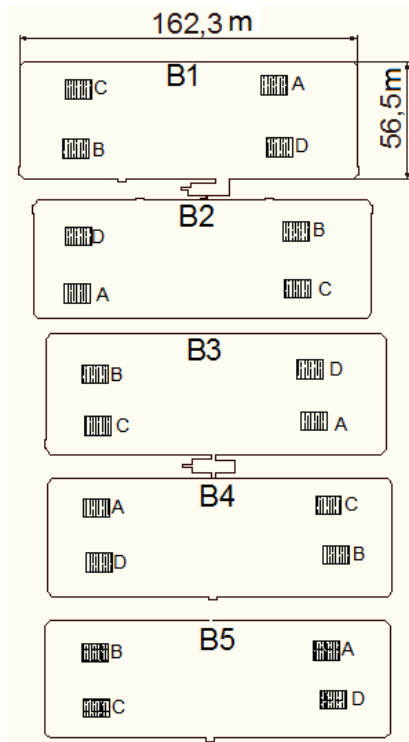
Fuente: elaboración propia, 2016.



## 2.6.4 Unidad Experimental

La unidad experimental fue una colmena de abejorros, cada colmena cuenta con una población inicial de 250 abejorros aproximadamente (figura 16).

## 2.6.5 Croquis de Campo



Fuente: elaboración propia, 2016

**Figura 16. Diseño experimental y disposición espacial**

En la figura 8 se observa el croquis del diseño experimental, cada invernadero está determinado por el bloque al que corresponde que es cada una de las repeticiones, así mismo se muestra la disposición de los tratamientos identificados con letras dentro de cada bloque.

## 2.7 Variables de respuesta

### 2.7.1 Tiempo a fermentación de los diferentes tratamientos

Esta variable de respuesta fue media en cuanto al olfato, gusto y apariencia del suplemento alimenticio, ya que al fermentar el original a simple vista se ve un burbujeo y espuma, cambia de color, olor y sabor. Esta variable de respuesta se procedió a realizar una inspección semanal en la cual se olfateo y degusto cada uno de los diferentes tratamientos, y se procedio a llenar la siguiente boleta: (cuadro 10)

#### Cuadro 10. Registro de datos, semanas a fermentación.

Cuadro de control de Tiempo a fermentación

Fecha	Semana	Lugar	Tratamiento	Sabor		Olor		presencia de espuma o burbujas		Observaciones
				Normal	Fermentado	Normal	Fermentado	Si	No	
		A	Testigo							
			100%S							
			31%S+39%F+30%G							
			50%S+25%F+25%G							

Fuente: elaboración propia, 2016.

En el cuadro de semana se anotó la semana en curso del año, y lugar corresponde en cuál de los invernaderos asignados se estará tomando el dato.

Se aseguró que la misma persona pasara semana con semana para que sea capaz de presenciar si existen cambios a los largo del tiempo a evaluar.

### 2.7.2 Consumo semanal de los suplementos alimenticios

Al igual que la variable de respuesta anterior, se procedió a realizar un chequeo semanal del consumo, midiendo en ml la cantidad existente en el depósito y así mismo determinando la cantidad consumida a la semana, llenando el siguiente formato (cuadro 11).

**Cuadro 11. Consumo semanal de suplementos**

		SEMANA								
		34			35			36		
REPETICION	Tratamiento	Inicio	Medida	Consumo	Inicio	Medida	Consumo	Inicio	medida	Consumo
	Testigo									
	100%S									
	31%S+39%F+30%G									
	50%S+25%F+25%G									

Fuente: elaboración propia, 2017.

### 2.7.3 Porcentaje de polinización

Al igual que las variables anteriores se midió semanalmente, en este caso se tomó un total de 100 flores por invernadero (25 por tratamiento), se llevaron a un lugar seguro y limpio y se procedió a separar por la escala visual de polinización descrita en la sección 4.10 control de polinización con abejorros, y se determinó el porcentaje por grado de polinización, observando así la calidad de la polinización obtenida semanal, el grado adecuado y que se busca mantener es el grado 2 y 3 por lo que el porcentaje está dado únicamente sobre el total de flores polinizadas en grado 2 y 3, para dicha variable se llevó el siguiente formato para recaudar datos (cuadro 12).

**Cuadro 12. Registro de datos del grado de polinización.**

Polinización								
Fecha	Semana	Rep	Tratamiento	Grado 0	Grado 1	Grado 2	Grado 3	% POLINIZACION
			Testigo					
			100%S					
			31%S+39%F+30%G					
			50%S+25%F+25%G					

Fuente: elaboración propia, 2016.

**2.7.4 Numero de abejorros muertos**

Se contaron el número de abejorros muertos encontrados en el área correspondiente a cada colmena, el radio efectivo de trabajo es de 22 m según las especificaciones del vendedor Popoyan, al finalizar las 12 semanas de vida se procedió a hacer el promedio de los abejorros encontrados muertos (cuadro 13).

**Cuadro 13. Registro de abejorros muertos en pecoreo.**

		Abejorros muertos por semana									
		Semana									
REPETICION	Tratamiento	34	35	36	37	38	39	40	41	X	
		Testigo									
		100%S									
		31%S+39%F+30%G									
		50%S+25%F+25%G									

Fuente: elaboración propia, 2016.

La tabla se realizara de manera semanal en el área de cada tratamiento.

### 2.7.5 Biomasa final.

Al finalizar el tiempo de vida útil de la colmena, y realizar el conteo de los abejorros vivos, se procedió a tomar la biomasa en promedio de los abejorros y realizar la comparación respectiva dentro de los diferentes tratamientos (cuadro 14).

**Cuadro 14. Biomasa de abejorros por tratamientos.**

REPETICION	Tratamiento	peso total (g)	# abejorros vivos	pero X
	Testigo			
	100%S			
	31%S+39%F+30%G			
	50%S+25%F+25%G			

Fuente: elaboración propia, 2016.

Al igual que las variables de respuesta anteriores se procederá al llenado de una tabla para registrar los datos obtenidos.



**Cuadro 16. Resultado de toma de datos de días a fermentación de los suplementos alimenticios para abejorros, semana 38 a 41, San Raymundo 2016.**

		SEMANA																			
		38					39					40					41				
		Sabor		Olor		burbujas o espuma		Sabor		Olor		burbujas o espuma		Sabor		Olor		burbujas o espuma			
Repetición	Tratamiento	Normal	Fermentado	Normal	Fermentado	si	no	Normal	Fermentado	Normal	Fermentado	si	no	Normal	Fermentado	Normal	Fermentado	si	no		
		1	T1																		
	T2																				
	T3																				
	T4																				
2	T1																				
	T2																				
	T3																				
	T4																				
3	T1																				
	T2																				
	T3																				
	T4																				
4	T1																				
	T2																				
	T3																				
	T4																				
5	T1																				
	T2																				
	T3																				
	T4																				

**Cuadro 17. Durabilidad en semanas de los diferentes suplementos alimenticios evaluados, San Raymundo 2016.**

TRATAMIENTO	BLOQUE				
	1	2	3	4	5
Testigo	6	4	8	8	8
100 %s	6	4	4	6	5
31 %S+39 %F+30 %G	8	8	8	8	8
50 %S+25 %F+25 %G	8	8	8	8	8

### 2.8.1.1 Verificación de los supuestos

#### 2.8.1.1.1 Normalidad.

**Ho:** los residuos del tiempo de fermentación siguen una distribución normal.

**Ha:** los residuos del tiempo de fermentación no siguen una distribución normal.

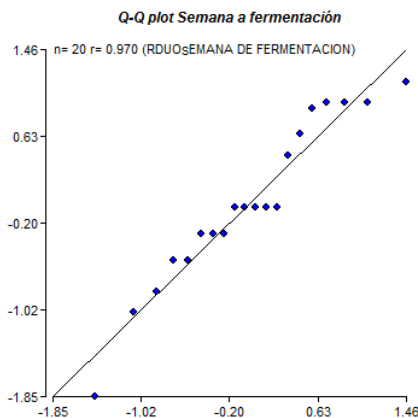
Se procede a realizar la prueba de Shapiro-Wilks para comprobar si los datos muestran un comportamiento normal obteniendo (cuadro 18):

**Cuadro 18. Análisis de Shapiro-Wilks para normalidad.**

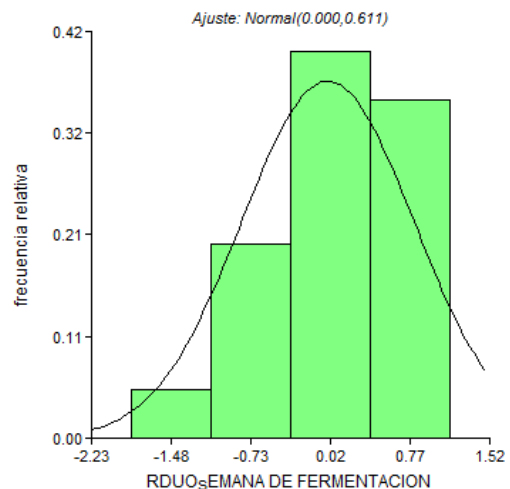
Variable	N	p(unilateral D)
Semana a fermentación	20	0.3129

Como se puede observar el valor  $p = 0.3129 > 0.05$  no se rechaza la hipótesis nula. Demostrando que la variable cumple con el supuesto de normalidad.

En los gráficos que es la manera no formal de analizar los datos, podemos observar que estos cumplen y se comportan de acuerdo al supuesto de Normalidad (figuras 17 y 18).



**Figura 18. Q-Q plot del comportamiento de la variable semana a fermentación.**



**Figura 17. Histograma de la variable tiempo a fermentación.**



### 2.8.1.1.2 Homocedasticidad

$$H_0: \delta_1^2 = \delta_2^2 = \dots = \delta_n^2$$

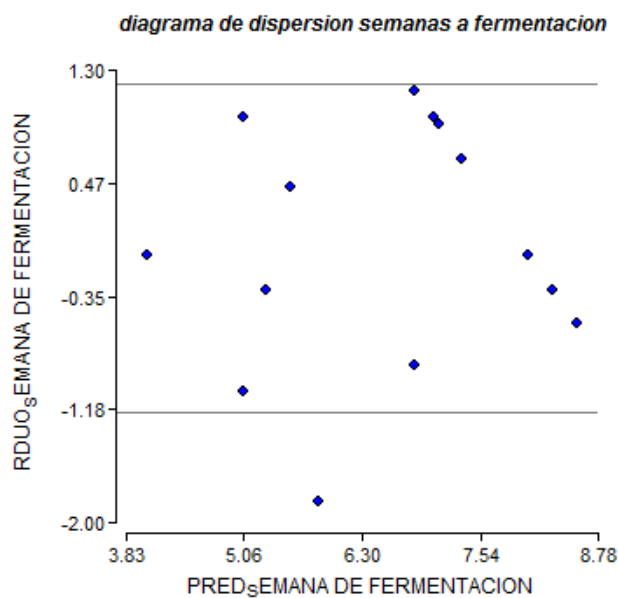
Ha: al menos una varianza difiere entre la variable de respuesta.

Se procede a realizar la prueba de Levine analizando los residuos absolutos (cuadro 19).

**Cuadro 19. Prueba de Levine para homocedasticidad.**

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloque	4	0.65	0.16		
Tratamientos	3	1.64	0.55	3.13	0.0657
Error	12	2.1	0.18		
N	19	4.4			

Como se observa  $p\text{-valor} = 0.0657 > 0.05$  por lo que aceptamos la hipótesis nula demostrando que se cumple el supuesto de homocedasticidad.



**Figura 19. Diagrama de dispersión de residuos y predichos de variable de respuesta.**

En el grafico que es la manera no formal de verificar el cumplimiento de este supuesto, podemos observar que no se acumulan ni se forma un embudo lo cual son los requisitos para el cumplimiento de la homocedasticidad. Se analizan y grafican en un diagrama de dispersión los predichos y residuos de la variable de respuesta (figura 19).

### 2.8.1.2 Análisis de Varianza de tiempo a fermentación de los suplementos alimenticios

En el cuadro 20 se presentan los resultados del Analisis de varianza realizado a los datos de tiempo a fermentación de los suplementos alimenticios

**Cuadro 20. Resumen de ANDEVA del tiempo a fermentación en semanas de los suplementos alimenticios, San Raymundo 2016.**

F.V	G.L.	S.C	C.M	Fcal	Ftab	p-Valor
<b>Bloque</b>	4	5.2	1.34			
<b>Tratamientos</b>	3	30.15	10.05	10.4	1.729	0.0012 *
<b>Error experimental</b>	12	11.6				
<b>Total</b>	19	46.95				

Como F calculada (10.40) es > F tabulada (1.729) considerando  $\alpha= 0.05$ , se rechaza la  $H_0$ . Aceptando  $H_a$  = Uno de los suplementos alimenticios a evaluar fermentara antes de 8 semanas, por lo que es pertinente realizar un análisis post-ANDEVA de comparación de medias de Tukey para verificar cuál de los tratamientos tiene mejores resultados en cuanto al tiempo de fermentación.

### 2.8.1.3 Análisis post-ANDEVA comparación de media Tukey de tiempo a fermentación de los suplementos alimenticios

La prueba de medias de Tukey se utiliza con el fin de comparar los suplementos alimenticios entre si y obtener el mejor, en este caso se busca el tratamiento que presente un mayor tiempo a fermentación (cuadro 21).

**Cuadro 21. Resumen de comparación de medias Tukey, suplementos alimenticios, San Raymundo 2016.**

Tratamientos	Medias (semana)		
31 % S+39 % F+30 % G	8	A	
50 % S+25 % F+25 % G	8	A	
Testigo	6.8	A	B
100 % Sacarosa	5		B

Según la prueba de Tukey podemos concluir que de los diferentes suplementos evaluados que están conformados por 31% sacarosa y 60% sacarosa, son los mejores en cuanto a tiempo a fermentación, por lo cual clasificando de mejor a menor las opciones son:

1. 31 % sacarosa + 39 % fructosa + 30 % glucosa
2. 50 % sacarosa + 25 % fructosa + 25 % glucosa
3. Alimento testigo (original de la colmena)
4. 100 % Sacarosa

### 2.8.2 Consumo semanal en mililitros de los suplementos alimenticios

En los cuadros 22 y 23 se presentan los datos en fase experimental de la toma de datos en el consumo semanal en ml de los suplementos alimenticios evaluados.

