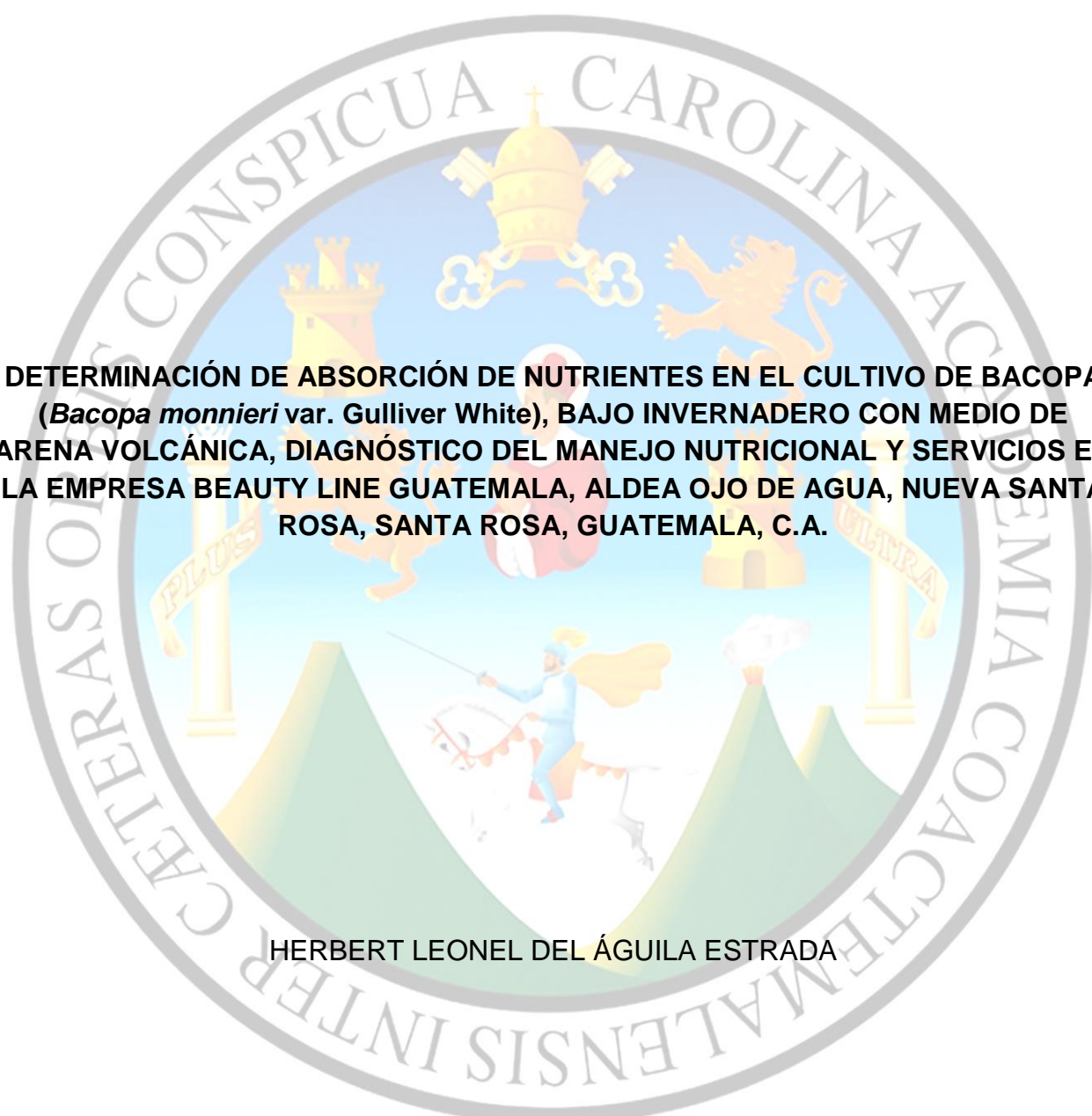


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a knight on a white horse, holding a lance and a shield, standing between two green mountains. Above the knight is a golden crown with a cross on top. The background is light blue. The seal is surrounded by a grey border containing the Latin text "CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CÆTERAS OMNIBUS CONSPICUA".

**DETERMINACIÓN DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE BACOPA
(*Bacopa monnieri* var. Gulliver White), BAJO INVERNADERO CON MEDIO DE
ARENA VOLCÁNICA, DIAGNÓSTICO DEL MANEJO NUTRICIONAL Y SERVICIOS EN
LA EMPRESA BEAUTY LINE GUATEMALA, ALDEA OJO DE AGUA, NUEVA SANTA
ROSA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.**

HERBERT LEONEL DEL ÁGUILA ESTRADA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

AREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**DETERMINACIÓN DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE BACOPA
(*Bacopa monnieri* var. Gulliver White), BAJO INVERNADERO CON MEDIO DE
ARENA VOLCÁNICA, DIAGNÓSTICO DEL MANEJO NUTRICIONAL Y SERVICIOS EN
LA EMPRESA BEAUTY LINE GUATEMALA, ALDEA OJO DE AGUA, NUEVA SANTA
ROSA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.**

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
POR

HERBERT LEONEL DEL ÁGUILA ESTRADA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO
DE LICENCIADO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL SEGUNDO	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL TERCERO	Ing. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL CUARTO	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL QUINTO	P. Agr. Marvin Manolo Sicajau Pec
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2019

Guatemala, septiembre de 2019

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: **DETERMINACIÓN DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE BACOPA (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White), BAJO INVERNADERO CON MEDIO DE ARENA VOLCÁNICA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN LA EMPRESA BEAUTY LINE GUATEMALA, ALDEA OJO DE AGUA, NUEVA SANTA ROSA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, suscribo la presente,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Herbert Leonel del Águila Estrada

ACTO QUE DEDICO

A:

- Dios:** Por guiarme durante mi etapa de estudiante y darme sabiduría, permitiendo alcanzar esta meta en mi vida. Gracias por estar siempre conmigo.
- Mis padres:** José Leonel del Águila Yumán, por el apoyo económico, moral y ayudarme cuando lo he necesitado. Por enseñarme que no hay logro sin sacrificio, haciéndome una persona de bien.
- María Lidia Estrada Nájera, gracias por siempre creer en mí. Por tu apoyo incondicional, consejos, compañía y paciencia para ver reflejado hoy en esta meta de mi vida todo tu esfuerzo.
- Mis familiares:** Mis primos y tíos por alentarme y colaborar de una u otra manera con mi persona.
- Mis amigos:** Jeffrey Cabrera, Fredy de León, Jaime Dubón, Jonathan Gómez, Mario Arévalo, Luis Barneond, Álvaro Alarcón, Jorge Castellanos, Yanitza Matta, Axel Juárez, Julio Rivera, Yameli Chanchavac, Bryan López, Alejandro Aguilar, Octavio Martínez, Regina Chacón, Rubén García, Clara Arenas, Alejandro Quevedo, Mario Pozuelos, Karen Pivaral, Sindi Pérez y Fernanda Rosales.

AGRADECIMIENTOS

A:

- Mi patria:** Guatemala, país de la eterna primavera.
- Facultad de Agronomía:** Por los conocimientos adquiridos en mi formación como Ingeniero Agrónomo.
- Mi alma mater:** Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Mi supervisor:** Ing. Agr. Pedro Peláez, por su apoyo incondicional durante el EPS e incentivarme a cumplir esta meta.
- Mi asesor:** Ing. Marvin Salguero, por su tiempo en la asesoría de este documento.
- Mi evaluador:** Dr. Anibal Sacbajá, por su valiosa colaboración y sus conocimientos aportados a esta investigación.
- Beauty Line Guatemala:** Por darme la oportunidad de realizar mi EPS en sus instalaciones.

INDICE DE CONTENIDO

PÁGINA

1. CAPITULO I. DIAGNÓSTICO DEL MANEJO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE BACOPA (<i>Bacopa monnieri</i>) EN LA EMPRESA BEAUTY LINE GUATEMALA EN EL MUNICIPIO DE NUEVA SANTA ROSA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA, GUATEMALA.....	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	2
1.2 MARCO REFERENCIAL.....	3
1.2.1 Ubicación.....	3
1.2.2 Colindancias.....	4
1.2.3 Topografía.....	4
1.2.4 Hidrografía.....	4
1.2.5 Cuencas de Santa Rosa.....	5
1.2.6 Fuente de agua.....	5
1.2.7 Sustrato.....	5
1.2.8 Vías de acceso.....	5
1.2.9 Condiciones climáticas.....	6
1.2.10 Zonas de vida y clima.....	6
1.2.11 Departamento de nutrición vegetal.....	7
1.2.12 Departamento de sprayers.....	7
1.3 OBJETIVOS.....	8
1.3.1 Objetivo general.....	8
1.3.2 Objetivos específicos.....	8
1.4 METODOLOGÍA.....	9
1.4.1 Fase de campo.....	9
1.4.2 Fase de gabinete.....	9
1.4.3 Análisis de la información.....	9
1.4.4 Recursos.....	10
1.5 RESULTADOS.....	11
1.5.1 Manejo nutricional.....	11

	PÁGINA
1.5.2 Fase de crecimiento	12
1.5.3 ANÁLISIS FODA	16
1.6 CONCLUSIONES	19
1.7 RECOMENDACIONES	20
1.8 BIBLIOGRAFÍA	20
2. CAPITULO II. DETERMINACIÓN DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE BACOPA (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White), BAJO INVERNADERO CON MEDIO DE ARENA VOLCÁNICA, EN LA EMPRESA BEAUTY LINE GUATEMALA, ALDEA OJO DE AGUA, NUEVA SANTA ROSA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.....	21
2.1 PRESENTACIÓN	22
2.2 MARCO TEÓRICO	23
2.2.1 Marco conceptual	23
2.2.2 Nutrición mineral.....	24
2.2.3 Curvas de crecimiento	33
2.2.4 Concentración de nutrientes.....	34
2.2.5 Curvas de absorción de nutrientes	35
2.2.6 Extracción de nutrientes	35
2.2.7 Antecedentes de curvas de absorción de nutrientes	35
2.2.8 Marco referencial	37
2.3 OBJETIVOS	39
2.3.1 Objetivo general	39
2.3.2 Objetivos específicos.....	39
2.4 METODOLOGÍA	40
2.4.1 Variedad Utilizada	40
2.4.2 Parcela de estudio	40
2.4.3 Distanciamiento entre plantas	40
2.4.4 Técnica de muestreo	41
2.4.5 Muestreo de material vegetal	41
2.4.6 Método de extracción de nutrientes realizado en el laboratorio.....	42
2.4.7 Variables evaluadas	42
2.4.8 Análisis de la información	43

	PÁGINA
2.4.9	Análisis de tejido vegetal 44
2.4.10	Preparación del invernadero previo al establecimiento del cultivo 44
2.4.11	Manejo del estudio..... 47
2.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 56
2.5.1	Materia seca 56
2.5.2	Concentración de nutrientes en las plantas 58
2.5.3	Absorción de nutrientes 59
2.5.4	Extracción de nutrientes por esquejes 69
2.5.5	Eficiencia del programa de fertirriego 72
2.5.6	Eficiencia agronómica de la absorción de nutrientes..... 74
2.6	CONCLUSIONES..... 76
2.7	RECOMENDACIONES 77
2.8	BIBLIOGRAFÍA 78
2.9	ANEXOS 82
2.9.1	Curvas de concentración de nutrientes, elaboradas durante la investigación 82
3.	CAPÍTULO III. INFORME DE SERVICIOS 87
3.1	SERVICIO I. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE NUEVOS PRODUCTOS AGROQUÍMICOS POR MEDIO DEL PROTOCOLO DE BEAUTY LINE GUATEMALA PARA LA APROBACIÓN DE USO EN CAMPO..... 87
3.1.1	Presentación..... 88
3.1.2	Objetivos..... 88
3.1.3	Metodología 89
3.1.4	Resultados..... 92
3.1.5	Conclusiones 94
3.1.6	Recomendaciones 94
3.1.7	Bibliografía..... 94
3.2	SERVICIO II. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIPPING EN SIMULACIÓN DE ENVÍO EN VARIEDADES DEL CULTIVO NEW GUINEA IMPATIENS (<i>Impatiens hawkeri</i>)95
3.2.1	Presentación..... 96
3.2.2	Objetivos..... 96
3.2.3	Metodología 96

	PÁGINA
3.2.4 Resultados.....	99
3.2.5 Conclusiones	101
3.2.6 Recomendaciones	101
3.3 SERVICIO III. DETERMINACION DE LA DOSIS Y EVALUACION DEL USO DE AZUFRE COMO ACARICIDA PREVENTIVO	102
3.3.1 Presentación.....	103
3.3.2 Objetivos.....	103
3.3.3 Metodología	103
3.3.4 Resultados.....	105
3.3.5 Conclusiones	107
3.3.6 Recomendaciones	107
3.3.7 Anexos.....	107

INDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Mapa satelital de la ubicación de la empresa Beauty Line Guatemala	3
Figura 2. Fotografía de las colindancias de la empresa Beauty Line Guatemala.....	4
Figura 3. Mapa de ruta principal hacia finca Beauty Line Guatemala.	6
Figura 4. Fotografía de la distribución de los micro aspersores sobre las bandejas con esquejes de bacopa.	13
Figura 5. Fotografía de la aplicación de agua en bolsas con bacopa por medio de una foga	14
Figura 6. Fotografía de la posición del espagueti de fertirriego en una bolsa de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i>).	15
Figura 7. Fotografía de una cama de bacopa con mantenimiento en el lado derecho y sin mantenimiento en el lado izquierdo.	16
Figura 8. Esquema de la priorización de problemas nutricionales en el cultivo de bacopa.	18