**Cuadro 22. Toma de datos semanal del consumo en ml de los suplementos evaluados, San Raymundo 2016.**

		SEMANA																							
		34			35			36			37			38			39			40			41		
REPETICION	Tratamiento	inicio	medida	consumo	inicio	medida	consumo	inicio	medida	consumo	inicio	medida	consumo	inicio	medida	consumo	inicio	medida	consumo	inicio	medida	consumo	inicio	medida	consumo
1	T1	1800	1706	94	1706	1616	90	1616	1513	103	1513	1408	105	1408	1305	103	1305	1223	82	1223	1146	77	1146	1085	61
	T2	1800	1710	90	1710	1611	99	1611	1512	99	1512	1405	107	1405	1317	88	1317	1227	90	1227	1144	83	1144	1070	74
	T3	1800	1705	95	1705	1608	97	1608	1498	110	1498	1388	110	1388	1281	107	1281	1172	109	1172	1065	107	1065	955	110
	T4	1800	1707	93	1707	1616	91	1616	1514	102	1514	1413	101	1413	1313	100	1313	1213	100	1213	1113	100	1113	1014	99
2	T1	1800	1697	103	1697	1604	93	1604	1504	100	1504	1403	101	1403	1336	67	1336	1281	55	1281	1211	70	1211	1145	66
	T2	1800	1707	93	1707	1616	91	1616	1519	97	1519	1439	80	1439	1367	72	1367	1298	69	1298	1233	65	1233	1171	62
	T3	1800	1703	97	1703	1606	97	1606	1494	112	1494	1385	109	1385	1273	112	1273	1158	115	1158	1046	112	1046	930	116
	T4	1800	1704	96	1704	1608	96	1608	1508	100	1508	1409	99	1409	1312	97	1312	1215	97	1215	1116	99	1116	1015	101
3	T1	1800	1709	91	1709	1617	92	1617	1516	99	1516	1409	109	1409	1304	105	1304	1199	105	1199	1098	101	1098	995	103
	T2	1800	1711	89	1711	1621	90	1621	1524	97	1524	1448	76	1448	1374	74	1374	1308	66	1308	1244	64	1244	1187	57
	T3	1800	1699	101	1699	1605	94	1605	1498	107	1498	1383	115	1383	1280	103	1280	1177	103	1177	1077	100	1077	964	113
	T4	1800	1706	94	1706	1611	95	1611	1510	101	1510	1404	106	1404	1301	103	1301	1202	99	1202	1106	96	1106	1002	104
4	T1	1800	1703	97	1703	1608	95	1608	1504	104	1504	1404	100	1404	1304	100	1304	1210	94	1210	1107	103	1107	1016	91
	T2	1800	1706	94	1706	1612	94	1612	1514	98	1514	1411	103	1411	1310	101	1310	1237	73	1237	1167	70	1167	1100	67
	T3	1800	1704	96	1704	1608	96	1608	1499	109	1499	1385	114	1385	1268	117	1268	1161	107	1161	1052	109	1052	943	109
	T4	1800	1709	91	1709	1614	95	1614	1511	103	1511	1408	103	1408	1309	99	1309	1206	103	1206	1107	99	1107	1007	100
5	T1	1800	1709	91	1709	1612	97	1612	1514	98	1514	1411	103	1411	1302	109	1302	1203	99	1203	1107	96	1107	1002	105
	T2	1800	1708	92	1708	1616	92	1616	1520	96	1520	1413	107	1413	1334	79	1334	1264	70	1264	1197	67	1197	1131	66
	T3	1800	1701	99	1701	1602	99	1602	1487	115	1487	1370	117	1370	1264	106	1264	1160	104	1160	1043	117	1043	940	103
	T4	1800	1709	91	1709	1610	99	1610	1510	100	1510	1409	101	1409	1303	106	1303	1210	93	1210	1109	101	1109	1007	102

**Cuadro 23. Consumo total en ml de los diferentes suplementos alimenticios, San Raymundo 2016.**

CONSUMO DE LOS DIFERENTES SUPLEMENTOS EN MILILITROS					
TRATAMIENTO	REPETICION				
	1	2	3	4	5
Testigo	715	655	805	784	798
100 % s	730	629	613	700	669
31 % S+39 % F+30 % G	845	870	836	857	860
50 % S+25 % F+25 % G	786	785	798	793	793

### 2.8.2.1 Verificación de los supuestos

#### 2.8.2.1.1 Normalidad.

**Ho:** los residuos de la variable consumo siguen un a distribución normal.

**Ha:** los residuos de la variable consumo no siguen una distribución normal.

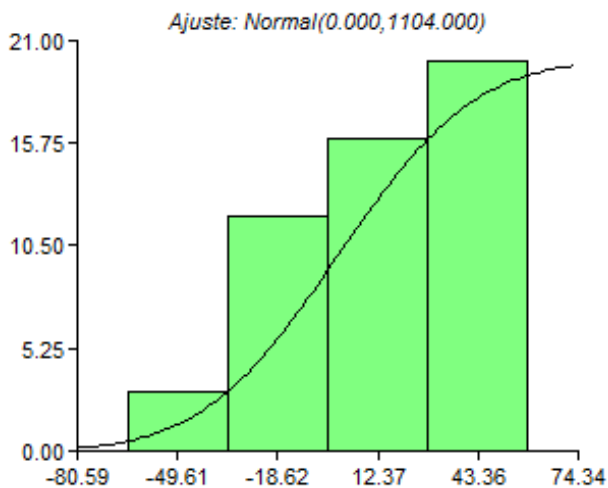
Se procede a realizar la prueba de Shapiro-Wilks para comprobar si los datos muestran un comportamiento (cuadro 24).

**Cuadro 24. Prueba de Shapiro Wilks para verificación de la normalidad.**

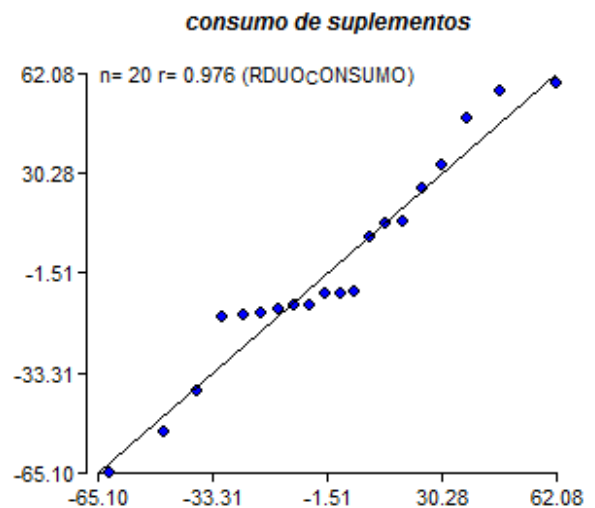
Variable	N	p(unilateral D)
Consumo de los suplementos	20	0.3798

Como se puede observar el valor  $p = 0.3798 > 0.05$  no se rechaza la hipótesis nula, demostrando que la variable cumple con el supuesto de normalidad.

En los gráficos que es la manera no formal de analizar los datos, podemos observar que estos cumplen y se comportan de acuerdo al supuesto de Normalidad (figuras 20 y 21).



**Figura 20. Histograma de la variable consumo.**



**Figura 21. Q-Q plot de la variable consumo.**

### 2.8.2.1.2 Homocedasticidad

$$H_0: \delta_1^2 = \delta_2^2 = \dots = \delta_n^2$$

**Ha:** al menos una varianza difiere entre la variable de respuesta.

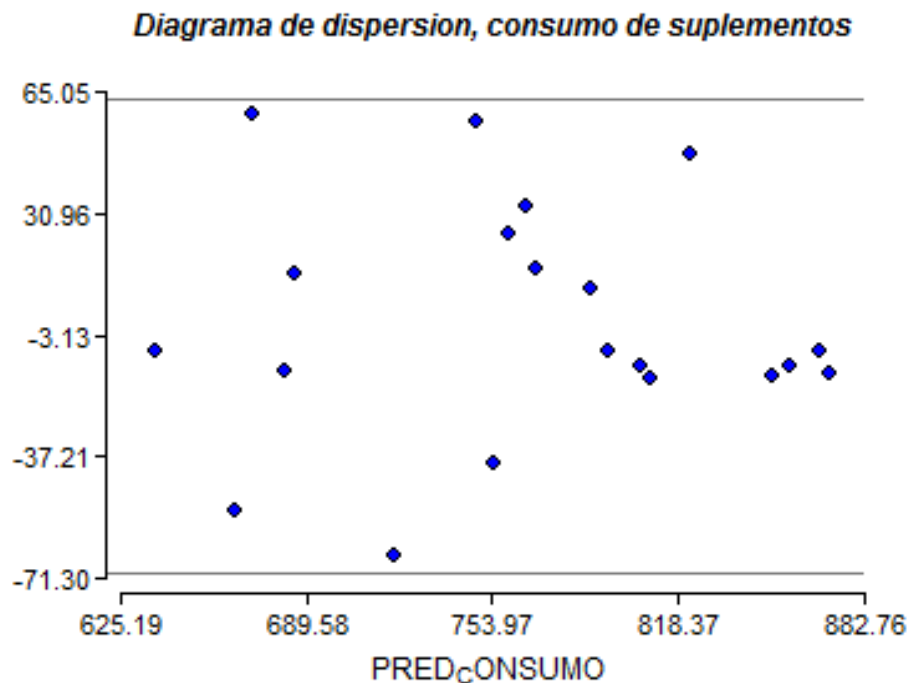
Se procede a realizar la prueba de Levine analizando los residuos absolutos en lo cual se obtiene (cuadro 25):

**Cuadro 25. Análisis de Levine para homocedasticidad.**

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
<b>Bloque</b>	4	1584.59	396.15		
<b>Tratamientos</b>	3	2241.47	747.16	2.52	0.1073
<b>Error</b>	12	3557.05	296.42		
<b>Total</b>	19	7383.1			

Como se observa  $p\text{-valor} = 0.1073 > 0.05$  por lo que aceptamos la hipótesis nula demostrando que se cumple el supuesto de homocedasticidad (figura 12).

En el grafico que es la manera no formal de verificar el cumplimiento de este supuesto, podemos observar que no se acumulan ni se forma un embudo lo cual son los requisitos para el cumplimiento de la homocedasticidad. Se analizan y grafican en un diagrama de dispersión los predichos y residuos de la variable de respuesta (figura 22).



**Figura 22. Diagrama de dispersión, consumo de suplementos.**

### 2.8.2.2 Análisis de Varianza del consumo total de los suplementos alimenticios.

En el cuadro 26 se muestran los datos experimentales de la fase de campo de la variable consumo semanal en ml de los diferentes suplementos alimenticios evaluados.

**Cuadro 26. Resumen de ANDEVA del consumo total de los suplementos alimenticios, San Raymundo 2016.**

F.V	G.L.	S.C	C.M	Fcal	Ftab	p-Valor
<b>Bloque</b>	4	5987.2	1496.8			
<b>Tratamientos</b>	3	90383.75	30127.92	17.24	1.729	0.0001 *
<b>Error experimental</b>	12	20976	1748			
<b>Total</b>	19	117346.95				

Como F calculada (17.24) es  $>$  F tabulada (1.729) considerando  $\alpha = 0.05$ , se rechaza la  $H_0$ . Aceptando  $H_a$  = al menos uno de los suplementos alimenticios presenta un consumo mayor, por lo que es pertinente realizar un análisis post-ANDEVA de comparación de medias de Tukey para verificar cuál de los tratamientos tiene mejores resultados en cuanto al consumo de los suplementos evaluados.

### 2.8.2.3 Análisis post-ANDEVA comparación de medias Tukey de consumo total de los suplementos alimenticios.

La prueba de medias de Tukey se utiliza con el fin de comparar los suplementos alimenticios entre si y obtener el mejor, en este caso se buscó el suplemento que presente un mayor consumo a lo largo de la evaluación (cuadro 27).

**Cuadro 27. Comparación de media de Tukey, consumo total en ml de suplementos alimenticios, San Raymundo 2016.**

Tratamientos	Medias ml	
31 % S+39 % F+30 % G	853.6	A
50 % S+25 % F+25 % G	791	A B
Testigo	751.4	B
100 % Sacarosa.	668.2	C

Como muestra el análisis de comparación de medias Tukey se demuestra que el suplemento conformado por 31 % sacarosa fue el que presentó un mayor consumo a lo largo de la evaluación, comparando la composición de los suplementos evaluados y su relación en azúcares, el más consumido fue el que presenta una proporción casi igual entre sus tres componentes, pudiendo establecer que dicho suplemento tiene mayor palatabilidad para el abejorro y por ello fue el más consumido, clasificándolo según su consumo de mayor a menor las opciones serían:

1. T3 = 31 % sacarosa + 39 % fructosa + 30 % glucosa
2. T4 = 50 % sacarosa + 25 % fructosa + 25 % glucosa
3. T1 = Alimento testigo (original de la colmena)
4. T2 = 100 % Sacarosa

### 2.8.3 Porcentaje de polinización

En los cuadros 28, 29 y 30 se muestran los resultados de la fase experimental de la variable porcentaje de polinización.

**Cuadro 28. Toma de datos semanal del grado de polinización semana 34-37, San Raymundo 2016.**

		SEMANA																			
		34					35					36					37				
		Grado					Grado					Grado					Grado				
REPETICION	Tratamiento	0	1	2	3	% polinización	0	1	2	3	% polinización	0	1	2	3	% polinización	0	1	2	3	% polinización
1	T1	1	9	3	12	60%	1	7	9	8	68%	3	5	7	10	68%	5	6	9	5	56%
	T2	1	10	5	9	56%	3	3	10	6	64%	1	4	9	11	80%	4	7	4	10	56%
	T3	2	3	12	8	80%	0	4	11	11	88%	0	3	7	15	88%	0	6	9	10	76%
	T4	3	5	6	11	68%	1	5	7	12	76%	5	4	9	7	64%	3	3	14	5	76%
2	T1	4	6	10	5	60%	5	4	10	6	64%	3	7	7	8	60%	5	10	7	3	40%
	T2	7	3	9	6	60%	1	10	10	4	56%	5	6	8	6	56%	3	7	10	5	60%
	T3	1	2	9	13	88%	0	3	9	13	88%	2	4	6	13	76%	0	5	11	9	80%
	T4	5	6	4	10	56%	3	5	6	11	68%	3	9	8	5	52%	4	5	11	5	64%
3	T1	0	5	7	13	80%	4	7	10	4	56%	5	9	6	5	44%	4	5	9	7	64%
	T2	4	6	11	3	56%	5	5	12	3	60%	6	3	1	5	24%	1	5	12	7	76%
	T3	1	4	10	10	80%	0	3	7	15	88%	0	5	1	9	40%	0	3	7	15	88%
	T4	4	5	5	11	64%	2	5	4	14	72%	2	5	12	6	72%	3	5	7	10	68%
4	T1	0	4	20	1	84%	3	7	9	6	60%	4	8	8	5	52%	2	5	14	4	72%
	T2	7	2	2	14	64%	4	5	9	7	64%	6	4	8	7	60%	5	3	11	6	68%
	T3	5	2	11	7	72%	0	1	6	18	96%	1	4	7	13	80%	0	7	8	10	72%
	T4	8	4	3	10	52%	2	5	7	11	72%	5	9	6	5	44%	2	4	16	3	76%
5	T1	3	3	8	11	76%	6	10	4	5	36%	4	7	10	4	56%	1	5	13	6	76%
	T2	2	4	5	14	76%	1	3	14	7	84%	6	4	10	5	60%	5	5	10	5	60%
	T3	0	1	13	11	96%	1	0	7	17	96%	0	6	14	5	76%	0	3	6	16	88%
	T4	5	7	7	6	52%	5	4	6	10	64%	2	5	11	7	72%	0	2	17	6	92%



Cuadro 29. Toma de datos semanal del grado de polinización semana 38-41, San Raymundo 2016.

REPETICION	Tratamiento	SEMANA																			
		38				39				40				41							
		Grado			% polinización	Grado			% polinización	Grado			% polinización	Grado			% polinización				
0	1	2	3		0	1	2	3		0	1	2	3		0	1	2	3			
1	T1	4	8	10	3	52%	1	5	13	6	76%	4	4	10	7	68%	3	5	7	10	68%
	T2	6	4	12	3	60%	5	5	10	5	60%	3	5	11	6	68%	1	4	10	10	80%
	T3	0	4	11	10	84%	0	3	5	17	88%	0	0	10	15	100%	0	4	11	10	84%
	T4	5	5	9	6	60%	0	2	18	5	92%	5	3	15	2	68%	2	3	11	9	80%
2	T1	7	3	13	2	60%	4	6	10	5	60%	5	4	11	5	64%	7	5	8	5	52%
	T2	3	10	7	5	48%	5	3	5	12	68%	1	6	10	8	72%	4	3	8	10	72%
	T3	0	5	13	7	80%	0	6	9	10	76%	0	5	10	10	80%	0	1	12	12	96%
	T4	1	6	10	8	72%	7	4	6	8	56%	2	6	12	5	68%	1	2	7	15	88%
3	T1	0	10	12	3	60%	1	6	7	11	72%	4	7	7	7	56%	3	1	8	13	84%
	T2	7	3	5	10	60%	2	5	6	12	72%	3	9	6	7	52%	5	1	9	10	76%
	T3	0	2	7	16	92%	0	4	11	10	84%	0	6	9	10	76%	0	3	7	15	88%
	T4	1	9	7	8	60%	4	4	10	7	68%	7	3	10	5	60%	4	6	10	5	60%
4	T1	4	6	10	5	60%	9	6	7	8	60%	1	6	3	15	72%	6	5	10	4	56%
	T2	6	6	8	5	52%	6	4	11	4	60%	3	6	9	7	64%	2	5	7	11	72%
	T3	0	3	5	17	88%	0	3	12	10	88%	0	4	10	11	84%	0	0	5	20	100%
	T4	3	10	7	5	48%	5	6	9	5	56%	5	5	10	5	60%	2	3	8	12	80%
5	T1	6	4	9	6	60%	3	5	5	12	68%	4	4	11	6	68%	1	1	12	11	92%
	T2	5	7	8	5	52%	6	5	10	4	56%	7	1	8	9	68%	3	3	10	9	76%
	T3	0	3	3	19	88%	2	4	9	10	76%	0	6	9	10	76%	0	3	10	12	88%
	T4	5	9	6	5	44%	4	4	12	5	68%	5	5	9	6	60%	1	4	10	10	80%

**Cuadro 30. Resumen de toma de datos de porcentaje polinización semana 34-41.**

Porcentajes de Polinización					
TRATAMIENTO	REPETICION				
	1	2	3	4	5
Testigo	65%	58%	65%	65%	67%
100 % s	66%	62%	60%	63%	67%
31 % S+39 % F+30 % G	86%	83%	80%	85%	86%
50 % S+25 % F+25 % G	73%	66%	66%	61%	67%

### 2.8.3.1 Verificación de los supuestos

#### 2.8.3.1.1 Normalidad.

**Ho:** los residuos de la variable % de polinización siguen un a distribución normal.

**Ha:** los residuos de la variable % de polinización no siguen una distribución normal.

Se procede a realizar la prueba de Shapiro-Wilks para comprobar si los datos muestran un comportamiento normal (cuadro 31).

#### Cuadro 31. Análisis de Shapiro-wilks.

Variable	N	p(unilateral D)
% de polinización	20	0.5471

Como se puede observar el valor  $p = 0.5471 > 0.05$  no se rechaza la hipótesis nula, demostrando que la variable cumple con el supuesto de normalidad.

En los gráficos que es la manera no formal de analizar los datos, podemos observar que estos cumplen y se comportan de acuerdo al supuesto de Normalidad (figuras 23 y 24).

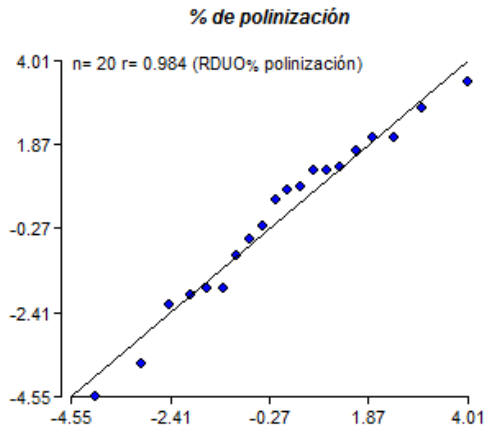


Figura 23. Q-Q plot e Histograma del comportamiento de datos.

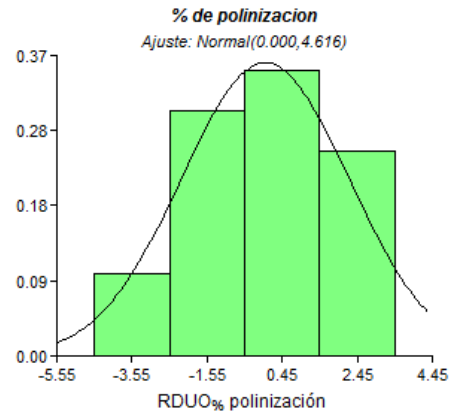


Figura 24. Histograma del comportamiento de datos de la variable polinización.

### 2.8.3.1.2 Homocedasticidad

**Ho:**  $\delta_1^2 = \delta_2^2 = \dots = \delta_n^2$

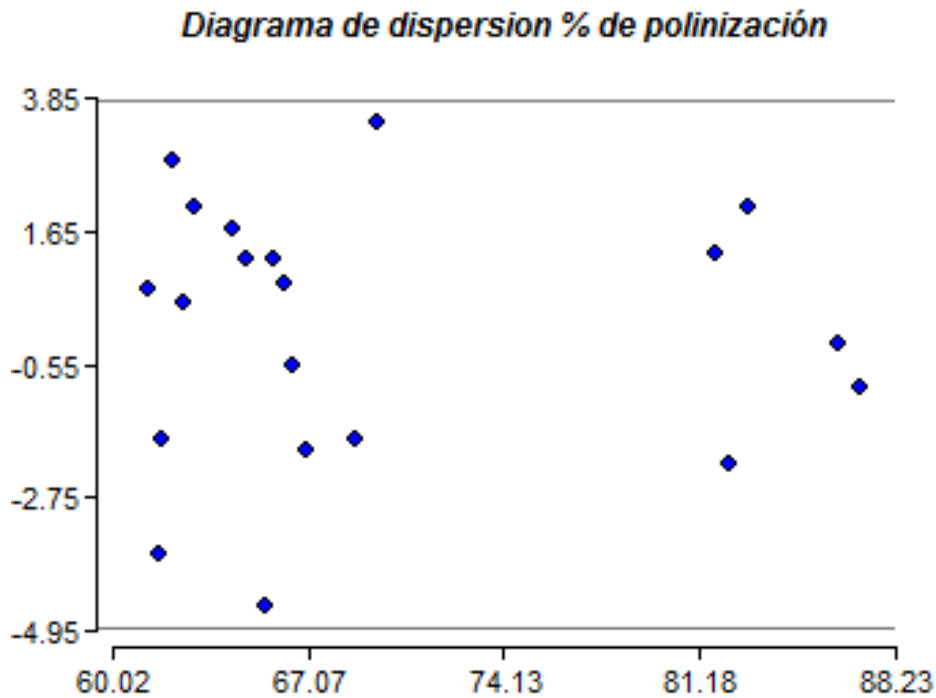
**Ha:** al menos una varianza difiere entre la variable de respuesta % de polinización.

Se procede a realizar la prueba de Levine analizando los residuos absolutos (cuadro 32).

#### Cuadro 32. Análisis de Levine para homocedasticidad.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloque	4	3.94	0.91		
Tratamientos	3	8.53	2.84	2.65	0.0962
Error	12	12.87	1.07		
Total	19	25.09			

Como se observa  $p\text{-valor} = 0.0962 > 0.05$  por lo que aceptamos la hipótesis nula demostrando que se cumple el supuesto de homocedasticidad (figura 25).



**Figura 25. Diagrama de dispersión.**

En el grafico que es la manera no formal de verificar el cumplimiento de este supuesto, podemos observar que no se acumulan ni se forma un embudo lo cual son los requisitos para el cumplimiento de la homocedasticidad. Se analizan y grafican en un diagrama de dispersión los predichos y residuos de la variable de respuesta.

### 2.8.3.2 Análisis de Varianza, porcentaje de polinización

En el cuadro 33 se muestra el análisis de varianza de la variable polinización.

**Cuadro 33. Resumen de ANDEVA del porcentaje de polinización, San Raymundo 2016.**

F.V	G.L.	S.C	C.M	Fcal	Ftab	p-Valor
Bloque	4	92.7	23.18			
Tratamientos	3	1418.55	472.85	64.7	1.729	<0.0001 *
Error experimental	12	87.7	7.31			
Total	19	1598.95				

Como resultado F calculada (64.7) es  $>$  F tabulada (1.729) considerando  $\alpha = 0.05$ , se rechaza la  $H_0$ . Aceptando  $H_a$  = al menos uno de los suplementos evaluados dio como resultado un 75% para arriba polinización, por lo que es pertinente realizar un análisis post-ANDEVA de comparación de medias de Tukey para verificar cuál de los suplementos tiene mejores resultados en cuanto al porcentaje de polinización.

### 2.8.3.3 Análisis post-ANDEVA comparación de medias Tukey de porcentajes de polinización

En el cuadro 34 se muestran el análisis de comparación de medias entre los diferentes suplementos alimenticios y el porcentaje de polinización obtenido.

**Cuadro 34. Comparación de media de Tukey, porcentaje de polinización, San Raymundo 2016.**

Tratamientos	Medias %	
31 % S+39 % F+30 % G	84.00	A
50 % S+25 % F+25 % G	66.60	B
Testigo	64.00	B
100 % S	63.60	B

Como resultado del análisis de comparación de medias de Tukey obtenemos que el suplemento conformado por 31 % sacarosa está por encima de los otros tres con una media de 84 % en cuanto al porcentaje de polinización, relacionando con la variable de respuesta de consumo de suplemento se analiza que dicho tratamiento también fue el más consumido por los abejorros promoviendo este la actividad de la colmena y así mismo incrementando la actividad de pecoreo del abejorro subiendo así el porcentaje de polinización, por lo que clasificando por calidad de polinización las opciones serían:

1. T3 = 31 % sacarosa + 39 % fructosa + 30 % glucosa
2. T4 = 50 % sacarosa + 25 % fructosa + 25 % glucosa
3. T1 = Alimento testigo (original de la colmena)

4. T2 = 100 % Sacarosa

### 2.8.4 Numero de abejorros muertos

En los cuadros 35 y 36 se muestran los datos del número de abejorros muertos en el área correspondiente a cada colmena.

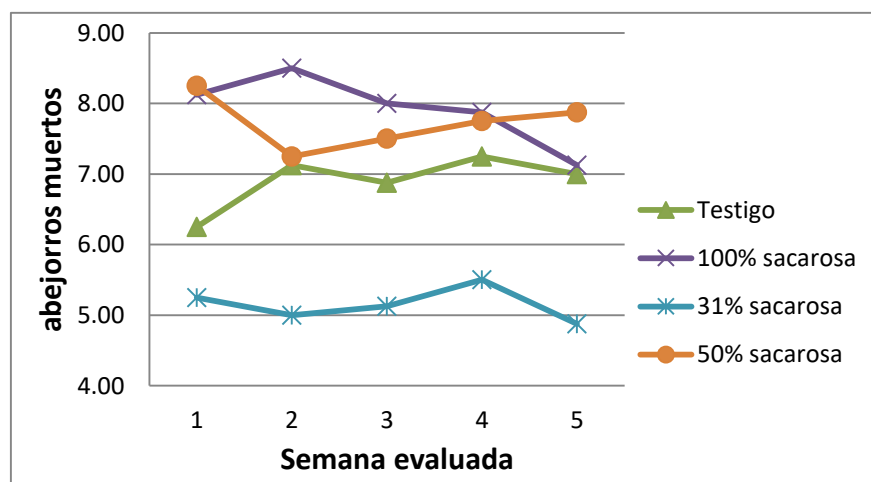
**Cuadro 35. Toma de datos semanal del número de abejorros muertos en el área de cada tratamiento, San Raymundo 2016.**

		Abejorros muertos por semana								
		Semana								
REPETICION	Tratamiento	34	35	36	37	38	39	40	41	X
<b>1</b>	T1	6	6	6	6	6	6	7	7	6.3
	T2	7	10	7	7	9	9	9	7	8.1
	T3	6	6	5	6	4	5	6	4	5.3
	T4	8	5	7	6	7	11	11	11	8.3
<b>2</b>	T1	5	6	6	5	5	7	10	13	7.1
	T2	8	7	6	9	10	6	13	9	8.5
	T3	6	5	5	6	5	5	5	3	5
	T4	5	6	7	7	7	8	7	11	7.3
<b>3</b>	T1	6	5	4	6	9	8	10	7	6.9
	T2	9	7	7	6	9	6	14	6	8
	T3	5	6	6	9	5	4	3	3	5.1
	T4	8	7	4	11	5	7	11	7	7.5
<b>4</b>	T1	6	5	7	7	9	9	7	8	7.3
	T2	7	9	7	9	6	12	5	8	7.9
	T3	6	5	6	9	3	5	6	4	5.5
	T4	7	7	6	10	6	10	6	10	7.8
<b>5</b>	T1	5	5	7	6	11	6	7	9	7
	T2	7	8	7	7	7	4	7	10	7.1
	T3	4	6	5	4	6	3	6	5	4.9
	T4	6	8	6	9	9	9	9	7	7.9

**Cuadro 36. Resumen del número de abejorros muertos, San Raymundo 2016.**

Promedio de abejorros muertos					
TRATAMIENTO	REPETICION				
	1	2	3	4	5
Testigo	6.25	7.13	6.88	7.25	7.00
100% <i>s</i>	8.13	8.50	8.00	7.88	7.13
31% <i>S</i> +39% <i>F</i> +30% <i>G</i>	5.25	5.00	5.13	5.50	4.88
50% <i>S</i> +25% <i>F</i> +25% <i>G</i>	8.25	7.25	7.50	7.75	7.88

Se grafican los datos de la tabla superior en la cual se muestran los datos del número de abejorros muertos encontrados en el área de pecoreo correspondiente a cada suplementos alimenticio, como se puede observar el suplemento que está conformado por 31 % de sacarosa muestra un menor índice de mortandad. Preliminarmente se muestra un comportamiento diferente, el cual se realizó un análisis estadístico en la sección siguiente (figura 26).



**Figura 26. Gráfica del número de abejorros muertos por suplemento semanal**

## 2.8.4.1 Verificación de los supuestos

### 2.8.4.1.1 Normalidad.

**Ho:** los residuos de la variable número de abejorros muertos siguen un a distribución normal.

**Ha:** los residuos de la variable número de abejorros muertos no siguen una distribución normal.

Se procede a realizar la prueba de Shapiro-Wilks para comprobar si los datos muestran un comportamiento normal (cuadro 37).