	PÁGINA
Figura 9. Curva de crecimiento de una planta anual.	34
Figura 10. Ubicación del invernadero 6 dentro de la finca Beauty Line Guatemala, año 2018.	37
Figura 11. Ubicación del estudio de absorción de nutrientes dentro del invernadero 6 localizado en la casa 5, cama 30.....	38
Figura 12. Esquema del área de la parcela de estudio dentro de la cama 30 en el invernadero 6.....	40
Figura 13. Esquema de la distribución del distanciamiento de las bolsas de bacopa en la cama 30 del invernadero 6.	41
Figura 14. Fotografía de la aplicación de cloro para la desinfección de las camas.	44
Figura 15. Fotografía del llenado de bolsa con sustrato en el pasillo exterior del área de invernaderos.....	45
Figura 16. Fotografía de la colocación de las bolsas con sustrato en las camas del invernadero.	46
Figura 17. Fotografía de la aplicación del producto Chemprocide (cloruro de didecyl dimetil) para la desinfección de camas a una concentración de 3 cm ³ /L.	46
Figura 18. Fotografía de esquejes de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i>) en área de propagación utilizando Peat moss, arena y duroport como sustrato.....	47
Figura 19. Esquema del área cubierta por la válvula de riego 3 en el invernadero 6.	49
Figura 20. Gráfica del comportamiento de la temperatura dentro del invernadero 6 durante los meses de la investigación.	52
Figura 21. Gráfica de la tendencia de la humedad relativa del invernadero 6 durante los meses de la investigación.	52
Figura 22. Fotografía de la aplicación de agroquímicos por medio de lanceta en una cama del invernadero.....	53
Figura 23. Esquema de la fila utilizada para la evaluación de la eficiencia del programa alto de fertirriego.....	55
Figura 24. Curvas de acumulación de materia seca en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).....	57
Figura 25. Gráfico comparativo de materia seca acumulada en el cultivo de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White) por sub fase fenológica.	58
Figura 26. Curva de absorción de Nitrógeno en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).....	60
Figura 27. Curva de absorción de Fósforo en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).....	61
Figura 28. Curva de absorción de Potasio en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).....	62
Figura 29. Curva de absorción de Calcio en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).....	62

	PÁGINA
Figura 30. Curva de absorción de Magnesio en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).....	63
Figura 31. Curva de absorción de Azufre en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	64
Figura 32. Curva de absorción de Sodio en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	64
Figura 33. Curva de absorción de Hierro en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	65
Figura 34. Curva de absorción de Manganeso en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	66
Figura 35. Curva de absorción de Boro en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	67
Figura 36. Curva de absorción de Cobre en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	67
Figura 37. Curva de absorción de Zinc en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	68
Figura 38. Curva de absorción de Molibdeno en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	69
Figura 39. Curvas de extracción de macronutrientes primarios en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	71
Figura 40. Curvas de extracción de macronutrientes secundarios en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	71
Figura 41. Curvas de extracción de micronutrientes Fe, Mn, B en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	72
Figura 42. Curvas de extracción de micronutrientes Cu, Zn, Mo en bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	72
Figura 43. Comparación productiva de esquejes utilizando la frecuencia normal del programa de fertirriego versus el 50 % menos de lo normal.	73
Figura 44A. Curva de concentración de N en el cultivo de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	82
Figura 45A. Curva de concentración de P en el cultivo de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	82
Figura 46A. Curva de concentración de K en el cultivo de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	82
Figura 47A. Curva de concentración de Ca en el cultivo de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	83
Figura 48A. Curva de concentración de Mg en el cultivo de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	83
Figura 49A. Curva de concentración de S en el cultivo de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	83

PÁGINA

Figura 50A. Curva de concentración de Na en el cultivo de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).....	84
Figura 51A. Curva de concentración de Fe en el cultivo de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).....	84
Figura 52A. Curva de concentración de Mn en el cultivo de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).....	84
Figura 53A. Curva de concentración de B en el cultivo de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).....	85
Figura 54A. Curva de concentración de Cu en el cultivo de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).....	85
Figura 55A. Curva de concentración de Zn en el cultivo de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).....	85
Figura 56A. Curva de concentración de Mo en el cultivo de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).....	86
Figura 57. Fotografía de la forma de distribución de los tratamientos por variedad para cada producto agroquímico.	89
Figura 58. Fotografía de estacas con la dosis normal, 25 % + y 300 % correspondiente a los tres tratamientos evaluados por cada producto agroquímico.	90
Figura 59. Daño foliar en lobularia (<i>Lobularia hybrida</i>) ocasionado por Kanemite al 300 %.	92
Figura 60. Daño foliar en portulaca (<i>Portulaca olearaceae</i> L.) ocasionado por Epingle al 300 %.	92
Figura 61. Fotografía de defoliación en portulaca (<i>Portulaca olearaceae</i> L.) por Acariout en dosis normal.	93
Figura 62. Distribución de una bolsa de exportación conteniendo 105 esquejes.	97
Figura 63. Proceso de inmersión de esquejes en la mezcla de acaricidas para el dipping.	98
Figura 64. Fotografía del cuarto frío donde se ingresaron los esquejes después del dipping con rango de temperatura de 9 °C - 10 °C.	99
Figura 65. Fotografía del establecimiento de esquejes en bandeja de propagación posterior a la simulación de envío.	100
Figura 66. Fotografía de esquejes de la variedad Strike Orchid trascurrida una semana en área de propagador sin ningún daño.	100
Figura 67. Fotografía de esquejes de la variedad Radiance Scarlet trascurrida una semana en área de propagador sin ningún daño.	100
Figura 68. Fotografía de esquejes de la variedad S.P.Com White Imp. trascurrida una semana en área de propagador sin ningún daño.	101
Figura 69. Fotografía de la distribución de las variedades de New Guinea Impatiens (<i>Impatiens hawkeri</i>) utilizadas para la prueba en una de las camas del invernadero 8.....	104

	PÁGINA
Figura 70. Descripción de las cinco dosis de azufre en gramos (g) utilizadas para la prueba.	105
Figura 71. Revisión de una bolsa de New Guinea Impatiens (<i>Impatiens hawkeri</i>) con una de las dosis de azufre en busca de alteraciones morfológicas o daños por intoxicación.....	106
Figura 72. Bolsas del cultivo New Guinea Impatiens (<i>Impatiens hawkeri</i>) observadas después de la aplicación de azufre sin presentar incidencia de daños por ácaros.....	106
Figura 73A. Aplicación de azufre en variedades de New Guinea Impatiens (<i>Impatiens hawkeri</i>) en el invernadero 12.	107
Figura 74A. Bolsas de New Guinea Impatiens (<i>Impatiens hawkeri</i>) con azufre en el invernadero 12.	108

INDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Cuencas del departamento de Santa Rosa, Guatemala.....	5
Cuadro 2. Composición de fertilizantes por tanque utilizados para el programa alto.	11
Cuadro 3. Cuadro del contenido por elemento del programa alto de fertirriego.	12
Cuadro 4. Distribución de las frecuencias de fertirriego para el cultivo de bacopa en sus sub fases de desarrollo.	12
Cuadro 5. Análisis FODA de las condiciones nutricionales del cultivo de bacopa en la empresa Beauty Line Guatemala.	16
Cuadro 6. Sub fases fenológicas para uso comercial del cultivo de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White).	24
Cuadro 7. Métodos de cuantificación utilizados para cada elemento.....	42
Cuadro 8. Valores en ppm de los elementos presentes en el agua del reservorio de la empresa Beauty Line Guatemala	49
Cuadro 9. Valores en ppm de los elementos presentes en el sustrato reciclado utilizado por la empresa Beauty Line Guatemala	50
Cuadro 10. Descripción de las cantidades de fertilizante en kg contenido en cada uno de los tanques de mezcla.....	51
Cuadro 11. Contenido en partes por millón (ppm) del programa alto de fertirriego.....	51
Cuadro 12. Frecuencia del programa alto de fertirriego y frecuencia de evaluación de eficiencia	54
Cuadro 13. Acumulación de materia expresada en gramos y porcentajes de materia seca de planta completa por sub fase fenológica	56
Cuadro 14. Descripción de la concentración de nutrientes en el cultivo de bacopa para sus sub fases fenológicas	58
Cuadro 15. Descripción de la absorción de nutrientes del cultivo de bacopa en sus sub fases fenológicas.....	59
Cuadro 16. Descripción de la extracción de nutrientes del cultivo de bacopa en sus sub fases fenológicas.....	70
Cuadro 17. Comparación nutritiva comparando la frecuencia normal de fertirriego versus el 50 % menos.....	74
Cuadro 18. Eficiencia agronómica de la absorción de macronutrientes y micronutrientes (g/bolsa) en el cultivo de bacopa (<i>Bacopa monnieri</i> var. Gulliver White)	75
Cuadro 19. Clasificación de los productos agroquímicos utilizados en la evaluación.	91
Cuadro 20. Efectos provocados por los agroquímicos evaluados en los cultivos.	92
Cuadro 21. Clasificación por ingrediente activo de los acaricidas utilizados para el dipping.....	97

RESUMEN

El presente documento contiene el informe del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) realizado en la empresa Beauty Line Guatemala durante el período de febrero a noviembre de 2018. Esta empresa se dedica a la producción y exportación de esquejes en plantas ornamentales. Como parte del desarrollo de EPS se realizaron actividades de diagnóstico, investigación y servicios profesionales. En el contenido se incluyen los resultados obtenidos para cada uno de los capítulos elaborados.

En el capítulo I se presenta el diagnóstico realizado en el área de nutrición vegetal con el que se logró identificar los procesos que se llevaban a cabo para la fertilización del cultivo evaluado. Con la observación y la inmersión en estos procesos se pudieron segmentar las condiciones positivas y negativas que se llevaban a cabo mediante la elaboración de un análisis FODA seguido de una priorización de problemas, con el que se presentan las acciones más importantes a resolver. Dentro de los problemas con mayor importancia en esta área era el desconocimiento de los requerimientos nutricionales del cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri*) para las condiciones en Guatemala y la falta de una evaluación en el programa de fertirriego para validar si estaba cumpliendo los requerimientos nutricionales del cultivo. Por medio del diagnóstico se derivó la investigación con la finalidad de resolver la problemática en el área.

El capítulo II corresponde a la investigación que se llevó a cabo en Nueva Santa Rosa, Santa Rosa y consistió en evaluar por medio de curvas de absorción de nutrientes el programa de fertirriego utilizado en el cultivo de bacopa. Para esto fue necesario realizar muestreos de planta completa cada 15 días durante la fase fenológica de crecimiento del cultivo ya que por cuestión de manejo de podas y formación no se permite la floración y por ende la madurez de las plantas. Los resultados muestran que el programa de fertirriego está cubriendo los requerimientos nutricionales del cultivo ya que no se presentan síntomas de deficiencias en ningún momento. Sin embargo, con esto surgen otros factores a tomar en cuenta para optimizar el programa de fertirriego siendo uno de estos la eficiencia.

El capítulo III presenta los servicios realizados que consistieron en 1) Evaluación del efecto de agroquímicos no utilizados anteriormente por medio del protocolo de Beauty Line Guatemala para la aprobación de uso en campo. 2) Evaluación del efecto de dipping en simulación de envío en variedades del cultivo new guinea impatiens (*Impatiens hawkeri*) y 3) Determinación de la dosis y evaluación del uso de azufre como acaricida preventivo.



1. CAPITULO I. DIAGNÓSTICO DEL MANEJO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE BACOPA (*Bacopa monnieri*) EN LA EMPRESA BEAUTY LINE GUATEMALA EN EL MUNICIPIO DE NUEVA SANTA ROSA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA, GUATEMALA.

1.1 PRESENTACIÓN

Beauty Line Guatemala es una empresa ubicada en el municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, que inició sus operaciones en el año 2013 y se dedica a la exportación de esquejes de plantas ornamentales a Estados Unidos como principal mercado y a otros países del mundo. Actualmente la empresa cuenta con una gran variedad de cultivos en trece invernaderos dedicados a la producción, siendo la bacopa (*Bacopa monnieri*) uno de los de mayor importancia por la magnitud de producción. La empresa cuenta con una planta en la cual se recibe el producto, se clasifica, y finalmente se empaca para ser luego exportado al mercado deseado.

Los mercados hacia donde se exporta la bacopa (*Bacopa monnieri*) son muy exigentes en cuanto a la calidad del producto ya que los esquejes deben tener el tamaño ideal, uniformidad por bolsa, buena consistencia, ausencia de signos de deficiencias nutricionales, no presentar daños mecánicos (daños por manipulación), daños por plagas o por hongos; por lo que es importante mantener un control del producto cosechado antes de ser empacado y evitar que esquejes dañados sean enviados, ocasionando reclamos por parte de los clientes hacia la empresa.

La nutrición de la bacopa es esencial para un buen desarrollo a lo largo de su ciclo productivo por lo que estimando la absorción de la planta a través de análisis foliares se puede establecer en qué sub fase el cultivo necesita más cantidad de ciertos elementos y menos cantidad de otros. Lograr una eficiencia en la aplicación de los nutrientes equivale a obtener mayores rendimientos en la producción de esquejes, una mayor resistencia a plagas y enfermedades y más resistente al manejo post cosecha.

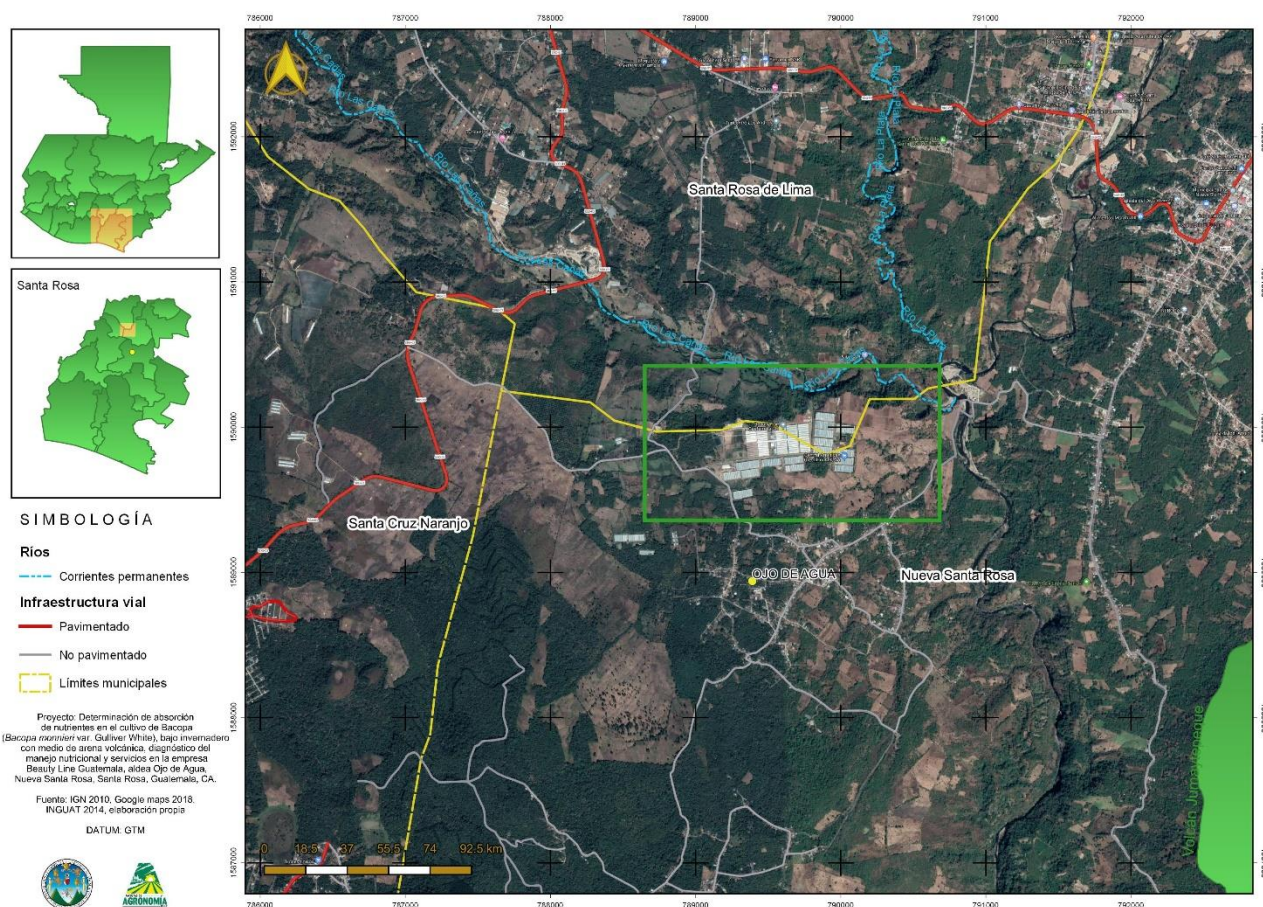
El presente diagnóstico tiene como objetivo conocer el estado nutricional de la planta de bacopa (*Bacopa monnieri*) en su fase de desarrollo utilizando el programa alto de fertirriego. Este programa es utilizado en la empresa únicamente para la bacopa y se pretende evaluarlo para así mejorar el manejo actual y proponer alternativas que aumenten la eficiencia de absorción de los nutrientes.

Debido a que lo encontrado durante las primeras observaciones a este programa de fertirriego fueron la falta de variación en la dosis de la solución nutritiva aplicada a lo largo del ciclo del cultivo, así como una baja retención del fertirriego por parte del sustrato en el que se encuentran las plantas provocado por la alta lixiviación presente y la falta de un estudio que validara el programa alto de fertirriego como totalmente adecuado para la bacopa, suministrando las cantidades necesarias de los nutrientes a las plantas según los requerimientos exigidos por el cultivo.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Ubicación

La empresa Beauty Line Guatemala está ubicada en la aldea Ojo de Agua a una distancia de 67 km de la ciudad capital. La aldea pertenece al municipio de Nueva Santa Rosa en la región nor-oriental del departamento de Santa Rosa (figura 1). Se encuentra a una altitud de 1,070 m s.n.m., a una latitud de 14°21'18" y una longitud de 90°18'58" (Escalante 2007).



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 1. Mapa satelital de la ubicación de la empresa Beauty Line Guatemala

1.2.2 Colindancias

La empresa Beauty Line Guatemala está rodeada de distintos ambientes y a continuación se describe como se encuentra distribuida la colindancia de la finca (figura 2).

Norte: Finca ganadera
Sur: Central American GreenHouses, S.A.
Este: Central American GreenHouses, S.A.
Oeste: Terrenos de uso agrícola



Fuente: Fotografía satelital obtenida de Google Maps 2019.

Figura 2. Fotografía de las colindancias de la empresa Beauty Line Guatemala

1.2.3 Topografía

La mayoría de su territorio es irregular ya que posee considerables alturas y pendientes. La aldea se sitúa en las faldas del volcán Jumaytepeque. La población se encuentra asentada en las planicies.

1.2.4 Hidrografía

Guatemala está formada por 3 grandes vertientes, las cuales son Vertiente del Pacífico, Vertiente del Golfo de México y Vertiente del Atlántico. El departamento de Santa Rosa se encuentra dentro de la Vertiente del Pacífico que es la que tiene mayor cantidad de ríos, para ser exactos 18 de los 38 existentes dentro del territorio nacional, los ríos que se encuentran ubicados dentro de la Vertiente del Pacífico tienen como características ser ríos cortos y de curso rápido.

El departamento de Santa Rosa es cruzado por varios ríos, siendo los principales el Río Los Esclavos, Río María Linda, Río Paz, Río Hondo, Río Ostua-Güija (cuadro 1).

1.2.5 Cuencas de Santa Rosa

Cuadro 1. Cuencas del departamento de Santa Rosa, Guatemala.

Vertiente	Cuenca		Area			Disponibilidad total 2006* (Millones de metros cúbicos)		Caudal en mts cúbicos/seg.
			km2	% Cuenca	% Nacional			
Pacífico	1.15	Río Los Esclavos	2,271	9%	2.10%	2,103	9%	66.69
	1.13	Río María Linda	2,572	11%	2.40%	2,205	9%	69.92
	1.16	Río Paz	1,732	7%	1.60%	954	4%	30.57
	1.14	Río Paso Hondo	721	3%	0.70%	453	2%	14.68
	1.17	Río Ostua-Güija	2,243	9%	2.10%	1,018	4%	32.28

Fuente: Beauty Line Guatemala, 2015

1.2.6 Fuente de agua

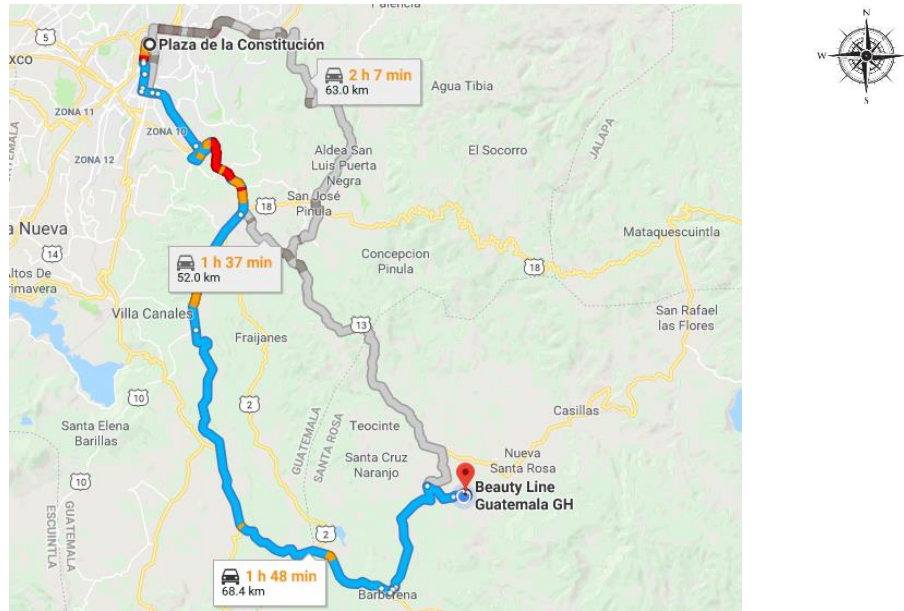
La empresa Beauty Line Guatemala se abastece de un pozo perforado y su almacenamiento es en un reservorio que tiene capacidad de 4,500 m³ de agua. La distribución de agua es por medio de una tubería de 6" desde el pozo hacia el reservorio, desde el reservorio se traslada hacia el tanque C, luego de ser llenado pasa al tanque B, luego del tanque B pasa al tanque A, y por medio de las bombas de irrigación abastece a los invernaderos y resto del proyecto.

1.2.7 Sustrato

Se utilizan dos clases de sustrato para los procesos de producción de las plantas de bacopa en la empresa Beauty Line Guatemala. El primer proceso es el de propagación, el cual consiste en cosechar esquejes de una planta madre y utilizar estos como semilla. Los esquejes se mantienen por dos semanas sobre bandejas en el área de propagador donde el sustrato es una mezcla de peat moss, arena y duroport a una relación 2:1:1. El segundo proceso es el trasplante a las bolsas definitivas que ocurre cumplidas las dos semanas en área de propagador y donde el sustrato es solamente arena volcánica.

1.2.8 Vías de acceso

La principal vía de acceso hacia la empresa Beauty Line Guatemala es por medio de la ruta CA-1 que conduce de la Ciudad de Guatemala hacia Barberena, Santa Rosa, luego se dirige hacia la carretera que conduce hacia la aldea Amberes, Santa Rosa de Lima y a inmediaciones del kilómetro 64 se cruza a mano derecha en busca de la aldea Ojo de Agua (figura 3).



Fuente: Beauty Line Guatemala, 2015

Figura 3. Mapa de ruta principal hacia finca Beauty Line Guatemala.

1.2.9 Condiciones climáticas

El período en que las lluvias se precipitan con mayor frecuencia corresponde a los meses de mayo a noviembre, variado en intensidad según la situación orográfica que ocupan las áreas de la zona. La precipitación media anual para la Aldea Ojo de Agua del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa alcanza los 1,400 mm. La biotemperatura media anual para esta zona, varía entre 20 °C y 26 °C. (Beauty Line Guatemala, 2015).

1.2.10 Zonas de vida y clima

La empresa se encuentra dentro de la zona de vida denominada bosque húmedo subtropical (templado). Dentro de la vegetación natural que representa a la zona de vida, se encuentra el pino colorado (*Pinus oocarpa*), hoja de lija (*Curatella americana*), encino (*Quercus spp*), nance (*Bysorrhma crassifolia*), que son las más indicadoras de esta zona. Los terrenos correspondientes a esta zona son de relieve ondulado a accidentado y escarpado.

Esta zona de vida tiene una extensión de 12,300 km² en todo el país. Se caracteriza por presentar lluvias frecuentes entre los meses de mayo y noviembre, variando de intensidad según situación orográfica que ocupa las áreas de la zona (Beauty Line Guatemala, 2015).

El uso apropiado para la mayoría de terrenos que se encuentran en la zona de vida bosque húmedo subtropical es netamente de manejo forestal. La especie que predomina es pino colorado (*Pinus oocarpa*) y donde los suelos son muy pobres, encino (*Quercus spp*), por lo que estos suelos deben ser cuidadosamente manejados, en donde la topografía es escarpada el uso tendrá que ser de protección propiamente.

1.2.11 Departamento de nutrición vegetal

El departamento de nutrición vegetal está encargado del fertirriego de las plantas y la fertilización, esto ocurre a través de un sistema de fertirriego siendo por goteo por lo que todo se realiza a través de los espaguetis situados en cada una de las bolsas. Existen cuatro programas de fertilización utilizados dentro de la empresa, pero el utilizado para el cultivo de bacopa es el programa alto. El programa alto se utiliza para la bacopa por considerarse el que mejor se acopla a las necesidades nutricionales de la planta, sin embargo, no se cuenta con certeza de que este programa sea completamente eficiente y existe la necesidad de realizar pruebas que lo validen. Todos los fertirriegos de la empresa son controlados por un sistema denominado (Gavish) por el cual se definen las frecuencias de los fertirriegos, la duración del fertirriego, la hora a la que se realizará el fertirriego y las ubicaciones a las que se les aplicará fertirriego en cada invernadero y que además se encarga de forma automática de abrir y cerrar las cortinas del invernadero, así como la sombra.

1.2.12 Departamento de sprayers

Este departamento se encarga de todas las aplicaciones de agroquímicos que se realizan a las plantas de bacopa para el control de plagas y enfermedades. Cada invernadero tiene un sprayer (aplicador) que es el encargado de realizar los saneamientos.

La información fue recolectada por medio de entrevistas con la participación del personal de campo y técnico de la empresa.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Conocer la situación actual del manejo nutricional en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri*) dentro de la empresa Beauty Line Guatemala, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Identificar la problemática actual de la empresa respecto al manejo nutricional del cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri*).
2. Presentar una propuesta de solución a la problemática nutricional del programa alto de fertirriego en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri*).

1.4 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la elaboración del diagnóstico fue dividida en dos fases, la fase de campo y la fase de gabinete.

1.4.1 Fase de campo

La fase de campo consistió en el reconocimiento y la observación del área de nutrición vegetal en los cultivos de mayor demanda para la empresa Beauty Line Guatemala siendo uno de estos la bacopa (*Bacopa monnieri*).

Se obtuvo información a través de los recorridos dados a lo largo de los invernaderos donde por medio de fuentes primarias y secundarias se logró conocer la situación actual, se observó el método de fertirriego además de las condiciones del cultivo y sus formas de manejo.

La técnica utilizada para obtener información fue a través de entrevistas hacia personal de la empresa que está relacionada directamente con la planta de bacopa (*Bacopa monnieri*) siendo supervisores de los invernaderos, aplicadores de agroquímicos y personal del área de riego y nutrición vegetal.