**Cuadro 37. Prueba de Shapiro-w. para verificación de normalidad, abejorros muertos.**

Variable	N	p(unilateral D)
Numero de abejorros muertos.	20	0.4136

Como se puede observar el valor  $p = 0.4136 > 0.05$  no se rechaza la hipótesis nula, demostrando que la variable cumple con el supuesto de normalidad.

En los gráficos que es la manera no formal de analizar los datos, podemos observar que estos cumplen y se comportan de acuerdo al supuesto de Normalidad (figuras 27 y 28).



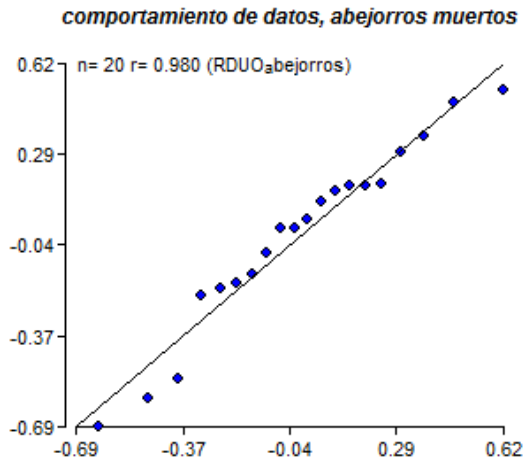


Figura 27. Q-Q plot del comportamiento de datos.

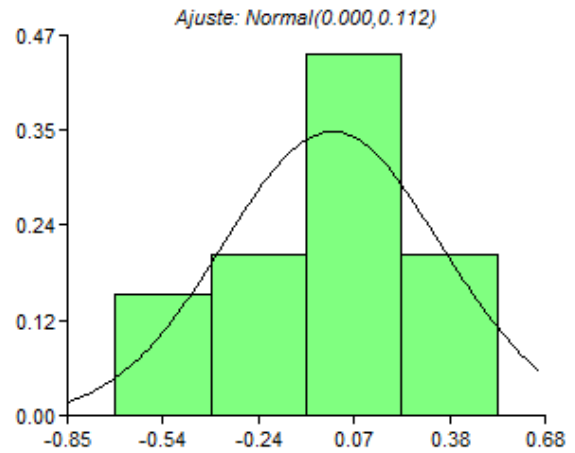


Figura 28. Histograma del comportamiento de los datos de la variable mortandad.

#### 2.8.4.1.2 Homocedasticidad

**Ho:**  $\delta_1^2 = \delta_2^2 = \dots = \delta_n^2$

**Ha:** al menos una varianza difiere entre la variable de respuesta número de abejorros muertos

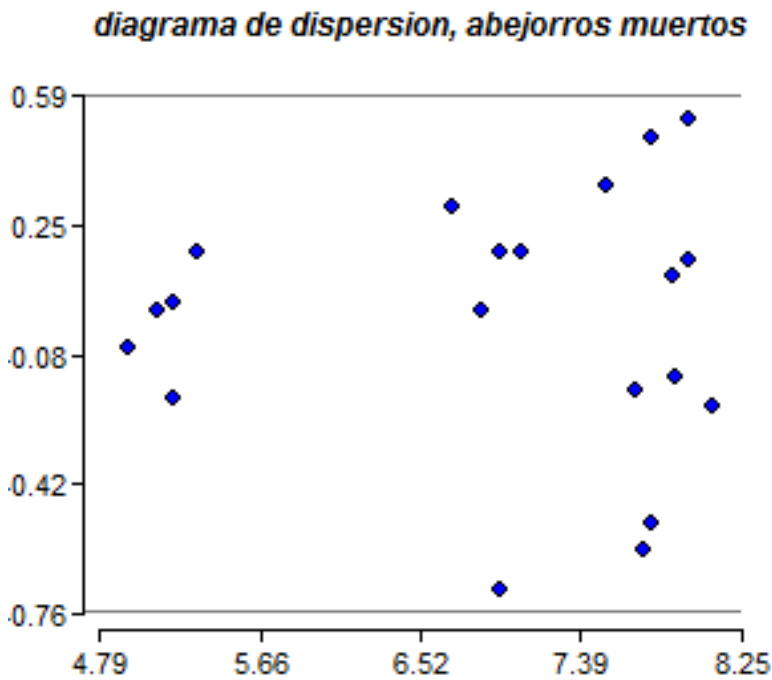
Se procede a realizar la prueba de Levine analizando los residuos absolutos (cuadro 38).

#### Cuadro 38. Prueba de Levine para verificar homocedasticidad.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloque	4	0.23	0.06		
Tratamientos	3	0.17	0.06	1.9	0.1832
Error	12	0.36	0.03		
Total	19	0.76			

Como se observa  $p\text{-valor} = 0.1832 > 0.05$  por lo que aceptamos la hipótesis nula demostrando que se cumple el supuesto de homocedasticidad.

En el gráfico que es la manera no formal de verificar el cumplimiento de este supuesto, podemos observar que no se acumulan ni se forma un embudo lo cual son los requisitos para el cumplimiento de la homocedasticidad. Se analizan y grafican en un diagrama de dispersión los predichos y residuos de la variable de respuesta (figura 29).



**Figura 29. Diagrama de dispersión de datos de variable abejorros muertos.**

#### 2.8.4.2 Análisis de Varianza de número de abejorros muertos.

En el cuadro 39 se presentan el análisis de varianza de la variable mortandad en área de pecoreo.

**Cuadro 39. Análisis de varianza del numero de abejorros muertos por suplemento alimenticio, San Raymundo 2016.**

F.V	G.L.	S.C	C.M	Fcal	Ftab	p-Valor
<b>Bloque</b>	4	0.30	0.08			
<b>Tratamientos</b>	3	23.96	7.99	45.19	1.729	<0.0001
<b>Error experimental</b>	12	2.12	0.18			
<b>Total</b>	19	26.38				

\*

Como resultado F calculada (45.19) es  $>$  F tabulada (1.729) considerando  $\alpha=0.05$ , se rechaza la  $H_0$ . Aceptando  $H_a$  =al menos uno de los suplementos presenta una tasa de mortandad igual o menor al 2% de abejorros en actividad de pecoreo. , por lo que es pertinente realizar un análisis post-ANDEVA de comparación de medias de Tukey para verificar cuál de los suplementos tiene mejores resultados en cuanto a la tasa de mortandad.

### 2.8.4.3 Análisis post-ANDEVA comparación de medias Tukey de numero de abejorros muertos

En el cuadro 40 se presentan los datos de la comparación múltiples de media por el método de Tukey para determinar calidad del suplemento alimenticio.

**Cuadro 40. Comparación de medias sobre el número de abejorros muertos.**

Tratamientos	Medias #	
31 % S+30 % F+30 % G	5.15	A
Testigo	6.90	B
50 % S+25 % F+25 % G	7.73	C
100 % S	7.93	C

Como se muestran en los resultados un 2% de la población total de la colmenas es igual a 5 abejorros por lo que el único suplemento alimenticio que cumplió con la tasa de mortandad el suplemento conformado por 31% sacarosa, este suplemento no solo cumple con la tasa de mortandad igual o menor a 2% sino que también con los resultados de las variables ya analizadas hasta el momento, fue el más consumido y el suplemento que dio un porcentaje de polinización más alto, por lo que el suplemento conformado con 31% de sacarosa es superiormente más palatable para el abejorro y ha promovido la actividad y mantenido la población de la colmena (cuadro 34).

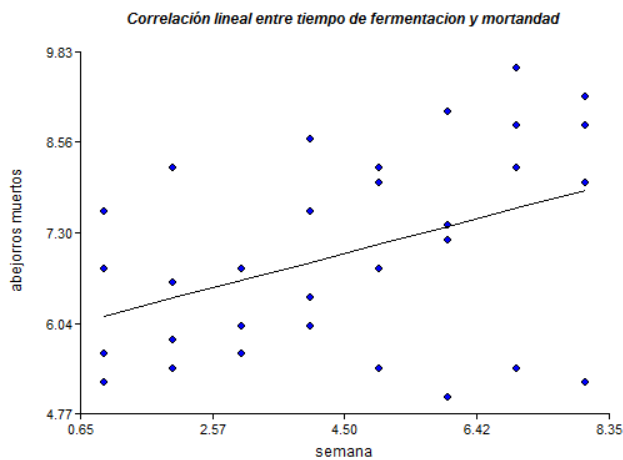
Se hace un análisis de correlación lineal de Pearson para comprobar si las variables, semana de fermentación y mortandad de abejorros están relacionadas entre sí (cuadro 41).

#### Cuadro 41. Correlación lineal de Pearson.

Correlación Lineal de Pearson		
	Abejorros muertos	Semana
Abejorros muertos	1.00	0.02
Semana	0.42	1.00

El valor  $P = 0.02 < 0.05$  indica que existe una correlación lineal positiva entre el análisis de ambas variables, y el valor  $R^2 = 0.42$  indica que la correlación lineal positiva existente es baja porque mientras  $R^2 = 1$  o más cerca de 1 se encuentre existe una correlación fuerte entre ambas variables, por lo que se concluye que no hay una correlación lineal directa entre el tiempo de fermentación y la mortandad de la población de abejorros, no afectando la cantidad de abejorros muertos encontrados en el área de pecoreo correspondiente a cada suplemento alimenticio

En el grafico se tiene el comportamiento de los datos de la correlación lineal entre el tiempo de fermentación y la mortandad de abejorros (figura 30).



**Figura 30. Correlación lineal entre las variables tiempo de fermentación y mortandad de abejorros.**

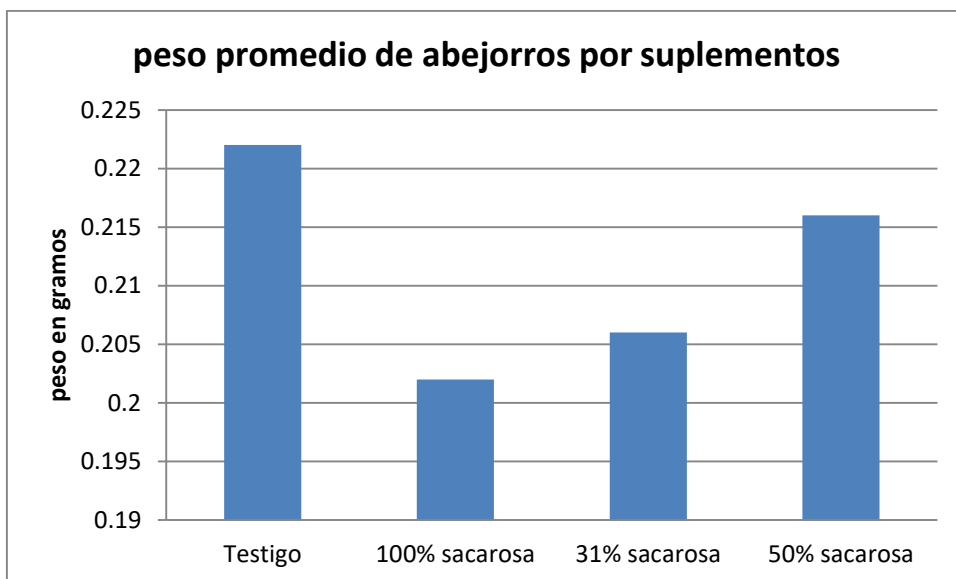
### 2.8.5 Biomasa

En el cuadro 42 se presentan los resultados de la biomasa de la colmena al culminar el ciclo experimenta de cada uno de los suplementos alimenticios.

**Cuadro 42. Cantidad de abejorros vivos al fin del ciclo y peso promedio por colmena, San Raymundo 2016**

<b>REPETICION</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>peso total (g)</b>	<b># abejorros vivos</b>	<b>pero X</b>
<b>1</b>	T1	17	82	0.21
	T2	16	78	0.20
	T3	16	82	0.20
	T4	18	80	0.22
<b>2</b>	T1	18	80	0.23
	T2	16	79	0.20
	T3	17	80	0.21
	T4	15	77	0.20
<b>3</b>	T1	18	81	0.22
	T2	17	85	0.20
	T3	17	79	0.21
	T4	19	85	0.22
<b>4</b>	T1	19	81	0.23
	T2	17	81	0.21
	T3	18	85	0.21
	T4	16	69	0.23
<b>5</b>	T1	18	80	0.22
	T2	16	80	0.20
	T3	17	84	0.20
	T4	16	75	0.21

Se grafican los datos obtenidos en la fase de campo del peso promedio final de los abejorros por suplemento evaluado, se puede comparar las diferencias existentes en cuanto al peso entre uno y otro. Los pesos entre tratamiento varían desde 0.01 a 0.02 gr por suplementos evaluado, y el suplemento alimenticio que presenta el peso más bajo es el que se conforma por 100 % de sacarosa y el suplemento que presenta el mayor peso es el tratamiento testigo (figura 31).



**Figura 31. Grafica de peso promedio por suplemento alimenticio.**

## 2.8.5.1 Verificación de los supuestos

### 2.8.5.1.1 Normalidad.

**Ho:** los residuos de la variable peso promedio sigue una distribución normal.

**Ha:** los residuos de la variable peso promedio no siguen una distribución normal.

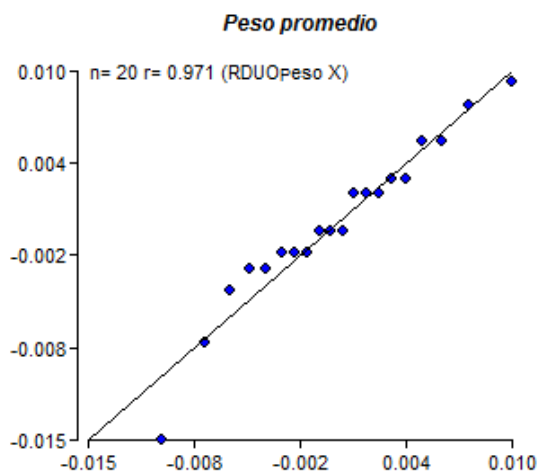
Se procede a realizar la prueba de Shapiro-Wilks para comprobar si los datos muestran un comportamiento normal (cuadro 43).

**Cuadro 43. Prueba de Shapiro-w. para verificar normalidad.**

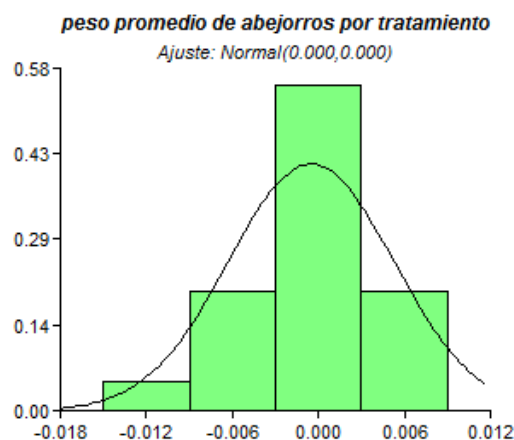
Variable	N	p(unilateral D)
Peso promedio	20	0.7644

Como se puede observar valor  $p = 0.7644 > 0.05$  correspondiente a peso promedio es mayor y por lo tanto se rechaza la hipótesis alterna. Demostrando que la variable cumple con el supuesto de normalidad para la variable de respuesta..