1.4.2 Fase de gabinete

Como fase de gabinete se determinaron las principales problemáticas de la empresa por medio de un análisis de la información obtenida a través de las entrevistas y todo lo observado en la fase de campo.

1.4.3 Análisis de la información

La información para la elaboración del diagnóstico se llevó a cabo a través de entrevistas realizadas a personal de la empresa Beauty Line Guatemala donde se obtuvo información primaria y consultando información secundaria con la que se elaboró un FODA el cual fue analizado y así posteriormente realizar una priorización de problemas.

1.4.4 Recursos

- Libreta de campo
- Computadora
- Cámara fotográfica
- Formulación de entrevistas
- Personal de las áreas de fertirriego, sprayers y supervisoras de invernaderos.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Manejo nutricional

En la empresa Beauty Line Guatemala se producen diferentes variedades de bacopa a las cuales se les aplica el mismo programa de fertirriego. El manejo del cultivo es el mismo para todas las variedades en cuanto a la cantidad de agua suministrada en la sub fase de propagación por micro aspersion, así como el tiempo que se espera para aplicar el primer fertirriego después de plantado el esqueje en la bolsa definitiva. El programa de fertirriego utilizado es llamado (programa alto) que es el que mejor se acopla a las necesidades nutrimentales de la planta, aunque no se tiene una referencia bibliográfica o antecedentes que respalden tal programa (cuadro 2).

Cuadro 2. Composición de fertilizantes por tanque utilizados para el programa alto.

No. de Tanque	Fertilizante	Composición del Fertilizante			
Tanque 1	Sulfato de amonio	21.0%	<i>N</i>	24.0%	<i>S</i>
	Sulfato de potasio	42.0%	<i>K</i>	18.0%	<i>S</i>
Tanque 2	Nitrato de Potasio	13.0%	<i>N</i>	38.2%	<i>K</i>
	Nitrato de Calcio	17.0%	<i>N</i>	33.0%	<i>Ca</i>
	Nitrato de Magnesio	11.0%	<i>N</i>	9.3%	<i>Mg</i>
Tanque 3	Sulfato de cobre	26.0%	<i>Cu</i>	13.0%	<i>S</i>
	Fe EDDHA 6%	6.0%	<i>Fe</i>		
	Molibdato de sodio	39.7%	<i>Mo</i>	18.9%	<i>Na</i>
	Solubor	20.5%	<i>B</i>	10.8%	<i>Na</i>
	Sulfato de Manganeso	31.0%	<i>Mn</i>	18.0%	<i>S</i>
	Sulfato de Zinc	23.0%	<i>Zn</i>	11.0%	<i>S</i>
Tanque 4	Fosfato de Monopotasio	52.0%	<i>P</i>	34.0%	<i>K</i>

Fuente: Beauty Line Guatemala, 2018.

Según el criterio empleado por Beauty Line Guatemala, el programa alto de fertirriego contiene las cantidades de fertilizantes necesarias para nutrir a las plantas de acuerdo a sus requerimientos (cuadro 3).

Cuadro 3. Cuadro del contenido por elemento del programa alto de fertirriego.

Programa alto	
Elemento	ppm (mg/L)
N	259.68
P	119.68
K	299.69
Ca	221.53
Mg	55.34
S	78.27
Fe	1.67
Mn	0.77
Zn	0.39
B	0.54
Cu	0.24
Mo	0.12
Na	38.89

Fuente: elaboración propia, 2018.

La fertilización del cultivo de bacopa tiene una frecuencia de fertirriego que varía en base a sus sub fases de desarrollo. En el cuadro 4 se muestra la distribución de las frecuencias.

Cuadro 4. Distribución de las frecuencias de fertirriego para el cultivo de bacopa en sus sub fases de desarrollo.

Fase de desarrollo	Frecuencia de fertirriego
Propagación	0 días
Establecimiento	3 días
Formación	2 días
Producción	1 día

Fuente: elaboración propia, 2018.

1.5.2 Fase de crecimiento

1.5.2.1 Sub fase de Propagación

Para la formación de una nueva planta se necesita recolectar material vegetal de plantas adultas que permita iniciar con la propagación. El método utilizado en la empresa para la propagación es por medio de esquejes. Los esquejes de bacopa seleccionados para este proceso son extraídos de plantas madre ubicadas en un invernadero exclusivo, que alberga a todas las variedades de bacopa y el resto de plantas ornamentales que se manejan dentro de la empresa. Al seleccionar y extraer los esquejes destinados para

propagación, estos son trasladados al área de propagador del invernadero donde serán establecidos. Ya en el área de propagador, los esquejes son colocados en bandejas plásticas con sustrato a base de Peat Moss, arena y duroport a una relación de 2:1:1. donde únicamente se les aplica agua por medio de micro aspersores durante dos semanas. Transcurridas las dos semanas en esta área, los esquejes se convierten en pilones donde ya han formado sus primeras raíces y están preparados para ser trasplantados a sus bolsas definitivas (figura 4).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 4. Fotografía de la distribución de los micro aspersores sobre las bandejas con esquejes de bacopa.

1.5.2.2 Sub fase de establecimiento

En esta sub fase se trasplantan los pilones de bacopa a las bolsas definitivas en las que estarán hasta ser plantas adultas y terminen su ciclo productivo. El sustrato utilizado en estas bolsas cambia siendo ahora únicamente arena volcánica. La densidad de establecimiento para la bacopa es de cuatro plantas por bolsa, sin embargo, durante el trasplante se colocan más de cuatro plantas por bolsa ya que el porcentaje de pegue de los pilones no es del 100 % y al momento que se considera que los pilones ya están establecidos en el nuevo sustrato se prosigue a realizar un raleo en la densidad de plantas para dejar finalmente cuatro plantas por bolsa. En las primeras dos semanas se les aplica únicamente agua con una foga (figura 5), que es un rociador manual de baja presión, el cual abarca el ancho de la cama y se utiliza para no lastimar a las plantas recién trasplantadas, esto lo realiza la persona encargada de riego dentro del invernadero. En la tercera semana son colocados los goteros (espaguetis) en las bolsas y a partir de este momento el fertirriego es aplicado utilizando el programa alto con una frecuencia de tres

días, correspondiente a esta sub fase. A partir de que el fertirriego empieza a ser aplicado ya no existe otro medio de irrigación hacia las plantas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 5. Fotografía de la aplicación de agua en bolsas con bacopa por medio de una foga

1.5.2.3 Sub fase de formación

Las plantas en la sub fase de formación están en constante crecimiento por lo que necesitan ser nutridas para la formación de los primeros esquejes de calidad. La buena calidad de los esquejes depende del manejo nutricional que se le da al cultivo, esto implica acortar la frecuencia de fertirriego y con esto aumentar la cantidad de fertilizante aplicada por lapso de tiempo. Conforme las plantas crecen estas demandan más alimento por lo que la frecuencia de fertirriego en esta sub fase cambia a dos días. El control de las frecuencias, número de turnos de fertirriego por día y cantidad de solución nutritiva aplicada es regulado de forma automática por medio de un programa de computadora el cual además de estas acciones también controla las condiciones climáticas dentro de cada uno de los invernaderos para evitar una deshidratación de las plantas (figura 6).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 6. Fotografía de la posición del espagueti de fertirriego en una bolsa de bacopa (*Bacopa monnieri*).

1.5.2.4 Sub fase de producción

En la sub fase de producción se intensifican los manejos de la planta, siendo parte de estas labores las podas y mantenimientos, cosechas de esquejes, aplicaciones de agroquímicos, entre otras. Todo esto ocurre a partir de los 60 días después de trasplante y repercute en la capacidad de la planta de regenerarse y mantener sus cualidades debiendo suministrar los nutrientes diariamente para que las plantas se mantengan alimentándose la mayor parte del tiempo posible, esto se logra estableciendo una frecuencia de fertirriego diaria (figura 7).

El estimado de solución nutritiva aplicado por día es de 0.3 L. Debido a los factores antes mencionados a los que se encuentran sometidas las plantas en esta sub fase, la frecuencia de fertirriego trata de recompensar los nutrientes que las plantas pierden ya sea en los tejidos vegetales por causa de las podas, por la cosecha semanal de esquejes o por la evapotranspiración de las plantas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 7. Fotografía de una cama de bacopa con mantenimiento en el lado derecho y sin mantenimiento en el lado izquierdo.

1.5.3 ANÁLISIS FODA

Cuadro 5. Análisis FODA de las condiciones nutricionales del cultivo de bacopa en la empresa Beauty Line Guatemala.

<p>FORTALEZAS (+)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de agua para riego durante todo el año. • Disponibilidad de mano de obra para mantenimiento del sistema de fertirriego. • Uso de sustrato de bajo costo. • Automatización del fertirriego de los invernaderos. • Diversificación de variedades del cultivo de bacopa que satisfacen las exigencias de los clientes. 	<p>OPORTUNIDADES (+)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de espacio para aumentar la producción. • Disminución de costos al reutilizar el sustrato. • Varias cosechas de esquejes durante el año. • Programación. • Regulación de las condiciones ambientales dentro del invernadero
---	--

DEBILIDADES (-)

- Inexistencia de un programa de fertirriego específico para el cultivo de bacopa en cuanto a sus requerimientos nutricionales.
- Falta de conocimientos sobre interacciones de los elementos nutricionales en el cultivo.
- Poco aprovechamiento de los fertilizantes por medio de la planta en relación de lo aplicado.
- Uso de sustrato con alto porcentaje de porosidad que no permite una alta retención de nutrientes.
- Falta de criterios con fundamentos válidos para deducir deficiencias o toxicidad de nutrientes por medio del programa alto de fertirriego.
- Fertilización del cultivo con la misma concentración de solución nutritiva en todas las sub fases fenológicas.
- Carencia de antecedentes que expresen los requerimientos nutricionales del cultivo por fase fenológica.

AMENAZAS (-)

- Aumento de precios de insumos para fertilizaciones.
- Competitividad con productos de otras empresas.
- Rechazo de esquejes de mala calidad por mala nutrición de las plantas.

1.5.3.1 Priorización de problemas



Figura 8. Esquema de la priorización de problemas nutricionales en el cultivo de bacopa.

Según Chaparro (1995), una vez precisados los problemas se identifican y relacionan sus causas y consecuencias, se ordenan de manera jerárquica y se identifica el problema central.

En base a la información obtenida por medio de la observación y entrevistas, el análisis FODA y haciendo uso del criterio personal fue posible definir la situación problemática en la que se encontró a la empresa Beauty Line Guatemala sobre el uso de su programa alto de fertirriego, específicamente en el cultivo de bacopa y sus variedades.

La problemática central gira en torno al programa de fertirriego utilizado y su manejo con respecto a la aplicación de fertilizantes hacia la bacopa, ya que, al desconocerse los requerimientos nutricionales del cultivo no se tiene un programa que esté funcionando eficientemente debido a la falta de antecedentes que validen las prácticas que se realizan en la actualidad y esto provoca que de cierta manera sea un manejo nutricional empírico. Las consecuencias de estas problemáticas repercuten en varios aspectos, dentro de los cuales se pueden mencionar: el económico, la eficiencia y la calidad del producto exportado. Por lo tanto, con lo antes discutido, se considera de gran importancia la implementación de una investigación que promueva el conocimiento de los requerimientos

nutricionales y el comportamiento de la absorción de los elementos en la bacopa para así optimizar los insumos y mejorar la calidad de los esquejes exportados, buscando de esta manera la máxima producción con la menor cantidad de recursos.

1.6 CONCLUSIONES

1. En la empresa Beauty Line Guatemala se manejan cinco programas de fertirriego de los cuales el utilizado para el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri*) es el programa alto, siendo el que según las concentraciones a las que se encuentran los elementos satisface las necesidades nutricionales del cultivo, sin embargo, este programa solo se basa en recomendaciones y experiencias anteriores pero no cuenta con un respaldo que compruebe la eficiencia de absorción por parte del cultivo de acuerdo a sus requerimientos.
2. La nutrición del cultivo de bacopa se realiza sin tener una segmentación de las sub fases fenológicas ya que durante todo el ciclo productivo se aplica el mismo programa de fertirriego con las mismas concentraciones de fertilizantes, únicamente cambiando la frecuencia de fertirriego en relación al desarrollo de la planta.
3. En la empresa Beauty Line Guatemala se producen una amplia gama de variedades de bacopa, de baja y alta tolerancia a la luz solar y de distintos colores, a las cuales se les provee el mismo manejo nutricional pero no existen documentos o antecedentes que validen esta práctica como óptima.
4. Debido a que se desconocen los requerimientos nutricionales del cultivo de bacopa para la producción en Guatemala y no se posee un programa formulado especialmente para el cultivo, es necesario implementar una investigación que recabe información sobre los requerimientos nutricionales de la bacopa en la fase fenológica de desarrollo por medio de análisis de tejido vegetal además de evaluar el comportamiento de la absorción de nutrientes utilizando el programa alto de fertirriego.