En los gráficos que es la manera no formal de analizar los datos, podemos observar que estos cumplen y se comportan de acuerdo al supuesto de Normalidad (figura 32 y 33).



**Figura 33. Q-Q plot de la variable peso x.**



**Figura 32. Histograma del comportamiento de la variable peso x.**

### 2.8.5.1.2 Homocedasticidad

**Ho:**  $\delta_1^2 = \delta_2^2 = \dots = \delta_n^2$

**Ha:** al menos una varianza difiere entre la variable de respuesta número de abejorros muertos

Se procede a realizar la prueba de Levine analizando los residuos absolutos (cuadro 44).

Cuadro 44. Prueba de Levine para verificación de Homocedasticidad.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
<b>Bloque</b>	4	0.000097	0.00004		
<b>Tratamientos</b>	3	0.000066	0.000022	2.74	0.0896
<b>Error</b>	12	0.000097	0.000008		
<b>Total</b>	19	0.00024			

Como se observa  $p\text{-valor} = 0.0896 > 0.05$  por lo que aceptamos la hipótesis nula demostrando que se cumple el supuesto de homocedasticidad.

En el grafico que es la manera no formal de verificar el cumplimiento de este supuesto, podemos observar que no se acumulan ni se forma un embudo lo cual son los requisitos para el cumplimiento de la homocedasticidad. Se analizan y grafican en un diagrama de dispersión los predichos y residuos de la variable de respuesta. (figura 34)



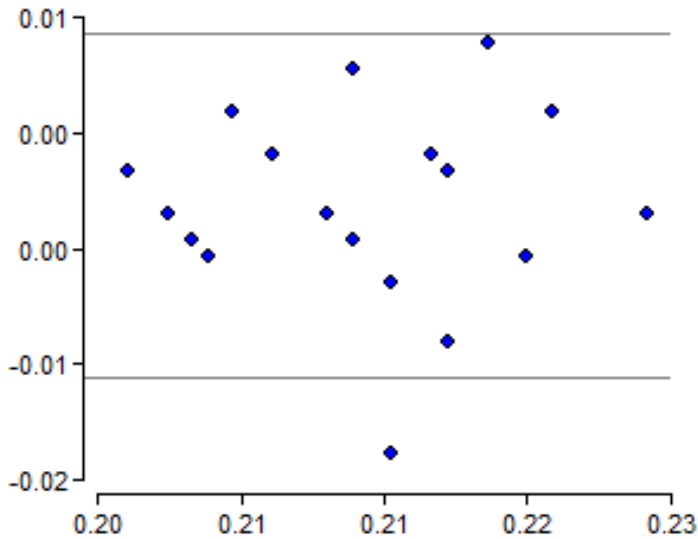


Figura 34. Diagrama de dispersión del comportamiento de los datos.

### 2.8.5.2 Análisis de varianza Peso promedio

Cuadro 45. Análisis de varianza de peso promedio por suplemento alimenticio, San Raymundo 2016.

F.V	G.L.	S.C	C.M	Fcal	Ftab	p-Valor
Bloque	4	0.0003	0.00011			
Tratamientos	3	0.0013	0.00042	8.81	1.729	0.0023 *
Error experimental	12	0.00057	0.000048			
Total	19	0.0023				

Como resultado F calculada (8.81) es  $>$  F tabulada (1.729) considerando  $\alpha = 0.05$ , se rechaza la  $H_0$ . Aceptando  $H_a$  = al menos uno de los suplementos presenta diferencias significativa en cuanto al peso X. , por lo que es pertinente realizar un análisis post-ANDEVA de comparación de medias de Tukey para verificar cuál de los suplementos tiene mejores resultados en cuanto al peso promedio (Cuadro 45).

### 2.8.5.3 Análisis post-ANDEVA comparación de medias Tukey

**Cuadro 46. Comparación de medias de Tukey, peso promedio de los suplementos alimenticios en gramos.**

Tratamientos	Medias gramos			
Testigo25	0.22	A		
50 % S+25 % F+25 % G	0.22	A	B	
31 % S+39 % F+30 % G	0.21		B	C
100 % S	0.20			C

Como resultado obtenemos que el suplemento alimenticio “testigo”, da un peso promedio mejor de todos los tratamientos evaluados, y clasificando según de mayor a menor pero las opciones serian:

1. Alimento testigo (original de la colmena)
2. 50 % sacarosa + 25 % fructosa + 25 % glucosa
3. 31 % sacarosa + 39 % fructosa + 30 % glucosa
4. 100 % Sacarosa

Uniendo las variable de respuestas ya analizadas y los resultados obtenidos, el tratamiento testigo que en esta variable dio el resultado más alto en cuanto al peso promedio por abejorro se puede decir que el obtener un mayor peso del abejorro no es mejorar la calidad de trabajo ni fomenta la actividad de la colmena, dado que el suplemento que mejores resultados ha dado hasta el momento es el conformado por 31% de sacarosa y en relación al peso promedio es uno de los más bajos.

### 2.8.6 Numero de Abejorros vivos al final del ciclo.

En los datos graficados se comparan la cantidad de abejorros vivos entre suplementos al final del ciclo de evaluación obteniendo como dato más bajo el suplementos conformado por 50 % de sacarosa y como mas alto el suplemento conformado por 31 % de sacarosa (figura 25).

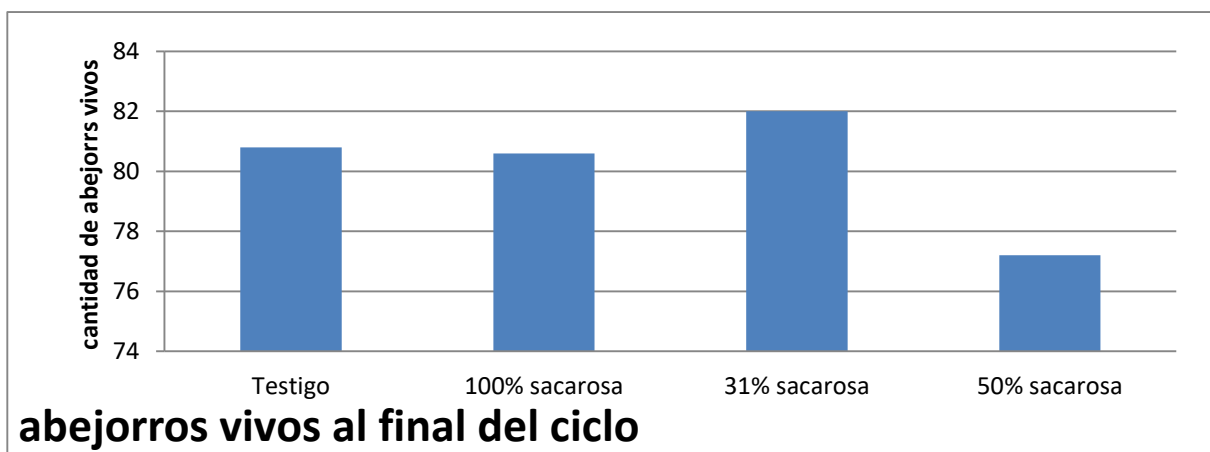


Figura 35. Grafica de abejorros vivos por tratamiento al final del ciclo.

## 2.8.6.1 Verificación de los supuestos

### 2.8.6.1.1 Normalidad.

**Ho:** los residuos de la variable número de abejorros vivos sigue una distribución normal.

**Ha:** los residuos de la variable peso promedio y número de abejorros vivos no siguen una distribución normal.

Se procede a realizar la prueba de Shapiro-Wilks para comprobar si los datos muestran un comportamiento normal (cuadro 47).

#### Cuadro 47. Prueba de Shapiro W. para verificar normalidad.

Variable	N	p(unilateral D)
Numero de abejorros vivos	20	0.8218

Como se puede observar  $p = 0.8218 > 0.05$  correspondiente a abejorros vivos, ambos valores son mayores y por lo tanto se rechaza la hipótesis alterna.

Demostando que la variable cumple con el supuesto de normalidad para la variable.

En los gráficos que es la manera no formal de analizar los datos, podemos observar que estos cumplen y se comportan de acuerdo al supuesto de Normalidad (figuras 37 y 38).

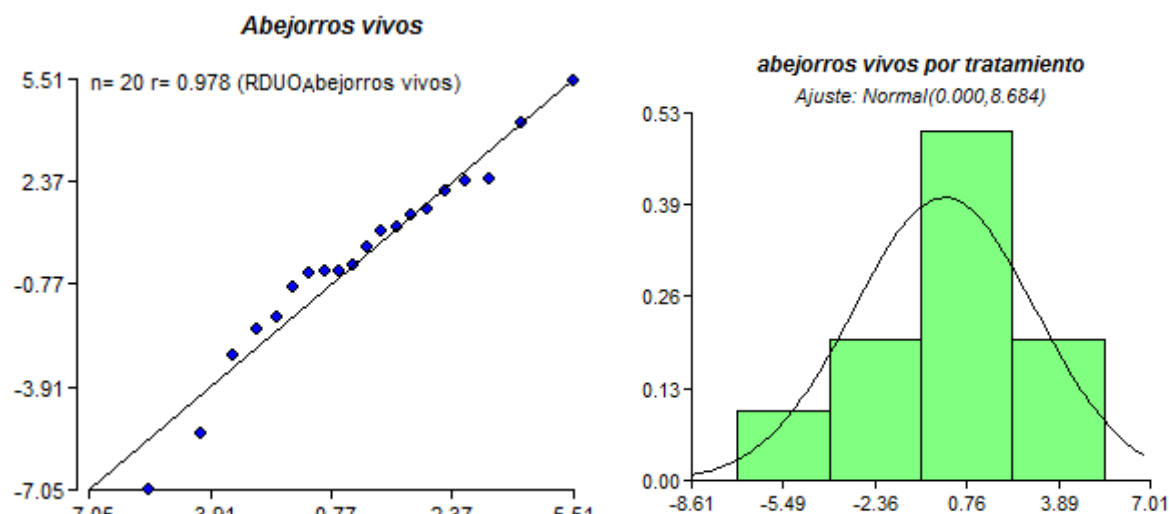


Figura 36. Histograma de población final

Figura 37. Q-Q plot de abejorros vivos.

### 2.8.6.2 Análisis de varianza número de abejorros vivos al final del ciclo

En el cuadro 48 se presenta el análisis de varianza de la variable población final datos obtenidos al final del ciclo experimental.

Cuadro 48. Análisis de varianza de población final.

F.V	G.L.	S.C	C.M	Fcal	Ftab	p-Valor
Bloque	4	33.8	8.45			
Tratamientos	3	63.75	21.25	1.55	1.729	0.2536
Error experimental	12	33.8	8.45			
Total	19	262.55				

Como resultado F calculada (1.55) es < F tabulada (1.729) considerando  $\alpha= 0.05$ , en este caso se acepta la hipótesis nula: ninguno de los tratamientos presentaran diferencia significativa en cuanto al número de abejorros vivos al final del ciclo.

## 2.9 Resumen de costos

Cada uno de los insumos utilizados, Fructosa, glucosa, sacarosa y benzoato de sodio se adquirieron de manera independiente en diferentes proveedores con precios al público, estos precios mejoran en compras por mayor (cuadros 49, 50, 51).

**Cuadro 49. Precios de insumos y proveedores en Guatemala.**

Producto	Precio/Kilo	Proveedor	Precio por gramo
Fructosa	Q 50.00	Quirsa	Q 0.050
Glucosa	Q 20.00	Quirsa/ Lafimarq	Q 0.020
Sacarosa	Q 7.70	tiendas de conveniencia	Q 0.008
Benzoato de Sodio	Q 18.00	Quimiprova	Q 0.018

**Cuadro 50. Precio por elaboración de 100 gramos de cada suplemento.**

Suplementos alimenticio	Gramos				Precio de cada componente				precio por 100gramos
	Fructosa	glucosa	Sacarosa	benzoato de sodio	fructosa	Glucosa	sacarosa	benzoato de sodio	
Tratamiento 2	0	0	100	50	Q -	Q -	Q 0.77	Q 0.90	Q 1.670
Tratamiento 3	39	30	31	50	Q 1.95	Q 0.60	Q 0.24	Q 0.90	Q 3.689
Tratamiento 4	25	25	60	50	Q 1.25	Q 0.50	Q 0.39	Q 0.90	Q 3.035

**Cuadro 51. Precio por kilo de cada suplemento alimenticio.**

<b>Suplementos alimenticio</b>	<b>Precio por kilo</b>
Tratamiento 1	Q 44.91
Tratamiento 2	Q 16.70
Tratamiento 3	Q 36.89
Tratamiento 4	Q 30.35

Como se observa en el cuadro 51 se obtiene los precios/ kg de cada suplemento alimenticio, no tomando en cuenta gastos de elaboración ni mano de obra, el tratamiento uno al ser testigo u original de la colmena se compra comercialmente en establecimientos agropecuarios teniendo un costo de Q 44.91/kg, como se aprecia los suplementos evaluados sin importar cual, tienen un costo menor al precio comercial de la miel de relleno, una de las ventajas además de tener costos más bajos por kilogramos es la fácil elaboración, puesto que el suplemento testigo se pide con 15 días de anticipación y al permanecer refrigerado se cristaliza, en cambio al elaborar los suplementos alimenticios se cuenta con los insumos y se pueden almacenar en anaquel sin que se dañen, además pueden prepararse horas antes de utilizar asegurando su frescura y calidad.

## 2.10 CONCLUSIONES

1. Se evaluó el tiempo en semanas que tardaba en fermentar los suplementos alimenticios, obteniendo como resultados que los suplementos con formulaciones que contienen 31 % y 60 % de sacarosa tardaron 8 en fermentar, el suplemento testigo fermento a las 7 semanas y el suplemento compuesto por 100 % de sacarosa fermento a las 5 semanas. Dando como respuesta a las necesidades únicamente los suplementos conformados con 3 % y 60 % de sacarosa ya que se busca tener un suplemento que no fermente antes de 8 semanas de vida.
2. El consumo promedio de los diferentes suplementos alimenticios da la escala de palatabilidad de estos ante los abejorros **B. impatiens**, obteniendo como resultado que el suplemento con mayor palatabilidad es el compuesto por 31 % de sacarosa seguidamente del suplemento conformado con 60 % de sacarosa. Presentando estos un consumo promedio de 853.6 ml y 791 ml correspondientemente. Por debajo se encuentra el suplemento testigo con un consumo de 751.4 ml y el menos consumido es el suplemento con 100 % de sacarosa con un consumo de 668.2 ml.
3. En la evaluación del porcentaje de polinización se obtuvo como resultado que el único suplemento alimenticio que presentó un promedio igual o mayor al 75 % de fue el suplemento con formulación: 31 % sacarosa siendo este el suplemento más consumido en la variable de respuesta anterior teniendo un 84 % de polinización seguidamente del suplemento conformado por 50 % de sacarosa con un promedio de 66 %, suplemento testigo con 64 % y suplemento con 100 % de sacarosa con 63.6 % de polinización estando estos tres muy por debajo no dando respuesta al requerimiento mínimo de polinización planteado.