1.7 RECOMENDACIONES

1. Desarrollar una investigación que proporcione información sobre los requerimientos nutricionales de la bacopa por sub fase fenológica.
2. Evaluar por medio del programa alto de fertirriego, la absorción de nutrientes por fase fenológica que efectúa la bacopa mediante análisis de planta completa.
3. Diseñar un programa de fertirriego especialmente para la bacopa y sus requerimientos que no provoque deficiencia ni toxicidad de cualquier elemento.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Beauty Line Guatemala. 2015. Producción, importación, exportación de plantas, esquejes florales o semillas ornamentales. Guatemala.
2. _____. 2018. Plan nutricional 2018 partes por millón por elemento. Guatemala.
3. Chaparro Anaya, O. 1995. Análisis y priorización de problemas. Roma, Italia, FAO. Consultado 5 mar. 2019. Disponible en <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CO20000006968>
4. Escalante Herrera, M. 2007. Nueva Santa Rosa. Guatemala, PBase. Consultado 12 oct. 2018. Disponible en https://www.pbase.com/m_escalante_herrera/nueva_santa_rosa
5. GoogleMaps.com. 2019. Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala. Consultado 16 oct. 2018. Disponible en <https://www.google.com.gt/maps/@14.3670988,-90.3182784,1468m/data=!3m1!1e3?hl=es-419>



2. CAPITULO II. DETERMINACIÓN DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE BACOPA (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White), BAJO INVERNADERO CON MEDIO DE ARENA VOLCÁNICA, EN LA EMPRESA BEAUTY LINE GUATEMALA, ALDEA OJO DE AGUA, NUEVA SANTA ROSA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

La bacopa (*Bacopa monnieri*) es una planta ornamental con ciclo de vida anual de hojas pequeñas y simples, con una distribución por tipo de clima desde los trópicos hasta climas fríos. Siendo la bacopa uno de los cinco cultivos de mayor producción dentro de la empresa Beauty Line Guatemala, es necesario tener claro los requerimientos nutricionales que exige la planta, para su óptimo desarrollo y alcanzar máximos rendimientos en cuanto a número de esquejes. Se sabe que un esqueje con bajo nivel de fertilización será deficiente en cuanto a soportar las condiciones de post cosecha y en la formación de una nueva planta ya que la capacidad de enraizamiento será menor, o se perderá la calidad nutritiva del esqueje en un tiempo más corto, lo que tiene como consecuencia pérdidas para la empresa y realización de reposiciones del material.

Actualmente en el año 2018 se busca alcanzar la eficiencia nutricional que consiste en obtener mayores rendimientos utilizando la menor cantidad de fertilizante posible, para esto es necesario tener un manejo adecuado de la fertilización por medio de la elaboración de curvas de absorción que permitan identificar el momento en que la planta absorbe cada uno de los nutrientes en mayor cantidad.

La presente investigación tuvo como propósito dar a conocer el comportamiento de la absorción de nutrientes de la bacopa únicamente durante la fase fenológica de crecimiento por interés comercial para la empresa. Es importante mantener una nutrición balanceada a través de un programa específico que permita obtener resultados exactos y homogéneos para la elaboración de la prueba.

Cada uno de los nutrientes esenciales es requerido en diferente cantidad por la planta por lo que es necesario realizar una curva de absorción que permita revelar en que momento de la fase de crecimiento existe una mayor demanda por cada elemento; Debido a que se evaluó solamente una fase fenológica se realizó una segmentación de la misma en tres sub fases siendo: Establecimiento, Formación y producción de esquejes para poder diferenciar el momento en que cada uno de los elementos es extraído en mayor cantidad por la planta a lo largo de la duración de la investigación.

Las curvas de absorción de nutrientes representan la cantidad en que los nutrientes son absorbidos por el cultivo en el ciclo de vida o en este caso para esta investigación en una fase fenológica en específico además de conocer la distribución de los nutrientes en los tejidos de la planta. En las gráficas obtenidas se relaciona la absorción de nutrientes en función de la edad del cultivo. (Bertsch, 2005).

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco conceptual

2.2.1.1 Taxonomía

La clasificación taxonómica del cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri*) se describe de la siguiente manera (Pennell, 1946).

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Lamiales
Familia: Plantaginaceae
Género: *Bacopa*
Especie: *B. monnieri* L.

2.2.1.2 Descripción morfológica

La bacopa es una hierba suculenta, glabra, rastrera, con raíces en los nudos. La planta se reconoce fácilmente por su hábito de propagación, hojas sésiles y carnosas, y flores blancas. Las hojas son ovadas y opuestas con una superficie inferior punteada.

2.2.1.3 Fenología del cultivo

Las sub fases fenológicas del cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White) para uso comercial se describen en el cuadro 6. Son tres las sub fases fenológicas que conforman la fenología del cultivo siendo: establecimiento, formación y producción de esquejes. Debido a que el único interés comercial por parte de la empresa es la producción de esquejes, se omite la fase de floración y fructificación del cultivo ya que por las constantes podas de formación y mantenimiento no se permiten llevar a cabo.

Cuadro 6. Sub fases fenológicas para uso comercial del cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

Fase fenológica	Sub fase fenológica	Descripción	Período de desarrollo
Crecimiento	Establecimiento	Se establecen los pilones de bacopa en bolsa definitiva con sustrato de arena volcánica	0-30 días después de trasplante
	Formación	La planta está en constante crecimiento por lo que se realizan podas para mantener una buena estructura del tejido foliar	30-60 días después de trasplante
	Producción de esquejes	Se intensifican los manejos de la planta, siendo parte de estas labores las podas y mantenimientos, cosechas, aplicaciones de agroquímicos, entre otras	60-120 días después de trasplante

Fuente: elaboración propia, 2018.

2.2.1.4 Variedades comerciales

Beauty Line Guatemala se dedica a la producción del cultivo de bacopa en base a la demanda del mercado internacional. Debido a esto hay una amplia cantidad de variedades que se manejan actualmente en la empresa. Danziger (2018) describe en su catálogo de productos, las variedades de bacopa que se manejan, entre las que se mencionan por ser las más vendidas las siguientes: Compact White, DOUBLE Lavender, Snowflake, Snowball, Gulliver Basket White, Great White Improved, Gulliver Dynamic White, Gulliver Violet, Gulliver Blue, Gulliver Pink, Gulliver White, entre otras.

2.2.2 Nutrición mineral

Se le denomina nutrición mineral a la forma en como las plantas obtienen y usan los nutrientes esenciales. Un alto rendimiento agrícola depende de una adecuada fertilización con nutrientes minerales (Hernández, J. 2013).

2.2.2.1 Factores que afectan el crecimiento de las plantas

Según Bertsch (1985), todos los elementos, macronutrientes y micronutrientes, participan en funciones específicas de la vida de las plantas, sin embargo, dependiendo del elemento, puede existir, en algunos casos, un cierto grado de sustitución.

2.2.2.2 Elementos requeridos en la nutrición de la planta

A. Nitrógeno (N)

Ecke III, Faust, Higgins y Williams (2004) describen que el nitrógeno es absorbido principalmente como nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). Según Tisdale y Nelson (1970), no importando la forma en la que es absorbido, este es transformado en el interior de las plantas a las formas $-\text{NH}-$, o $-\text{NH}_2$. Cuando está en cantidades adecuadas, se forman proteínas a partir de carbohidratos.

Según Bertsch (1985) es el componente fundamental de todas las moléculas orgánicas involucradas en los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal. Aminoácidos, ácidos nucleicos, clorofila, citocromos, coenzimas, hormonas y otros compuestos nitrogenados con funciones variadas. Por lo tanto, participa activamente en los principales procesos metabólicos: la fotosíntesis, la respiración, la síntesis proteica.

Deficiencia

Según Tisdale y Nelson (1970), cuando las plantas poseen bajos niveles a los necesarios, presentan un bajo desarrollo y amarillamiento. El amarillamiento o clorosis aparece primeramente en las hojas inferiores o viejas, las hojas superiores o nuevas permanecen verdes. En casos graves de deficiencia las hojas se vuelven marrones y muere la planta.

Toxicidad

Según Bertsch (1985) un exceso de N induce deficiencia de K, alteración de la estructura de los cloroplastos, agota las reservas de carbohidratos y reduce la tasa fotosintética. Según Tisdale y Nelson (1970) el exceso de este elemento tiene efectos perjudiciales para las plantas, las plantas son más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades.

B. Fósforo (P)

Según Devlin (1982), el fósforo es absorbido por la planta en forma de fosfato monovalente (H_2PO_4^-) y fosfato divalente (HPO_4). Según Ecke III, Faust, Higgins y Williams (2004) describen que es un componente de todas las células vivas. Las plantas lo utilizan para sintetizar ácidos nucleicos (ADN y ARN), nucleótidos, co-enzimas, estimula el crecimiento de las plántulas y formación de las raíces.

California Plant Health Association (2004) explica que la mayor eficiencia de la absorción se da en presencia del nitrógeno y sugieren las siguientes razones: aumento del crecimiento de la raíz, cambios fisiológicos que hacen a las células de la raíz más receptivas al fósforo y mayor transferencia del fósforo a través de las membranas de la raíz al xilema.

Según Tisdale y Nelson (1970), se ha reconocido que un adecuado suministro en las primeras fases de vida de la planta es importante en el retraso del crecimiento de las partes reproductivas.

Deficiencia

Según Bertsch (1985) uno de los primeros síntomas que se observan cuando falta P es una coloración verde oscura o azulada en las hojas. Otro síntoma es la formación de pigmentos que confieren a la hoja coloraciones púrpura. Por la gran movilidad del elemento, las hojas viejas son las primeras en presentar los síntomas. Con frecuencia, tiende a presentar un estado general de achaparramiento.

Toxicidad

Bertsch (1985) menciona que efectos directos del exceso de P no han sido reportados, sin embargo, su abundancia en el suelo/sustrato puede inducir deficiencias de Cu y Zn en los cultivos.

C. Potasio (K)

Ecke III, Faust, Higgins y Williams (2004) reportan que es absorbido en forma de iones de potasio (K^+). Es un elemento altamente móvil dentro de la planta. Es elemental en la activación enzimática, fotosíntesis, translocación de azúcares, formación de almidón, síntesis de proteínas, elongación de células.

Según California Plant Health Association (2004) las células oclusivas de los estomas requieren del potasio para que estos se abran y cierren, proceso que es importante para el

uso eficaz del agua. El potasio estimula el crecimiento de la raíz y mejora la resistencia de los cultivos a las enfermedades.

Según Tisdale y Nelson (1970) el potasio, es imprescindible para las siguientes funciones fisiológicas:

- i. Metabolismo de los hidratos de carbono o formación y transformación del almidón.
- ii. Metabolismo del nitrógeno y síntesis de proteínas.
- iii. Control y regulación de las actividades de varios elementos minerales esenciales.
- iv. Neutralización de los fisiológicamente importantes ácidos orgánicos.
- v. Activación de varias enzimas.
- vi. Promoción de crecimiento de los tejidos meristemáticos.
- vii. Ajuste de la apertura de los estomas y relaciones con el agua.

Deficiencia

Según Bertsch (1985) el síntoma general más característico de la deficiencia de K es la aplicación de un moteado de manchas cloróticas, seguido por el desarrollo de zonas necróticas en la punta y bordes de las hojas. Estos síntomas suelen aparecer primero en las hojas maduras debido a la gran movilidad del K en la planta. En general, una deficiencia de K produce en la planta un aspecto achaparrado debido al acortamiento de los entrenudos.

Toxicidad

Bertsch (1985) hace mención que el exceso de K puede afectar el balance de Ca y Mg con este elemento.

D. Calcio (Ca)

California Plant Health Association (2004), describe que el calcio es absorbido por las plantas en forma de ion calcio (Ca^{2+}). Es el componente principal de la pared y la membrana celular, es necesario en la formación de las nuevas células, cuando se deposita en los tejidos vegetales, ya no es posible removerlo, por lo que los tejidos jóvenes son los primeros en ser afectados cuando existe deficiencia de este elemento.

Según Tisdale y Nelson (1970), favorece la formación y el incremento de proteína contenida dentro de la mitocondria. La función de la mitocondria en la respiración aeróbica, y de aquí en la asimilación de sales.

Deficiencia

Según Bertsch (1985), debido a la alta inmovilidad de este elemento y a su función de rigidez, el síntoma característico es la malformación de hojas jóvenes, que toman forma de gancho o de cuchara en las puntas de las hojas. Las regiones meristemáticas de los tallos, hojas y raíces son afectadas y terminan muriendo. Las raíces pueden acortarse, y en los bordes de las jóvenes aparece clorosis seguida de necrosis.

Toxicidad

Exceso de calcio puede provocar deficiencia de magnesio y boro.

E. Magnesio (Mg)

Ecke III, Faust, Higgins y Williams (2004), hace mención que el magnesio es absorbido en forma de ión magnesio (Mg^{2+}). Las moléculas de clorofila, esencial para la fotosíntesis contiene este elemento. Tiene como función activar muchas enzimas vegetales que son necesarias para los procesos de crecimiento.

Según California Plant Health Association (2004) “se mueve dentro de la planta y es translocado fácilmente de los tejidos maduros a los tejidos jóvenes cuando hay falta de este elemento”.

Tisdale y Nelson (1970) hacen mención que es el único constituyente mineral de la molécula de clorofila, la importancia es notable, ya que la ausencia de la clorofila impedirá a las plantas llevar a cabo la fotosíntesis.

Deficiencia

Según Bertsch (1985) el síntoma más común conocido es la clorosis, localizada en forma intervenal, que se hace visible, en primer lugar, en las hojas basales y se propaga en las hojas más jóvenes a medida que la deficiencia se hace más aguda. Esto porque, al igual que los anteriores elementos, goza de buena movilidad dentro de la planta. Sin embargo, la variabilidad en los síntomas que presentan las diferentes especies es tan grande que se hace difícil establecer síntomas generales.

F. Azufre (S)

El azufre es absorbido por las plantas en forma de ión sulfato (SO_4^-). Es constituyente de la síntesis de muchas proteínas y enzimas.

Según Tisdale y Nelson (1970), las funciones específicas en el crecimiento de la planta y metabolismo son numerosas e importantes.

Bertsch (1985) hace mención que el azufre es constituyente de algunas enzimas, de algunas vitaminas y de la coenzima A que participan en el metabolismo de azúcares, grasas y proteínas. Algunos efectos que causa el S en las plantas son:

- i. Aumenta el crecimiento vegetativo y la fructificación.
- ii. Estimula el crecimiento de raíz.

Deficiencia

Según Bertsch (1985), los síntomas de deficiencia de S son parecidos a los de la deficiencia de N, ya que se presenta una clorosis general seguida, en algunas especies, por la producción de pigmentos antociánicos. Sin embargo, hay una diferencia fundamental, pues debido a la inmovilidad de este elemento dentro de la planta, los síntomas aparecen primero en las hojas jóvenes.

Toxicidad

La toxicidad por S en cultivos es rara, pero cuando aparece se manifiesta como una necrosis en las hojas más viejas.

G. Hierro (Fe)

Según Ecke, Faust Higgins y Williams (2004) el hierro es absorbido por la planta como iones ferrosos (Fe^{2+}). Es necesario para la síntesis de clorofila de las células vegetales. Funciona como activador de procesos bioquímicos, como la fotosíntesis, la respiración y la fijación simbiótica de nitrógeno.

Se cree que está asociado con la síntesis de proteína cloroplástica. Las cantidades de hierro en relación a las cantidades de molibdeno, fósforo, manganeso y cobre son de suma importancia. Otra función atribuida es su evidente necesidad para la enzima flavina que reduce el citocromo-c.

Deficiencia

Según Bertsch (1985) debido a la relativa inmovilidad del elemento, el síntoma más característico es una clorosis general de las hojas jóvenes, que puede comenzar como intervenal, pero que al cabo del tiempo también las venas acaban perdiendo la clorofila.

Toxicidad

Bertsch (1985), hace mención que la toxicidad de Fe depende, principalmente, del material que originó el suelo, sin embargo, en general, las plantas tienen alta tolerancia a cantidades altas, por lo que no es muy común en condiciones naturales.

H. Manganeso (Mn)

Es absorbido por la planta como ión manganeso (Mn^{2+}). Según California Plant Health Association (2004) funciona como activador enzimático en procesos de crecimiento de la planta, junto con el hierro ayudan en la síntesis de clorofila, las concentraciones altas influyen en deficiencia de hierro.

Según Tisdale y Nelson (1970), tiene funciones para la activación de numerosas enzimas relacionadas con el metabolismo de los carbohidratos, conjuntamente con otros metales en la activación de enzimas tales como arginasa, cisteína de sulfhidrasa, desoxido de nucleasa y fosfatasa. Es un activador específico de las enzimas prolidasa y glutamil transferasa.

Deficiencia

Según Bertsch (1985) los síntomas de deficiencia de Mn varían mucho de unas especies a otras, aunque lo más frecuente suele ser una clorosis intervenal, pudiendo aparecer manchas necróticas en las hojas. Generalmente, los síntomas suelen aparecer primero en las hojas más jóvenes, aunque también se dan casos de aparición inicial en las hojas viejas. En algunas especies se presentan tamaños anormales grandes y una clorosis generalizada.

Toxicidad

Bertsch (1985), menciona que una toxicidad de Mn se manifiesta con disminución en el crecimiento de hojas y raíces, clorosis en hojas jóvenes, necrosis y arrugamiento.

I. Boro (B)

California Plant Health Association (2004) describe que el boro se encuentra de manera predominante en la solución del suelo en forma de ácido bórico (H_3BO_3) y las plantas lo absorben de esta forma a un pH por debajo de 9.0. Mencionan que el boro tiene baja movilidad en la mayoría de plantas y es necesario su aporte continuo en todas las zonas de crecimiento.

Según Ecke III, Faust, Huggins y Williams (2004) la función principal del elemento en la planta es la división celular, elongación de las células, diferenciación de las células meristemáticas, regulación del metabolismo de los carbohidratos en las plantas.

Deficiencia

Bertsch (1985) hace mención que, debido a la baja movilidad del B, los síntomas se presentan en primer lugar en las zonas más jóvenes, tanto de raíces como de tallos y los ápices pueden acabar muriendo.

Toxicidad

Según Bertsch (1985) los síntomas de toxicidad por B se originan con una clorosis marginal en las puntas, seguida por una necrosis total de la hoja y su subsecuente muerte. El daño comienza primero en hojas viejas y luego avanza hacia las más jóvenes.

J. Cinc (Zn)

Según Ecke, Faust, Higgins y Williams (2004) el cinc es absorbido por las plantas como ión cinc (Zn^{2+}). Es requerido por muchas enzimas y particularmente por las encargadas de la transferencia de hidrogeno. California Plant Health Association (2004) describe que el cinc controla la síntesis de ácido indolacético, el que es un regulador del crecimiento de las plantas.

Deficiencia

Según Bertsch (1985), los primeros síntomas corresponden a una clorosis localizada entre las venas de las hojas más viejas que se suele iniciar en los ápices y en los bordes. Se produce un retardo en el crecimiento que se manifiesta en forma de hojas más pequeñas y

entrenados más cortos. El aspecto irregular de las es el síntoma más fácil de reconocer. La planta entera adquiere un aspecto de roseta.

Toxicidad

Bertsch (1985) hace mencionar que este elemento está envuelto en una traslocación de Fe, por lo tanto, puede causar clorosis típica de deficiencia de este elemento. Es un síntoma difícil de reconocer en sus fases tempranas.

K. Cobre (Cu)

Según California Plant Health Association (2004) el cobre es absorbido como ión cobre (Cu^{2+}). El cobre es un activador de varias enzimas vegetales.

Deficiencia

Según Bertsch (1985) esta deficiencia suele provocar una necrosis en el ápice de las hojas jóvenes que progresa a lo largo del margen de la hoja, enrollando los bordes. Las hojas pueden presentar clorosis y puede producirse la muerte de los brotes jóvenes.

Toxicidad

Según Bertsch (1985), la toxicidad de Cu se manifiesta como una deficiencia de Fe, ya que su presencia en exceso inhibe la traslocación de este elemento a las partes jóvenes. También se producen daños radicales.

L. Molibdeno (Mo)

Bertsch (1985) hace mencionar que el molibdeno está fuertemente relacionado con el metabolismo del N. Está relacionado directamente con los niveles de ácido ascórbico que sirven para proteger al cloroplasto. También, interviene en el metabolismo del P, y se postula su participación en la absorción y transporte de Fe.

Deficiencia

Según Bertsch (1985) los síntomas más visibles de la deficiencia de Mo pueden empezar con un moteado clorótico intervenal de las hojas inferiores, seguido por una necrosis marginal y el encurvamiento de las hojas. Las hojas pueden llegar a secarse por completo.

M. Cloro (Cl)

Bertsch (1985) hace mencionar que el Cl con una única función reconocida actualmente, pero sin duda alguna muy importante, el Cl estimula la fase luminosa de la fotosíntesis. En algunos casos se ha asociado a los movimientos estomáticos y a la transmisión de impulsos eléctricos a través de la planta.

Deficiencia

Aunque raras veces se observan deficiencias de cloro por requerirse cantidades mínimas del elemento, cuando ocurre se observa un desarrollo retardado de la planta.

Toxicidad

El exceso del elemento causa efectos de salinidad con necrosis de los bordes de las hojas viejas.

2.2.3 Curvas de crecimiento

El crecimiento de las plantas difiere de acuerdo al tiempo que necesita para completar su desarrollo, por lo cual se clasifican en anuales y perennes (Torres, C. 2009).

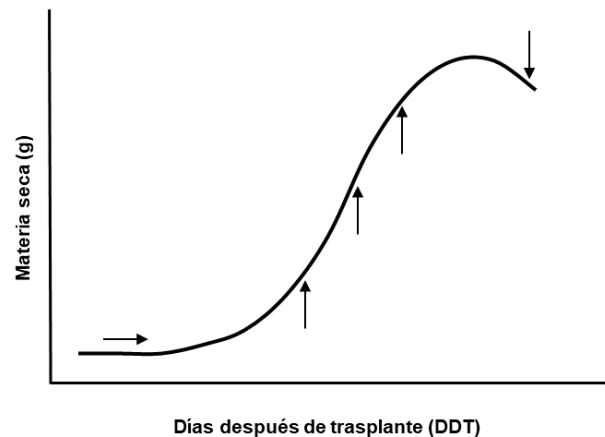
Curvas de crecimiento de plantas anuales

Las plantas anuales presentan dentro de la curva de crecimiento cinco puntos importantes, los cuales son:

- a. Una fase inicial durante la cual ocurren cambios internos que son preparatorios para el crecimiento.
- b. Una fase de rápido incremento en el crecimiento.
- c. Una fase en donde se produce una tasa de crecimiento que disminuye gradualmente.
- d. Un punto en el que el organismo alcanza la madurez y el crecimiento termina.

- e. Una fase final de senectud y muerte.

Según Estrada, M. (2010), las plantas incrementan su peso muy despacio inicialmente, pero a medida que la planta produce más hojas y éstas son expuestas a la luz del sol, la velocidad con la que se acumula la materia seca se incrementa rápidamente (figura 9).



Fuente: Torres, C. 2009

Figura 9. Curva de crecimiento de una planta anual.

2.2.4 Concentración de nutrientes

Según Correndo & García (2012), el análisis de plantas, a veces erróneamente referido como análisis foliar, es una técnica que determina el contenido de los nutrientes en tejidos vegetales de plantas de un cultivo muestreado en un momento o etapa de desarrollo determinados. Esta herramienta se basa en los mismos principios que el análisis del suelo, asumiendo que la concentración de nutrientes en la planta está directamente relacionada con la habilidad del suelo para proporcionarlos y a su vez, con la productividad de las plantas.

El análisis vegetal es una herramienta sumamente eficiente para evaluar la nutrición del cultivo ya que el contenido de nutrientes en planta es un valor que resulta de la interacción entre el cultivo, el ambiente y el manejo.

Las utilidades del análisis vegetal pueden ser diversas tales como:

- Verificar síntomas de deficiencias nutricionales.
- Identificar deficiencias asintomáticas (“hambre oculta”).
- Indicar interacciones entre nutrientes.

- d. Localizar zonas del lote que se comportan en forma diferente.
- e. Evaluar el manejo nutricional de los cultivos.

2.2.5 Curvas de absorción de nutrientes

Según Bertsch (2003), la curva de absorción es el instrumento que brinda la información más precisa acerca de los nutrientes que consume un cultivo a través de todo su ciclo de vida, por el cual sirve para obtener la cantidad óptima requerida de algún nutriente para un cultivo determinado. La obtención de las curvas de absorción de nutrientes se elabora con la interacción del peso seco de los tejidos de la planta y las concentraciones de nutrientes presentes en dichos tejidos.

2.2.6 Extracción de nutrientes

Ciampitti y García (2008), hacen mención que es importante diferenciar la terminología que se presenta entre las palabras, “absorción” y “extracción” de nutrientes en los cultivos. A diferencia de la absorción, que es la cantidad de nutrientes absorbidos por el cultivo durante un ciclo determinado, la extracción es la cantidad total de nutrientes en los órganos cosechados, grano, forraje u otros. La diferencia entre los términos es significativa al momento de las recomendaciones de fertilización, bajo el criterio de reposición. La reposición utilizando la absorción del cultivo implica la aplicación de todos los nutrientes que fueron tomados por el cultivo y que se encuentran presentes en todos sus tejidos y órganos, cosechables y no cosechables.

Sin embargo, la práctica de fertilización por los niveles de extracción de los cultivos, generalmente la más utilizada, sólo busca reponer los nutrientes que son absorbidos y depositados en tejidos y órganos cosechables, y que por lo tanto no son reciclados debido a que no vuelven a ingresar al sistema suelo.

2.2.7 Antecedentes de curvas de absorción de nutrientes

Actualmente no existen trabajos relacionados con la absorción de nutrientes en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White) por lo que se consultaron bibliografías de trabajos realizados en diferentes cultivos.

Corado, J. (2012) demostró en el cultivo de pascua por medio de curvas de absorción de nutrientes que en la etapa de producción es donde se alcanzó la mayor absorción con datos expresados en mg/planta de: N = 615.57, P = 58.96, K = 679.25, Ca = 219.92, Mg = 95.47, Cu = 0.134, Zn = 0.81, Fe = 2.47, Mn = 0.76 y B = -18.97.

Estrada, M. (2010) determinó con curvas de absorción de nutrientes que la planta de arveja china (*Pisum sativum* var. Atitlán) extrajo en kg/ha: nitrógeno=240.1; fósforo=24.9, potasio=233.03, calcio= 84.4, magnesio=18.37 hasta los 100 días después de siembra para obtener un rendimiento de 16930.2 kg/ha.

García, S. (2014) dio a conocer en el cultivo de zanahoria morada (*Daucus carota* L. hibr. *Deep purple* F1) el orden de absorción de nutrientes (Potasio, Nitrógeno, Calcio, Fósforo y Magnesio) hasta los 72 días después de siembra necesitando 110 kg/ha de nitrógeno, 66 kg/ha de fósforo y 166 kg/ha de potasio.

González, D. (2011) señala que al cultivar cebolla (*Allium cepa* L.) con acolchado se alcanzaron las siguientes cantidades de extracción de macronutrientes por medio de curvas de absorción de nutrientes: 79.35, 14.68, 117.13, 39.29, 11.22 y 24.28 T/ha para N, P, K, Ca, Mg y S respectivamente.

Saravia, F. (2004) menciona que para el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Alboran bajo condiciones de invernadero en Zamorano, Honduras, la etapa de cosecha es en la que la planta absorbe el mayor porcentaje de todos los macro y micronutrientes a excepción del Cu que lo hace en la etapa de maduración. La planta absorbió en kg/ha: N= 307, P=61, K= 265, Ca= 155, Mg= 33, S= 43, Cu=1, Fe= 2, Mn= 3, Zn= 1 y B= 0.35 hasta el día 110 después de siembra.

Castro, P. (2017) demostró que los requerimientos de la fresa Albion fueron más altos en las etapas de fructificación y cosecha, en donde se alcanzaron acumulaciones iguales o superiores al 70 % del total en la mayoría de los nutrientes (N, P, K, Ca, S, Cu y Mn). Con excepción de la etapa de establecimiento, las etapas vegetativas y de primer fructificación mostraron los niveles de acumulación de macronutrientes más bajos durante el ciclo. Para el caso de los micronutrientes, la etapa de primer fructificación fue la que presentó los menores porcentajes de requerimientos nutricionales.