4. El único suplemento alimenticio que presento una de mortandad igual o menor al 2 % fue el de formulación 31 % sacarosa, siendo este suplemento el más consumido y el que presenta un mayor porcentaje de polinización, se realizó una correlación lineal para verificar si existe una relación directa entre el tiempo de fermentación y la tasa de mortandad dando este como resultado negativo, no habiendo relación directa entre estas dos variables de respuesta.
5. Ninguno de los suplementos alimenticios evaluados dio como resultados diferencias significativas en cuanto a la población final de la colmena.
6. Los suplementos alimenticios con formulaciones “Alimento testigo y “60 % sacarosa” son los suplementos que dan un mayor peso promedio por abejorro en la colmena. Correspondiendo estos a una media de 0.22 g para ambos suplementos.
7. El suplemento alimenticio que presento un resultado superior al resto fue el formulado con “31 % sacarosa + 39 % fructosa + 30 % glucosa”, mostro mejores resultados al final de la investigación promoviendo la actividad de la colmena obteniendo un 84 % de polinización, no fermentando antes de las 8 semanas de vida del suplemento y teniendo el mayor consumo que es 853.6 ml siendo este el más equilibrado entre sus tres componentes, por lo cual este suplemento es idóneo para el reemplazo inmediato al momento de escasearse o fermentar el alimento que trae la colmena.



## 2.11 RECOMENDACIONES

1. La finalidad de evaluar el tiempo de fermentación de tres composiciones de suplementos nutritivos fue el buscar el tratamiento que no solo no fermentara en 8 semanas, sino el que ayudara y promoviera en segundo plano la actividad de la colmena, se recomienda hacer los suplementos de uno a dos días antes de su utilización, estos fueron evaluado bajo condiciones de invernadero e instalados bajo una sombra, ya que al estar expuestos directos al sol acelera el proceso de fermentación, se recomienda leer el instructivo de manejo de colmenas, la sombra puede ser sombra creada por la plantación o sombra artificial.
2. Se recomienda hacer una inspección semanal dado que los suplementos al ser elaborados con azúcares atraer hormigas en grandes cantidades, en caso de haber presencia de hormigas o cualquier otro insecto se puede aplicar pega patas (el cual es el nombre popular del producto, ya que cada casa comercial maneja diferentes nombres, el utilizado en este caso fue Stikem special de agrícola del sol) alrededor del área de la colmena.
3. Las colmenas son susceptibles al ataque de palomillas y arañas por lo que es recomendable hacer una limpieza semanal que consta en desarmar la colmena para chequear que no existan amenazas potenciales que afecten el desarrollo del trabajo.

## 2.12 BIBLIOGRAFÍA

1. Artz, D.R., & Nault, B.A. (2011). Performance of *Apis mellifera*, *Bombus impatiens*, and *Peponapis pruinosa* (Hymenoptera: Apidae) as pollinators of pumpkin. *Journal of Economic Entomology*, 104(4), 1153-1161.
2. Bernauer, O.M., Gaines-Day, H.R., & Steffan, S.A. (2015). Colonies of bumble bees (*Bombus impatiens*) produce fewer workers, less bee biomass, and have smaller mother queens following fungicide exposure. *Insects*, 6(2), 478-488. doi: 10.3390/insects6020478
3. Gobble Up Multicultural Books. (2003). *School Librarian's Workshop*, 24(3), 15.
4. Marchese, J. I., Johnson, G. J., & Delaney, D. A. (2015). Exposure effects on the productivity of commercial *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae) quads during bloom in watermelon fields. *Journal of Economic Entomology*, 108(4), 1810-1817. doi: 10.1093/jee/tov165
5. Mirwan, H.B., & Kevan, P.G. (2014). Problem solving by worker bumblebees *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apoidea). *Animal Cognition*, 17(5), 1053-1061. doi: 10.1007/s10071-014-0737-0
6. Moré, M., Benitez-Vieyra, S., Sérsic, A.N., & Cocucci, A.A. (2014). PATRONES DE DEPÓSITO DE POLEN SOBRE EL CUERPO DE LOS POLINIZADORES EN COMUNIDADES ESFINGÓFILAS DE ARGENTINA SUBTROPICAL. *Darwiniana* 2(1), 174-196. doi: 10.14522/darwiniana.2014.21.568
7. Strange, J.P. (2015). *Bombus huntii*, *Bombus impatiens*, and *Bombus vosnesenskii* (Hymenoptera: Apidae) pollinate greenhouse-grown tomatoes in western north America. *Journal of Economic Entomology*, 108(3), 873-879. doi: 10.1093/jee/tov078

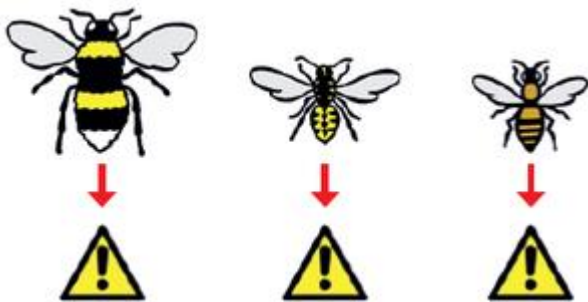
## 2.13 ANEXOS

### 2.13.1 Tratamiento de las picaduras y alergias a los abejorros



Esta información sobre las picaduras de abejorros ofrece indicaciones para reducir el riesgo de recibir una picadura, así como sobre la posible reacción y tratamiento de la misma.

### 2.13.2 Picaduras de los abejorros, avispas y abejas



Los abejorros son insectos habituales en muchos países. Además, los abejorros y abejas se usan en la agricultura y la horticultura para la polinización. Existen distintas especies, cuyas características físicas, incluyendo el patrón de coloración, pueden diferir. Los abejorros suelen ser más grandes que las abejas y más velludos que las avispas.

Al igual que ocurre en la abejas melíferas y avispas, las obreras y la reina abejorro son las únicas que tienen un aguijón, es decir que los machos no pueden picar. El aguijón se utiliza como arma de defensa. Durante la picadura se inyecta una pequeña cantidad de veneno dentro del cuerpo a través del aguijón. En las personas, esto suele provocar un dolor breve, pero intenso que desaparece al poco tiempo. En ocasiones excepcionales (aprox. 1%) se desarrollan reacciones alérgicas por el veneno inyectado.

La respuesta a la picadura de un abeja puede diferir según la ocasión.

Debido a que el aguijón del abeja y de la avispa no es aserrado, la obrera o la reina puede retraer el aguijón y volver a picar. El aguijón de una abeja es, por el contrario, aserrado. Cuando una abeja intenta sacar su aguijón, este se desgarrará del cuerpo junto con la glándula del veneno.

### 2.13.3 ¿Cómo prevenir las picaduras de los abejorros?



Los abejorros raramente pican. Para disminuir el riesgo de recibir una picadura, se debe intentar no provocar un comportamiento agresivo de su parte. Ante todo es muy importante mantener la calma cuando se trabaja con abejorros: no se les debe intentar pegar, no se deben sujetar, no se deben dar golpes a la colmena, etc.

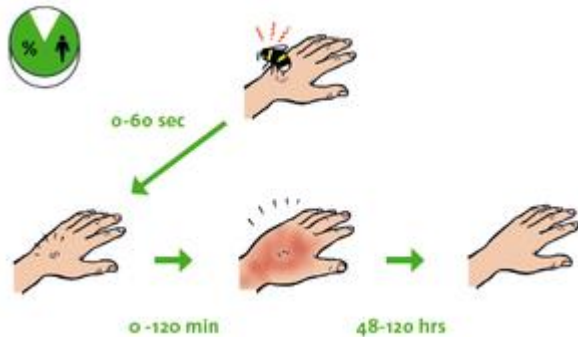


Además, los abejorros pueden responder con agresividad a una gran cantidad de olores, tales como alcohol, sudor, perfume, jabón perfumado, aftershave y similares. Los anillos, pulseras y relojes pueden provocar un comportamiento agresivo. (especialmente debido al olor del material oxidado provocado por el roce de la piel contra el anillo, pulsera o reloj). Los abejorros se sienten atraídos por el

color azul, incluyendo la ropa de color azul (claro). El uso de ropa protectora disminuye el riesgo de sufrir una picadura. Los abejorros pueden picar a través de la ropa.

#### 2.13.4 ¿Le han picado? Posibles reacciones y tratamientos

##### 2.13.5 Reacción local (no alérgica)

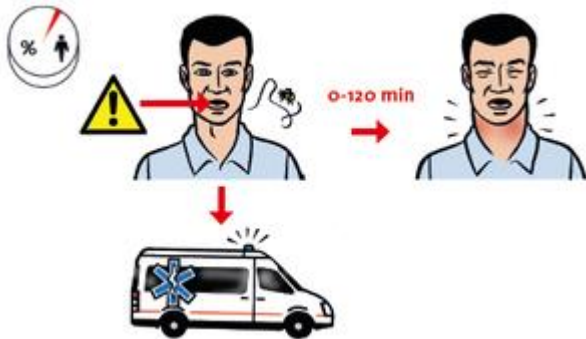


Después de una picadura suele aparecer una hinchazón en la zona, que se suele denominar reacción local o reacción no alérgica. En este caso, la zona de la picadura se hincha, enrojece y pica. Estos síntomas pueden comenzar poco tiempo después de la picadura, pero suelen hacerlo después de unas horas. La hinchazón o picor puede durar varias horas e incluso días. En algunos casos la reacción local puede extenderse algo; en este caso, la reacción suele tardar más en desaparecer. En estos casos sigue tratándose de una reacción local, no alérgica.

##### 2.13.6 Tratamiento de una reacción local (no alérgica)

Estos casos no suelen precisar tratamiento médico. Se pueden tomar algunas medidas para minimizar la reacción local, especialmente en el caso de que la picadura se produzca en una zona extremadamente sensible, como puede ser la zona alrededor de los ojos. En estos casos, se recomienda tomar un analgésico (por ejemplo ácido acetil salicílico (aspirina) o ibuprofeno), lo antes posible después de la picadura. También se pueden aplicar compresas frías en la zona de la picadura. Existen una serie de productos disponibles que alivian la picor (por

ejemplo Azaron, con el principio activo dietil toluamida).



En el caso excepcional de que la picadura se produzca en la boca o la faringe, se deberá acudir inmediatamente a urgencias, puesto que las vías respiratorias podrían quedar bloqueadas. En estos casos, se suelen administrar corticosteroides (por ejemplo Prednison) al paciente y se le mantiene en observación.

### 2.13.7 Reacción alérgica

En un escaso 1 % de la población, las picaduras reiteradas (a veces después de la segunda o tercera) pueden provocar una reacción alérgica, también denominada reacción general sistémica o anafiláctica. Debido a que las reacciones alérgicas conllevan la presencia de anticuerpos, formados durante una picadura previa, las mismas no pueden aparecer cuando se es picado por primera vez. Las reacciones alérgicas suelen aparecer poco después de la picadura (entre unos segundos después hasta treinta minutos después).

Las reacciones alérgicas se clasifican en cuatro grados, por orden de severidad:

**Grado 1** – picor, enrojecimiento, hinchazones (urticaria) en todo el cuerpo

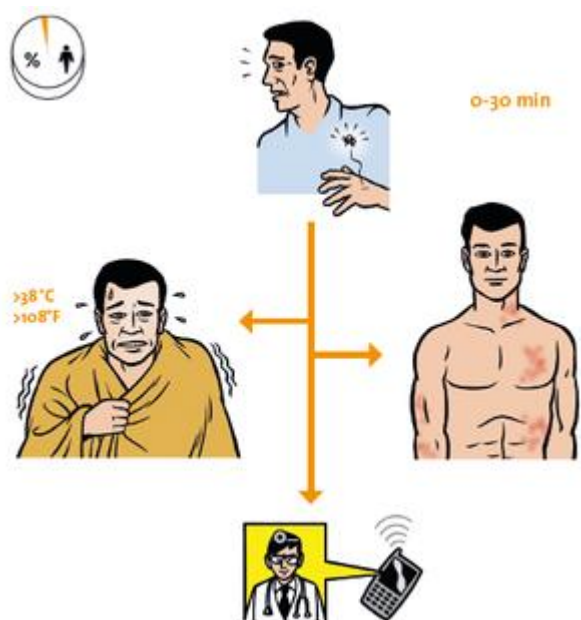
**Grado 2** – síntomas del grado 1, más problemas intestinales (vómitos, diarrea)

**Grado 3** – síntomas del grado 1 y/o 2, más problemas respiratorios o sensación de asfixia

**Grado 4** - grado 1 y/o 2 y/o 3, más palpitaciones del corazón, pérdida de

conocimiento, choque anafiláctico (con mareos, sudoración excesiva y escalofríos).

### 2.13.8 Tratamiento de reacciones alérgicas



En caso de presentar fiebre o una reacción del grado 1, deberá contactar con un médico. Se puede optar por observar un rato al paciente. En este caso, es recomendable, acudir a un hospital para su observación, puesto que la reacción se puede agravar pasado un tiempo.



En el caso de que se produzcan vómitos y especialmente si se presentan síntomas del grado 3 o 4, el paciente deberá ser trasladado inmediatamente al hospital.

Cuando se desarrolla una reacción alérgica, puede ser útil administrar un antihistamínico (por ejemplo clemastina / Tavegil), sólo disponible con prescripción médica. El antihistamínico reduce la hinchazón causada por la histamina del veneno. A veces, se recetan corticosteroides (tales como DAF / Dexamethason). En el caso de reacciones del grado 3 y 4, se deberá administrar, en primer lugar, adrenalina. La adrenalina estimula el ritmo cardíaco, contrae los vasos sanguíneos y dilata los bronquios. La adrenalina se puede autoinyectar usando un autoinyector de adrenalina (por ejemplo Epipen o Jext). Los autoinyectores de adrenalina solo se suministran bajo prescripción médica, por ejemplo, después de una reacción alérgica previa a una picadura de abeja. En las empresas en las que se trabaja con abejas es posible que dispongan de uno, dependiendo de la legislación local.

### 2.13.9 Reacciones tóxicas

La reacción tóxica puede producirse cuando se reciben decenas de picaduras en



un breve espacio de tiempo. En ese caso, pueden aparecer reacciones generales en el sistema nervioso y cardiovascular (trastornos del ritmo cardíaco y respiratorios). En este caso, la persona debe acudir al hospital para su observación y otros tratamientos complementarios.

#### **2.13.10 Hiperventilación**

Además de una reacción alérgica severa (grado 4) la hiperventilación causada por el susto también puede causar inconsciencia. En este caso también se debe avisar inmediatamente a los servicios médicos.

#### **2.13.11 Mayor riesgo**

Las personas que usan ciertas medicinas, los denominados betabloqueantes, y las mujeres embarazadas tienen un mayor riesgo de que se produzca una reacción alérgica después de una picadura de abeja.