Navarrete, R. (2005) demostró en el cultivo de pepino que presentó una absorción progresiva de N, P, K, Ca, Cu y Zn durante las 4 etapas fenológicas, con picos de absorción entre los 33 y 75 DDT (63 % de la absorción).

Padilla, A. (2007) determinó que la absorción de nutrientes para el cultivo de rosa variedad Rockefeller fue: N = 277; P = 30; K = 132; Ca = 74; Mg = 85; S = 9 (kg/ha/año) y Cu = 99; Fe = 1,016; Mn = 2,551; Zn = 639; B = 748 (g/ha/año).

Mite, J. (2005) demostró que, para cuatro variedades de caña, la absorción de nutrientes se comportó de la siguiente manera: La variedad CP-722086 absorbió en kg/ha: N = 236, P = 32, K = 370, Ca = 36, Mg = 22, S = 30, Cu = 0.1, Fe = 1.06, Mn = 0.56, Zn = 0.28 y B = 0.07. La variedad MEX-69290 absorbió en kg/ha: N = 253, P = 30, K = 477, Ca = 60, Mg = 36, S = 51, Cu = 0.12, Fe = 0.97, Mn = 2.09, Zn = 0.43 y B = 0.07. La variedad NC-310

absorbió en kg/ha: N = 291, P = 41, K = 463, Ca = 53, Mg = 25, S = 34, Cu = 0.12, Fe = 1.23, Mn = 0.55, Zn = 0.39 y B = 0.08. La variedad PR-1013 absorbió en kg/ha: N = 198, P = 30, K = 348, Ca = 33, Mg = 17, S = 29, Cu = 0.08, Fe = 0.95, Mn = 0.38, Zn = 0.31 y B = 0.08.

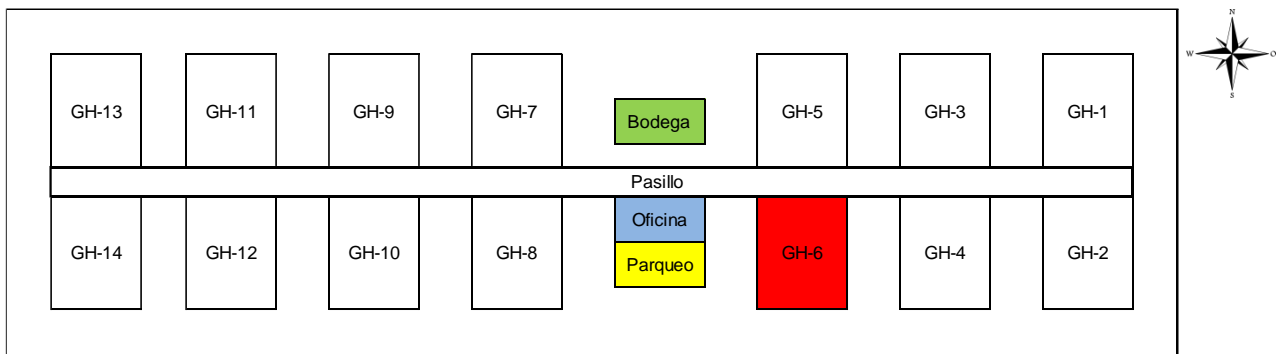
Vargas, J. (2012) menciona que en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) la dinámica de las curvas de extracción nutrimental de macronutrientes presentó la siguiente tendencia en orden decreciente: K > N > Ca > P > Mg.

2.2.8 Marco referencial

La Aldea Ojo de Agua está ubicada en el municipio de Nueva Santa Rosa en la región nor-oriental del departamento de Santa Rosa. Se encuentra a una altitud de 1,070 m s.n.m., a una latitud de 14°21'18", y una longitud de 90°18'58".

2.2.8.1 Ubicación del estudio

La prueba se realizó específicamente en la empresa Beauty Line Guatemala en el invernadero 6. En las figuras 10 y 11 se observa la ubicación donde se estableció en campo definitivamente, la propagación del material vegetal (esquejes) para el estudio se realizó en el área de propagador del mismo, el invernadero utilizado para llevar a cabo la prueba tuvo un área de 6,000 m². De esta área se utilizó 1 m² conteniendo 15 bolsas de plantas de bacopa.

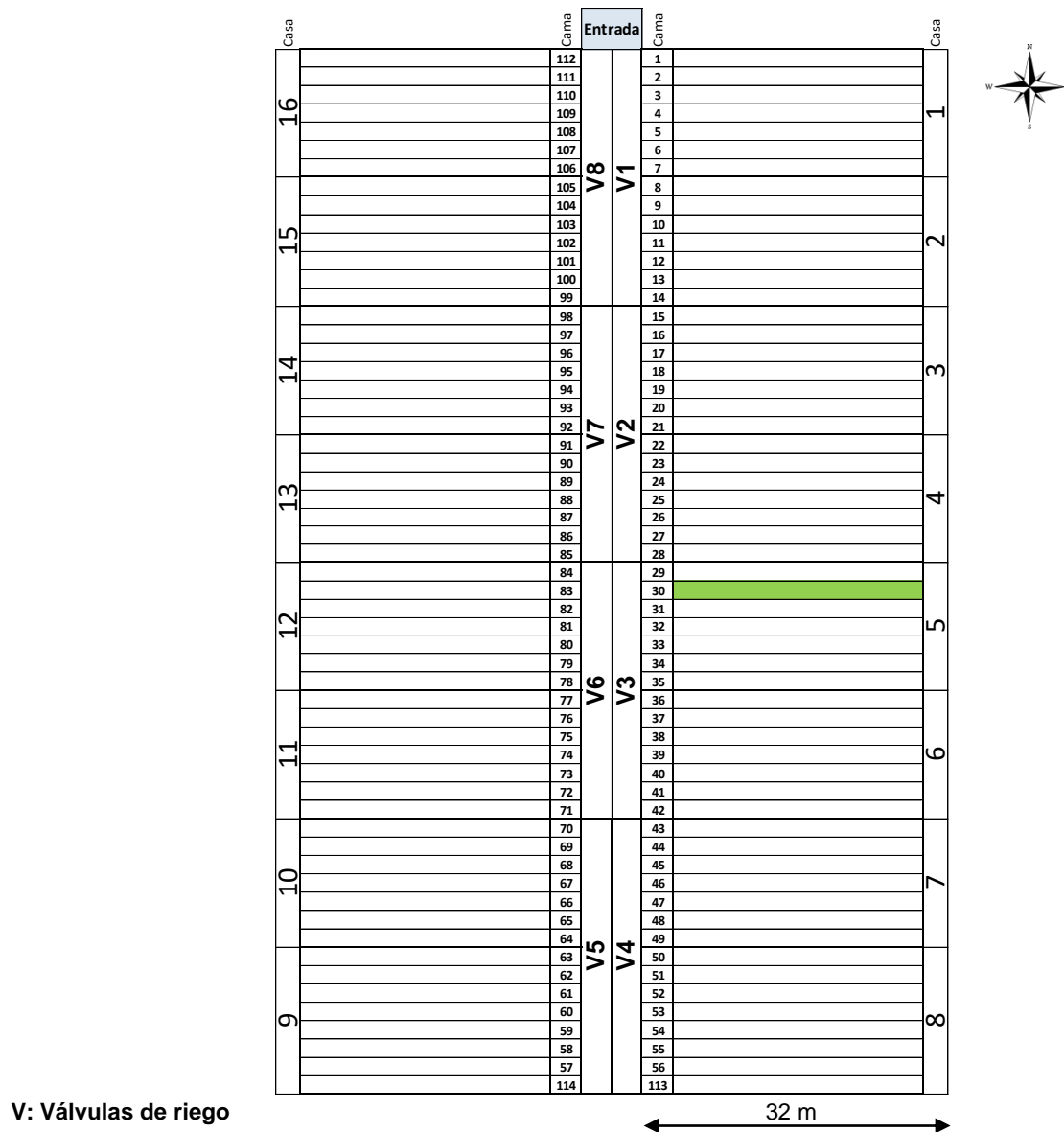


GH = Greenhouse

Greenhouse = Invernadero

Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 10. Ubicación del invernadero 6 dentro de la finca Beauty Line Guatemala, año 2018.



Fuente: elaboración propia. 2018.

Figura 11. Ubicación del estudio de absorción de nutrientes dentro del invernadero 6 localizado en la casa 5, cama 30.

El invernadero 6 está conformado por 8 válvulas de riego, 16 casas y 114 camas. Cada válvula de riego abastece a 2 casas, cada casa consta de 7 camas a excepción de las casas 8 y 9 que contienen 8 camas cada una, por lo que cada válvula abarca un total de 14 camas. Una cama consiste en cada uno de los surcos de 32 m de largo por 1 m de ancho donde se ubican las bolsas con las plantas. El método de fertirriego utilizado es por goteo siendo un espagueti el aplicador directo de la solución nutritiva en cada una de las bolsas con las plantas de bacopa aplicando un estimado de 0.3 L por jornada de riego.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo general

Determinar la absorción de nutrientes en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White), bajo invernadero con medio de arena volcánica, en la empresa Beauty Line Guatemala, Aldea Ojo de Agua, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala.

2.3.2 Objetivos específicos

1. Identificar el comportamiento de la absorción de nutrientes en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White) en la fase de crecimiento.
2. Mostrar la sub fase de crecimiento del cultivo de bacopa, (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White), con la mayor demanda de nutrientes para su desarrollo, bajo condiciones de invernadero.
3. Determinar la eficiencia agronómica de la planta de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White) con un crecimiento deseado.

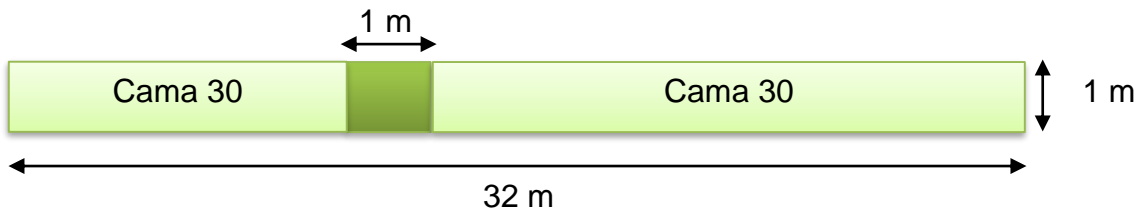
2.4 METODOLOGÍA

2.4.1 Variedad Utilizada

Para esta investigación se utilizó la variedad Gulliver White del cultivo de bacopa siendo una de las que tiene mayor demanda en el mercado de plantas ornamentales manejadas por Beauty Line Guatemala. Variedad con intensidad de crecimiento media, hojas verdes obscuro, flores tamaño extra grande y de color blanco (Danziger, 2018).

2.4.2 Parcela de estudio

La unidad de estudio estuvo ubicada en el invernadero 6 dentro de la cama 30 y consistió de 3 filas con 5 bolsas por fila, haciendo un total de 15 bolsas, las cuales conformaron 1 m lineal y 1 m de ancho. Por lo tanto, la unidad experimental fue de 1 m² (figura 12).

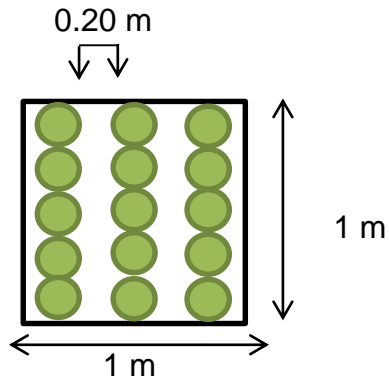


Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 12. Esquema del área de la parcela de estudio dentro de la cama 30 en el invernadero 6.

2.4.3 Distanciamiento entre plantas

La distribución de las bolsas en las que se encontraron las plantas se realizó con el marco de plantación cuadrado con un distanciamiento 0.20 m entre filas y sin distanciamiento entre bolsas, de la planta de bacopa en la cama de la unidad experimental (figura 13).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 13. Esquema de la distribución del distanciamiento de las bolsas de bacopa en la cama 30 del invernadero 6.

2.4.4 Técnica de muestreo

En esta investigación la metodología para la extracción de las muestras se realizó de forma completamente al azar, las unidades de estudio estuvieron distribuidas bajo las mismas condiciones ambientales y nutricionales lo que permitió mantener homogeneidad que permitiera una selección aleatoria para cada muestreo.

No se utilizó un modelo estadístico por ser una investigación de caracterización. La caracterización es un tipo de descripción cualitativa que puede recurrir a datos o a lo cuantitativo con el fin de profundizar el conocimiento sobre algo. (Bonilla, Hurtado & Jaramillo, 2009).

Por lo tanto, para determinar la extracción de nutrientes se seleccionó en cada muestreo una de las bolsas de la parcela conteniendo cuatro plantas de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White) por bolsa, las cuales fueron extraídas y trasladadas para hacer el proceso de preparación para ser enviadas al laboratorio, esto con el propósito de obtener un dato más preciso en cuanto a la cantidad de nutrientes absorbidos por cada unidad muestral o bolsa.

2.4.5 Muestreo de material vegetal

El muestreo se realizó de forma aleatoria en las plantas de bacopa ya que existió homogeneidad tomando las cuatro plantas completas que conformaban una bolsa o unidad muestral. Este proceso fue implementado durante todas las repeticiones de la extracción de las muestras que se realizaron. Los muestreos se realizaron cada 15 días

considerando un tiempo suficiente para poder obtener datos significativos en cuanto a las sub fases de crecimiento.

2.4.6 Método de extracción de nutrientes realizado en el laboratorio

Los primeros dos muestreos vegetales fueron llevadas al laboratorio de suelo-planta-agua “Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Estas plantas estuvieron sometidas a dos métodos de extracción de nutrientes los cuales fueron: Espectrofotometría y colorimetría (cuadro 7). Mientras que el resto de muestreos correspondientes al tercero hasta el octavo fueron enviados al laboratorio Quality Analytical Laboratories (QAL) de Estados Unidos.