#### **2.13.12 Vivir con alergia a las picaduras por abeja**

Si se ha tenido una reacción alérgica al veneno del abeja, no es totalmente seguro que la siguiente picadura también cause una reacción alérgica. La probabilidad es especialmente leve en las reacciones de grado 1 o 2. La reacción a una picadura de abeja puede diferir de una ocasión a la otra. Actualmente, se puede determinar si una persona reaccionará alérgicamente a una siguiente picadura realizando una prueba con veneno de abeja purificado. El veneno purificado también se puede usar para el denominado tratamiento de hiposensibilización, cuyo objetivo es que el cuerpo humano se vuelva totalmente insensible al veneno del abeja.



Un tratamiento de hiposensibilización/inmunoterapia contra el veneno de los abejorros no protege necesariamente contra el veneno de las abejas o avispas. Un tratamiento de hiposensibilización/inmunoterapia contra el veneno de las abejas no protege necesariamente contra el veneno de los abejorros. Las personas que no deseen seguir este tratamiento, podrán adquirir, con prescripción médica, un autoinyector de adrenalina (por ejemplo EpiPen o Jext). Es un autoinyectable que se deberá llevar encima y que se deberá inyectar en el músculo de la cadera tras una picadura.



### 3.1 Presentación

Durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) se prestaron servicios en diferentes áreas dentro de la empresa con el objetivo de contribuir al fortalecimiento de los procesos ya establecidos. Los servicios realizados se tomaron en común acuerdo priorizando las necesidades existentes en dicho momento fijando secuencia y tiempo de ejecución con la finalidad de rectificar y mejorar las área de producción, aplicación de agroquímicos y riegos.

Los servicios realizados consistieron en: 1) evaluación de tres productos comerciales de *Trichoderma harzianum*, evaluando dichos tres productos con dosis recomendadas por los productores, haciendo las aplicaciones de la misma manera, tiempo, cantidad de agua y bajo las mismas condiciones para poder evaluar al final de la investigación cuál de los productos que se comercializan tiene una mejor población en el área radicular de *Trichoderma h.* y así poder optar por usar el mejor producto, dicho producto usado como fungicida tiene la capacidad de controlar fitopatógenos que atacan por medio de la raíz tales como *Botrytis*, *Fusarium* y *Penicillium*, dado que dentro de los diferentes invernaderos existe incidencia en el control de *Fusarium spp.*

2) Remodelación de la red de distribución eléctrica hacia electro válvulas de riego en los diferentes invernaderos. Dado que tras el crecimiento de esta empresa tuvieron que cambiar de lugares las electro-válvulas, cambiar modelos por necesidades de caudal y por calidad de funcionamiento, estas mismas aun al ser nuevas presentaban anomalías en el funcionamiento dado que la red eléctrica no estaba diseñada de la mejor manera por lo que se hizo un levantamiento topográfico de los invernaderos, ubicando cada una de las electro-válvulas y así posteriormente diseñar en AutoCAD la nueva red eléctrica con cajas de cemento cada 30 metros para control y chequeos futuros al volver a presentar anomalías, o también para la incorporación de nuevo cableado al momento de querer instalar más electroválvulas si fuera necesario.

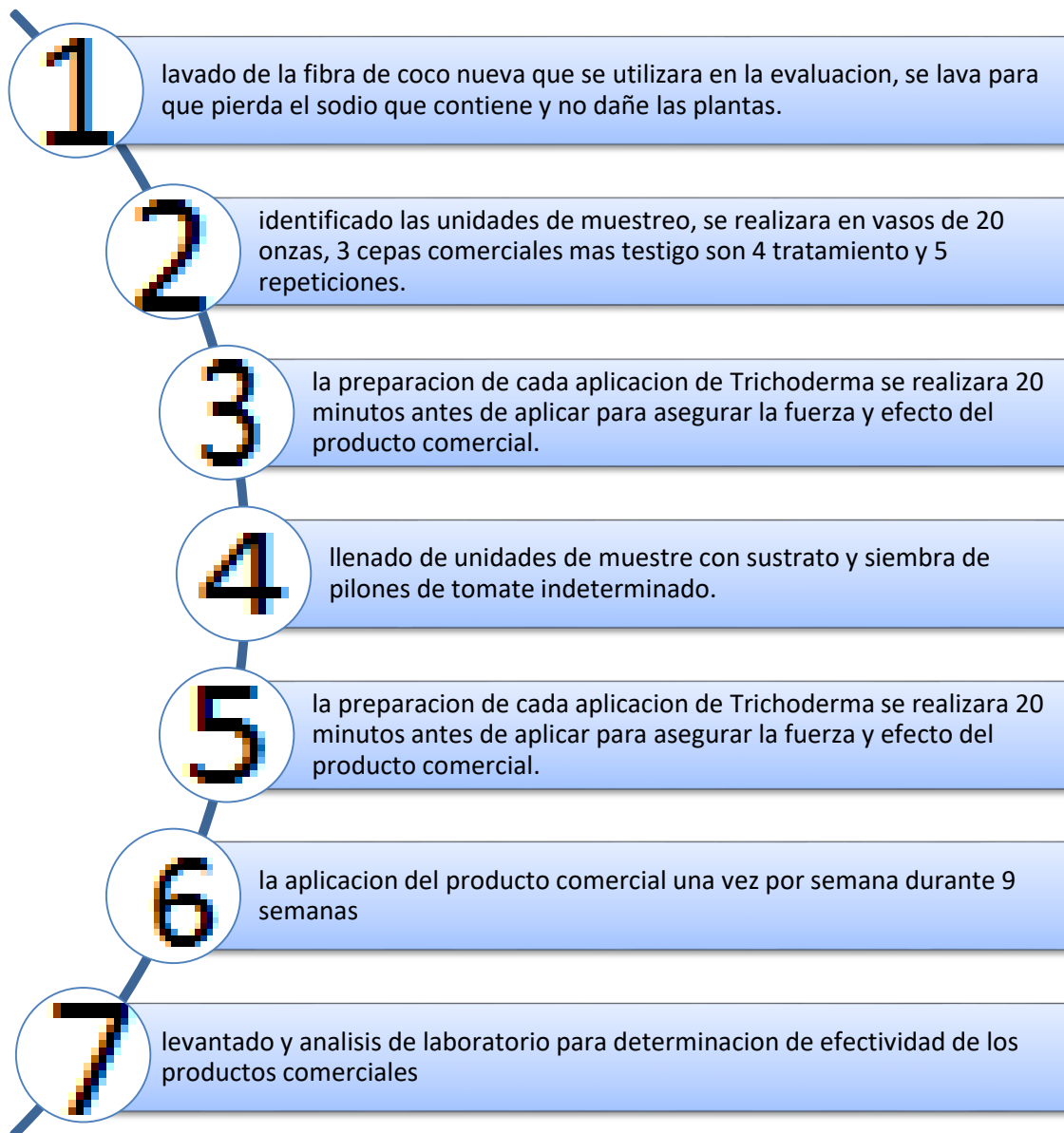
3) instalación y puesto en marcha de sistema de recirculación y desinfección de aguas residuales por medio de ozono, dado las circunstancias y de la cantidad de agua con fertilizantes desperdiciadas a diario, se compró el sistema a una empresa holandesa, ya puesta en el país se procedió a realizar una capacitación para la operación de dicho sistema y conjunto a un técnico canadiense se diseñó e instaló el trazo de tuberías, líneas de conducción de aguas residuales, bombas para empuje hacia la máquina desinfectadora y de la máquina desinfectadora a un reservorio de agua tratada, bomba del reservorio de agua tratada a válvulas mariposas para mix de agua tratada y agua limpia antes del paso en sistemas de inyección de fertilizantes para que por medio de un sensor de Ec se tomara lectura antes de la inyección de fertilizantes y así que la máquina aplicara lo necesario, para poder reducir costos en el consumo de fertilizantes.

## 3.2 Evaluación de 3 cepas comerciales de *Trichoderma harzianum*

### 3.2.1 Objetivo

Determinar cuál de las cepas evaluadas presenta una mayor población en el área radicular.

### 3.2.2 Metodología





Fuente: elaboración propia.

**Figura 38. Llenado de las unidades experimentales.**



Fuente: elaboración propia.

**Figura 39. Identificado para la aplicación de cada tratamiento.**





Fuente: elaboración propia.

**Figura 40. Siembra de los pilones de tomate.**



Fuente: elaboración propia.

**Figura 41. Preparado de las 3 diferentes cepas de Trichoderma evaluadas**



### 3.2.3 Resultados y evaluación.

De las unidades experimentales tratadas con cada cepa comercial, se escogieron 3 al azar y se enviaron a un laboratorio para un análisis de colonias del hongo Trichoderma en el área radicular la metodología fue una dilución en placa (original  $1 \times 10^{-1}$ ,  $1 \times 10^{-2}$ ). Con un Medio de cultivo PDA-Igepal. El término UFC/g hace referencia a unidades formadoras de colonias por gramo de raíz (cuadro 52).

**Cuadro 52. Resultado de laboratorio para ver colonización en el área radicular.**

No.	Muestra	UFC/g	Resultado
1	T1	$>1 \times 10^{-1}$	No hubo crecimiento de Trichoderma
2	T2	$7.1 \times 10^4$	Presencia del hongo Deuteromiceto Trichoderma
3	T3	$>1 \times 10^{-1}$	No hubo crecimiento de Trichoderma
4	T4	$1.9 \times 10^4$	Presencia del hongo Deuteromiceto Trichoderma

Fuente: Agroexpertos.

**Cuadro 53. Tratamiento correspondiente al producto comercial.**

Descripción	Producto comercial
T1	Testigo
T2	T-22 wp
T3	Trichovista
T4	Excalibur Gold 5 fs

Fuente: elaboración propia

Como se observa en el cuadro 1 el laboratorio agroexpertos muestra el índice de unidades formadoras de colonias por gramo de raíz (UFC/g) por producto comercial, ordenando por calidad en cuanto a UFC/g es:

1. T-22 wp
2. Excalibur Gold 5 fs

3. Trichovista

4. Testigo

Observando por diferencias entre si es muy superior el producto T-22 wp siendo el producto que se escogió y trabajara con él en un lapso de tiempo indefinido para ver si existe alguna disminución en cuanto a la incidencia de enfermedades fungosas que atacan por medio de la raíz.

### **3.2.4 Conclusión**

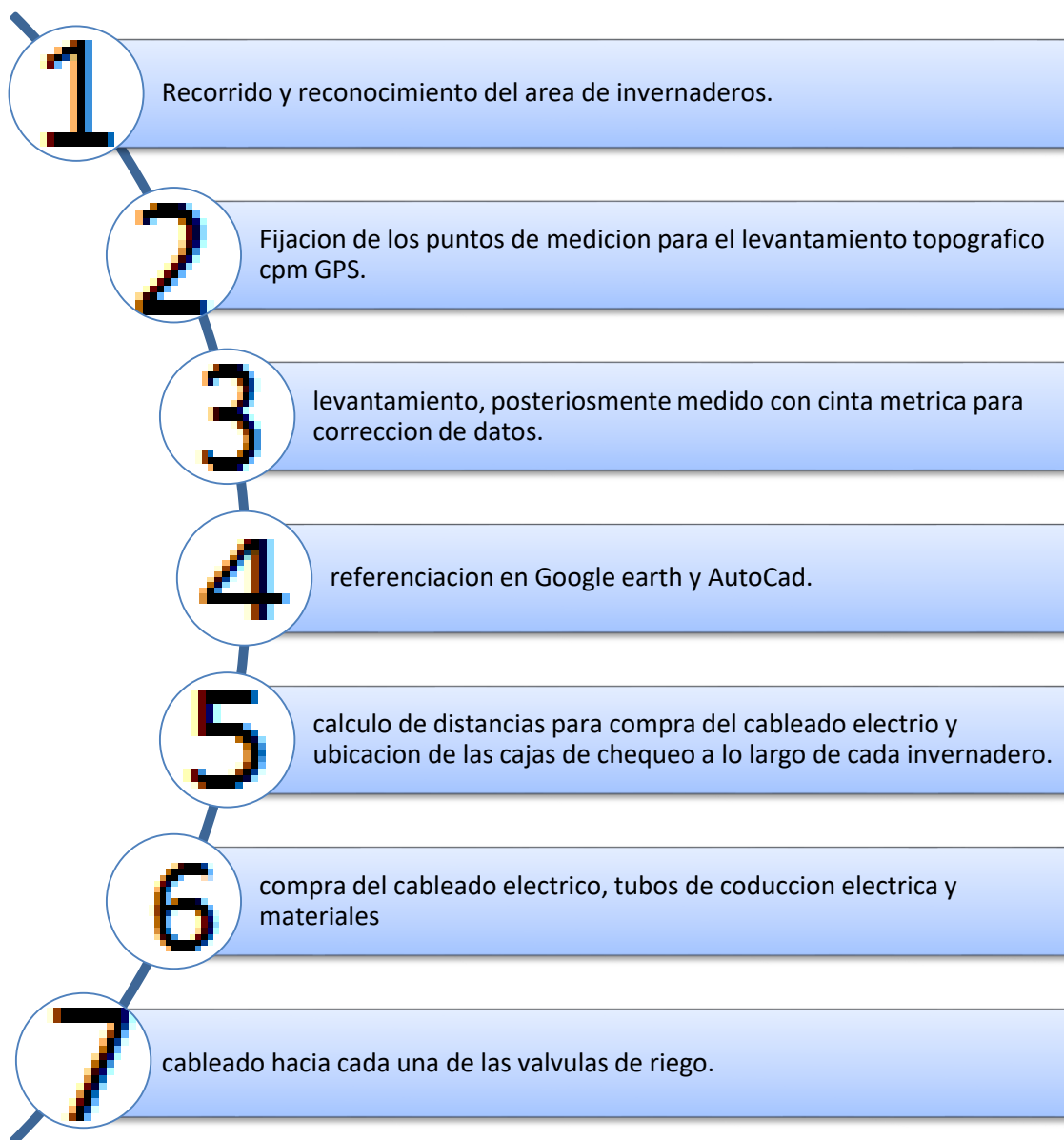
De las 3 cepas evaluadas existió una gran diferencia entre una y otra, siendo la mejor la cepa del producto T-22 WP con una población de  $7.1 \times 10^4$  UFC/g, luego Excalibur Gold 5 Fs con una población de  $1.9 \times 10^4$  UFC/g y por ultimo Trichovista no formando UFC/g por lo que se escogió para seguir trabajando con el producto T-22 WP para control y reducción de enfermedades fitopatógenas que atacan por medio de la raíz.

## **3.3 Replanteo, cableado y diseño de la red de distribución eléctrica hacia electroválvulas**

### **3.3.1 Objetivo**

1. Realizar un levantamiento topográfico de los invernaderos
2. Realizar un nuevo diseño de red de conducción eléctrica.

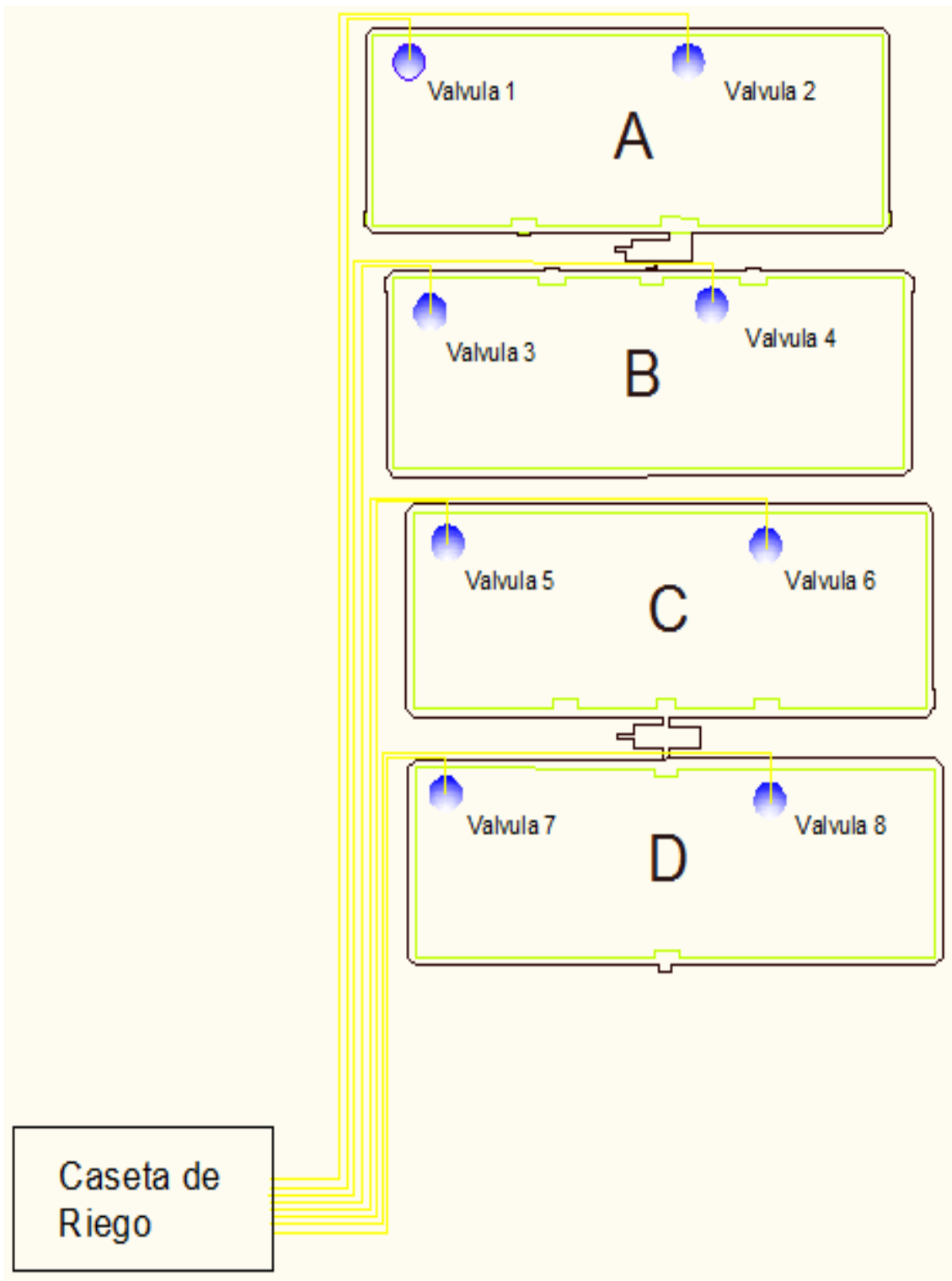
### 3.3.2 Metodología



### 3.3.3 Resultados y evaluación

Luego de realizado el levantamiento con GPS se procedió a realizar el plano con medidas en AutoCAD para poder realizar el listado de materiales, aproximadamente se tardaba 1 semana en lograr llevar el cableado hasta el pie de la válvula, realizar la conexión y pruebas desde la Priva Nutrifit (unidad de

nutrición automatizada) por lo que el cambio de las 8 válvulas tardó aproximadamente 2 meses para finalizar la totalidad del servicio (figura 5).



Fuente: elaboración propia.

Figura 42. Plano de invernaderos con líneas de conducción eléctrica.

Como se muestra en la figura 5, todas las líneas eléctricas son manejadas desde una unidad de riego automatizada, la cual al cumplir con las condiciones establecidas por el operario manda automáticamente un riego, en la caseta de riego se cuenta con 2 unidades de riego automatizadas cada una manejando 4 válvulas, cada una de las válvulas maneja lo que es una señal positiva y negativa de corriente de 12 voltios, la cual al ser detectada por la electroválvula contrae el diafragma permitiendo el paso del agua. Al cablear una válvula completamente desde la caseta de riego hasta la válvula deseada el trabajo se tardaba una semana por lo que el servicio se extendió alrededor de dos meses, garantizando un trabajo que durara mínimo 10 años.

### **3.3.4 Conclusiones**

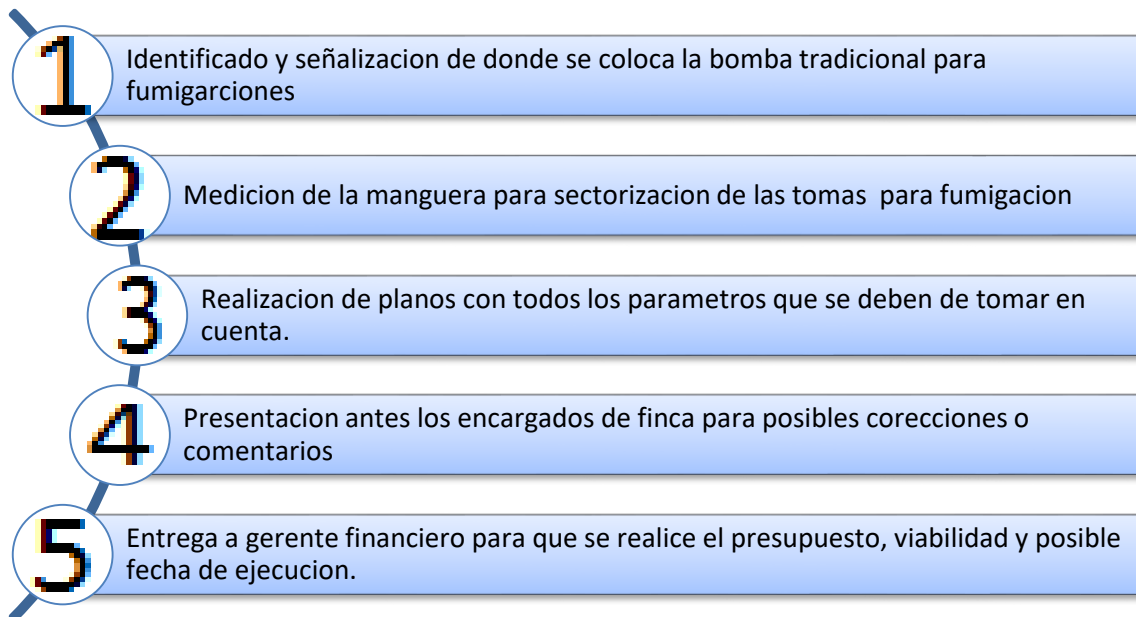
1. Se realizó un levantamiento topográfico, el cual se montó y se tomaron medidas de corrección en AutoCAD para poder tener un plano con medidas reales con fines de diseño, no solo para la nueva línea eléctrica para cada válvula, sino que para algún trabajo futuro poder tomar el plano y hacer medidas y cuantificaciones reales.
2. Echo el plano en AutoCAD, se propusieron los lugares donde debían de pasar las líneas eléctricas para cada electroválvula, ya aprobadas el servicio se echó andar tardando aproximadamente 2 meses para su culminación, se fueron aproximadamente 24 rojos de alambre calibre 10, 800 tubos para líneas eléctricas, 400 uniones, 5 rojos de cinta de aislar. Asegurando un trabajo que mínimo durara 10 años sin dar problema de los pulsos de apertura y cierre de las electroválvulas.

### 3.4 Diseño y propuesta de estación central de fumigación para todos los invernaderos.

#### 3.4.1 Objetivo

- Proponer un modelo de estación central para fumigaciones que pueda ser aprobada por diferentes certificadoras.

#### 3.4.2 Metodología



#### 3.4.3 Resultados y Discusión

Ya propuesta la idea y aprobada por los encargados de finca y superiores, se procedió a hacer un recorrido para tomar el punto céntrico donde se colocaría la bomba, depósitos, reguladores y tubería que conformaran la estación central de fumigación, ya localizado el punto céntrico, se prosiguió al siguiente paso el cual consiste en estar presente en por lo menos 2 fumigaciones o aplicaciones de producto para observar la problemática que tienen los aplicadores y darle

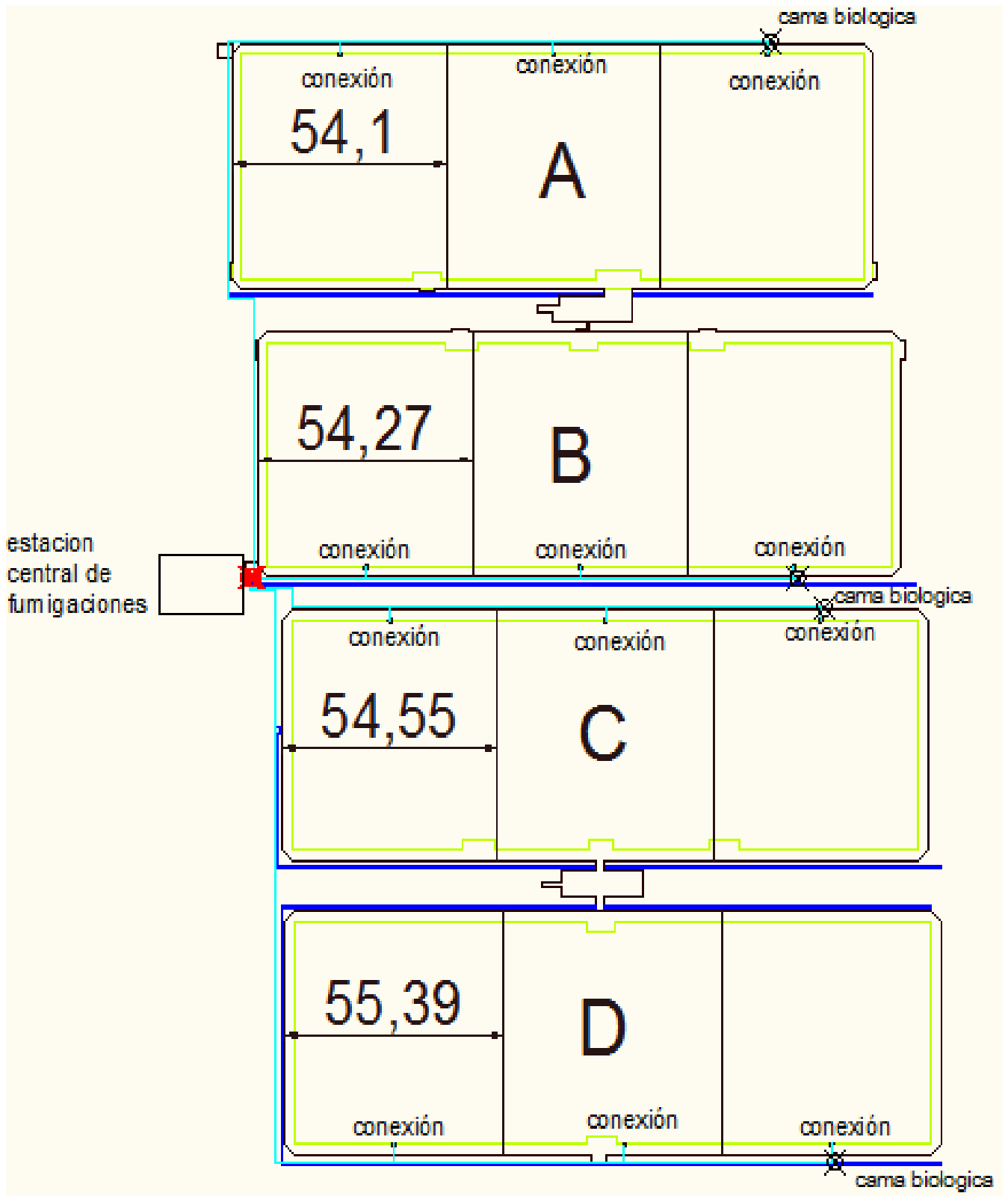
respuesta con la propuesta de una estación central para facilidad en manipulación del equipo y efectividad de las aplicaciones.

Luego de estar presente en lo que fueron dos aplicaciones por invernaderos se determinó que el invernadero debía de poseer por lo menos 3 tomas para la conexión de la manguera de fumigación ya que esta cuenta con lo que son 150 metros de largo y por facilidad de manipulación se prefirió diseñar tramos cortos para poder tener un porcentaje de manguera libre por cualquier necesidad, ya determinadas las tres tomas, el siguiente paso fue ubicar camas biológicas por fuera de los invernaderos, una correspondiente a cada toma que se colocaría, esto para poder hacer limpieza de tuberías para cambios de producto y así aplicar los que son buenas prácticas agrícolas y requisitos de certificaciones en un solo paso, ya ubicado todo lo necesario en cuestiones de manipulación se procedió a realizar el plano con las líneas de conducción, tomas y camas biológicas.

Por cada cama biológica existe una válvula de apertura de la tubería para poder proceder a lavar y evitar todo residuo no deseado, en la estación central se contara con lo que son 3 depósitos de agua de 265 galones y con una válvula para apertura y cierre de manera individual, uno para insecticidas, otro para productos orgánicos y el tercero será para fungicidas y se les dará el uso que sea necesario según las necesidades en un futuro, también se cuenta con una bomba de 5HP para lograr requerir la presión deseada en cada conexión, conexiones son 3 por cada invernadero. Por lo que se necesitara en materiales:

#### **Cuadro 54. Listado de materiales para estación central de fumigación**

<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>
180	tubos de pvc para 200 psi de 1.5 pulgadas
6	válvulas de 2 pulgadas
3	depósitos de agua de 265 Galones
1	bomba de 5 HP
12	conectores rápidos
50	codos de pvc 1.5 pulgadas



Fuente: elaboración propia.

Figura 43. Diseño de estación central de fumigaciones.



Los materiales no se cotizaron debido a que el proyecto estaba planificado para realizarse para finales del 2017, y únicamente se presentó al representante de cada certificadora para su aprobación.

#### **3.4.4 Conclusión**

- Se realizó un modelo base de estación central de fumigaciones, el cual conjuntamente con el personal de aplicaciones y encargados de la empresa se revisó y corrigieron algunos aspectos necesarios para poder ser presentado ante el personal de diferentes certificadoras con la que trabaja la empresa. El diseño fue aprobado por los gerentes de la empresa y posteriormente aprobado por certificaciones como Primus, Pippa, entre otras con las cuales se trabaja y quedo pendiente de ejecución a cuando existiera la posibilidad económica para hacerlo funcionar.