Cuadro 7. Métodos de cuantificación utilizados para cada elemento.

Elemento	Método de determinación
Fosforo (P)	Colorimetría
Potasio (K)	Espectrofotometría de absorción atómica
Calcio (Ca)	
Magnesio (Mg)	
Sodio (Na)	
Cobre (Cu)	
Zinc (Zn)	
Hierro (Fe)	
Manganeso (Mn)	
Nitrógeno (N)	

Fuente: Laboratorio de suelo, planta y agua de la FAUSAC, 2018.

2.4.7 Variables evaluadas

a. Materia fresca

Luego de extraer de la bolsa a las cuatro plantas seleccionadas por cada muestreo se procedió a pesarlas en una balanza analítica para obtener el peso fresco de la planta

completa evitando la deshidratación que pudiera ocasionar datos erróneos. Los datos fueron expresados en gramos.

b. Materia seca

Los datos de materia seca fueron proporcionados por el laboratorio Quality Analytical Laboratories (QAL) donde se analizaron las plantas.

c. Absorción de nutrientes

La absorción de nutrientes se determinó en base al comportamiento de la acumulación de biomasa del cultivo y las cantidades de concentración de los elementos: N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, B, Cu, Zn, Mo y Na, hasta los 120 días después de trasplante correspondientes a la fase fenológica de crecimiento. Los datos utilizados fueron obtenidos en los análisis realizados por el laboratorio Quality Analytical Laboratories (QAL). Los resultados de la absorción de nutrientes fueron expresados en g/unidad muestral para macronutrientes y mg/unidad muestral para micronutrientes.

2.4.8 Análisis de la información

En cada muestreo se obtuvo la materia seca (g/unidad muestral) y el contenido de nutrientes de planta completa.

Se graficó la curva de crecimiento del cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White), considerando la materia seca (g/unidad muestral) acumulada en cada muestreo en el eje "Y", y el tiempo en días después de trasplante (DDT) en el eje "X".

Por medio de los resultados de los análisis químicos de tejido vegetal proporcionados por el laboratorio Quality Analytical Laboratories (QAL) a lo largo de las sub fases fenológicas (propagación hasta producción de esquejes), se hizo posible cuantificar valores de absorción de cada uno de los nutrientes del cultivo expresados a través de curvas de absorción.

Las curvas de absorción de nutrientes se realizaron para los siguientes macronutrientes: Nitrógeno "N", Fósforo "P", Potasio "K", Calcio "Ca", Magnesio "Mg" y Azufre "S", representando la absorción en g/unidad muestral. En los micronutrientes Boro "B", Molibdeno "Mo", Sodio "Na", Zinc "Zn", Hierro "Fe", Cobre "Cu" y Manganeseo "Mn", representando la absorción en mg./unidad muestral. Estas curvas, se obtuvieron con las

cantidades absorbidas de cada uno de los nutrientes en cada muestreo en el eje “Y” y el tiempo en días después de trasplante (DDT) en el eje “X”.

A través de los resultados de los análisis químicos de fertirriego, se obtuvieron los datos por medio del laboratorio Quality Analytical Laboratories (QAL) de la concentración de nutrientes que abastece el programa de fertirriego de bacopa para evaluar la homogeneidad y la eficiencia de lo aplicado y lo absorbido por la planta.

2.4.9 Análisis de tejido vegetal

2.4.9.1 Limpieza del material

Las muestras obtenidas en campo fueron lavadas con agua destilada antes de ser pesadas y enviadas al laboratorio con el fin de eliminar partículas del sustrato, polvo y residuos de productos químicos.

2.4.10 Preparación del invernadero previo al establecimiento del cultivo

2.4.10.1 Desinfección de las camas

Esta actividad se realiza antes de establecer las bolsas en los invernaderos y consiste en aplicar cloro a presión sobre las mallas de las camas. Debe realizarse a una concentración de 3 g/L (figura 14).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 14. Fotografía de la aplicación de cloro para la desinfección de las camas.

2.4.10.2 Llenado de bolsas con sustrato

El llenado de bolsa con sustrato de arena volcánica se realiza de forma manual en el pasillo exterior del área de invernaderos. Las bolsas llenas son apiladas en carretas o carretones y de esta manera se ingresan a los invernaderos para posteriormente colocarlas en las camas (figura 15).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 15. Fotografía del llenado de bolsa con sustrato en el pasillo exterior del área de invernaderos.

2.4.10.3 Establecimiento de bolsas en las camas

Se deben tener las bolsas llenas con el sustrato para la colocación en las camas. El marco de plantación consiste en 5 bolsas por fila y un espaciamiento entre filas de 0.20 m (figura 16).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 16. Fotografía de la colocación de las bolsas con sustrato en las camas del invernadero.

2.4.10.4 Desinfección de sustrato en bolsas

Antes de realizar el trasplante se realiza una desinfección del sustrato en las bolsas utilizando el producto Chemprocide (cloruro de didecyl dimetil) a una concentración de $3 \text{ cm}^3/\text{L}$ de forma manual con una pichacha. El tiempo de aplicación por bolsa es de 2 segundos y debe realizarse dos días antes de efectuar el trasplante (figura 17).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 17. Fotografía de la aplicación del producto Chemprocide (cloruro de didecyl dimetil) para la desinfección de camas a una concentración de $3 \text{ cm}^3/\text{L}$.

2.4.11 Manejo del estudio

2.4.11.1 Propagación de esqueje de bacopa

Se debe mantener un alto grado de pureza genética en las plantas madre. El esqueje que se utilizó para la propagación tuvo las siguientes características:

- a. Esqueje libre de presencia de plagas, enfermedades y daño mecánico que pudiera afectar la calidad del esqueje.
- b. Esqueje en condiciones de poder establecerse correctamente y estar bien nutrido.
- c. El esqueje pasó un estimado de dos semanas en el área de propagador para enraizamiento, donde el sustrato consiste en una mezcla de Peat moss, arena y duroport a una relación de 2:1:1.

2.4.11.2 Sustrato para enraizado, propagación en bandejas

Los esquejes tuvieron su desarrollo inicial en una bandeja plástica con sustrato que consistió en la mezcla de Peat moss, arena y duroport a una relación de 2:1:1 (figura 18).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 18. Fotografía de esquejes de bacopa (*Bacopa monnieri*) en área de propagación utilizando Peat moss, arena y duroport como sustrato.

2.4.11.3 Trasplante

Los esquejes luego de cumplir dos semanas en área de propagador donde formaron sus primeras raíces, son trasladaron a las bolsas con arena volcánica para su crecimiento y procesos de producción. En el caso de la bacopa se colocan cuatro plantas por bolsa siendo esta la densidad de siembra debido a que este número de plantas se acoplan al tamaño de la bolsa y se aprovecha en un máximo el espacio disponible.

2.4.11.4 Manejo de tejido

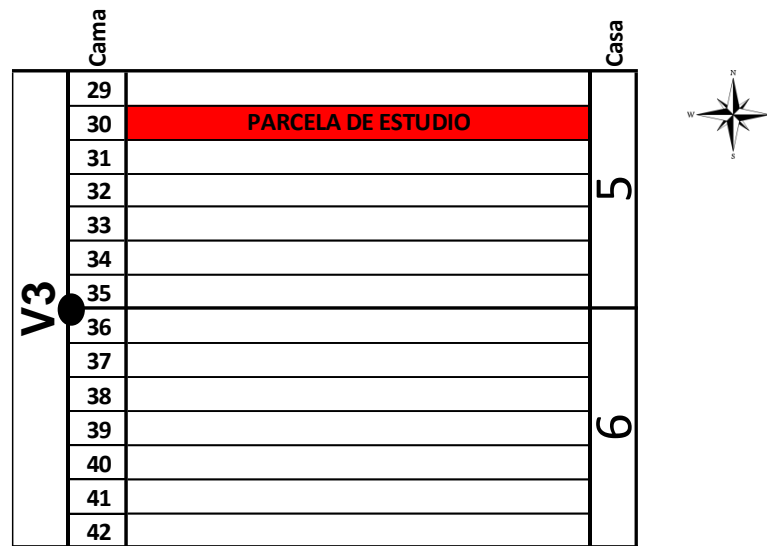
Después del trasplante se debe estar monitoreando los esquejes para poder realizar el primer despunte o pinch como se le conoce en la empresa, que consiste en cortar el meristemo apical para estimular a la planta en la producción de más brotes laterales. El otro proceso realizado dentro de este manejo es la poda de mantenimiento o trimming como se le conoce en la empresa, que consiste en podar la planta para su formación. El motivo de realizar la poda de formación es para mantener una buena estructura de la planta y prepararla para la producción de esquejes.

2.4.11.5 Recolección del material de poda

Cuando se realizaron las podas se estuvo recolectando el material vegetal (hojas, ramas, esquejes) que era extraído de las plantas y se pesó para obtener el peso fresco y luego calcular el peso seco en base al porcentaje de peso seco brindado por el laboratorio en cada una de las muestras analizadas y adjuntar el peso de las podas al peso de las plantas.

2.4.11.6 Fertirriego

El fertirriego utilizado fue por goteo (espagueti) que tuvo una frecuencia de 3 días en la sub fase de establecimiento, después con una frecuencia de 2 días en la sub fase de formación y finalmente con frecuencia diaria en la sub fase de producción. Los riegos tuvieron 2 turnos por día. La dosis de fertilización aplicada fue la misma en toda la fase de crecimiento de la planta, sin embargo, el volumen de aplicación aumentó en base al tamaño del cultivo. La válvula de riego que alimentó a la cama de estudio fue la válvula 3 que además de la cama 30 estuvo abasteciendo de riego a las camas 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41 y 42 (figura 19).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 19. Esquema del área cubierta por la válvula de riego 3 en el invernadero 6.

2.4.11.7 Análisis de agua de la fuente principal (Reservorio)

El reservorio es la fuente principal de agua por lo que se le realizó un análisis de los elementos presentes y los resultados se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Valores en ppm de los elementos presentes en el agua del reservorio de la empresa Beauty Line Guatemala

Descripción	Elementos en partes por millón (ppm)													
	NO ₃	NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Mo	Na
ppm	1.14	2.4	0.48	9.69	13.36	6.15	4.2	0.14	0.01	0.05	0.01	0.02	0.01	31.01

Fuente: Beauty Line Guatemala, 2018.

2.4.11.8 Análisis nutricional de sustrato reciclado

Para el cultivo de bacopa se utiliza el sustrato reciclado que es reutilizado al finalizar el ciclo de los cultivos y posteriormente desinfectado a altas temperaturas dentro de la empresa para luego ser reingresado y llenar nuevas bolsas con él. En el cuadro 9 se muestra el análisis químico nutricional del sustrato reciclado.

Cuadro 9. Valores en ppm de los elementos presentes en el sustrato reciclado utilizado por la empresa Beauty Line Guatemala

IDENTIFICACION	RANGO ADECUADO	RESULTADO
pH	5.5-6.5	6.46
EC	0.75-3	3.46
Macronutrientes	Partes por millón (ppm)	
NO ₃ -N	50-250	244.19
NH ₄ -N	0.0-30	5.02
P	5-30	12.69
K	50-200	211.78
Ca	75-300	358.49
Mg	25-100	163.67
SO ₄ -S	20-60	351.22
Micronutrientes	Partes por millón (ppm)	
Fe	0.3-3	0.42
Mn	0.2-2	4.14
B	0.05-0.5	0.38
Cu	0.0-0.4	0.27
Zn	0.3-1.5	0.08
Mo	0.02-0.15	0.04
Na	No definido	147.79

Fuente: Quality Analytical Laboratories, 2017.

2.4.11.9 Fertilización

La incorporación de los nutrientes a las plantas fue por medio de un sistema de inyección automático que es llamado "Gavish" utilizando el programa alto de fertirriego (cuadros 10 y 11). La mezcla de fertilizantes fue la misma a lo largo de toda la fase de crecimiento del cultivo. El programa inyectó 3.2 cm³/L de los tanques 1, 3 y 4 e hizo una inyección de 6.4 cm³/L del tanque 2. El contenido de fertilizante de los tanques se encontró de la siguiente manera:

Tanque 1: Sulfato de amonio y Sulfato de potasio

Tanque 2: Nitrato de potasio, nitrato de calcio y nitrato de magnesio

Tanque 3: Microelementos

Tanque 4: Fosfato de monopotasio

Cuadro 10. Descripción de las cantidades de fertilizante en kg contenido en cada uno de los tanques de mezcla

Fertilizante					KG	KG	KG	KG	KG	Litros Agua
					Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3	Tanque 4	Tanque 5	
Sulfato de Amonio	21.0%	<i>N</i>	24.0%	<i>S</i>	120					2100
Sulfato de Potasio	42.0%	<i>K</i>	18.0%	<i>S</i>	12.5					2100
Nitrato de Potasio	13.5%	<i>N</i>	46.0%	<i>K</i>		275				3968
Nitrato de Calcio	17.0%	<i>N</i>	33.0%	<i>Ca</i>		375				3968
Nitrato de Magnesio	11.0%	<i>N</i>	9.3%	<i>Mg</i>		325				3968
Sulfato de Cobre	26.0%	<i>Cu</i>	13.0%	<i>S</i>			0.188			700
Fe EDDHA 6%	6.0%	<i>Fe</i>					5.489			700
Molibdato de sodio	39.7%	<i>Mo</i>	18.9%	<i>Na</i>			0.061			700
Solubor	20.5%	<i>B</i>	10.8%	<i>Na</i>			0.505			700
Sulfato de Manganeso	31.0%	<i>Mn</i>	18.0%	<i>S</i>			0.540			700
Sulfato de Zinc	23.0%	<i>Zn</i>	11.0%	<i>S</i>			0.331			700
Fosfato de Monopotasio	52.0%	<i>P</i>	34.0%	<i>K</i>				150.0		2100
Acido Sulfurico	98%								29.44	1700

Fuente: Beauty Line Guatemala, 2018.

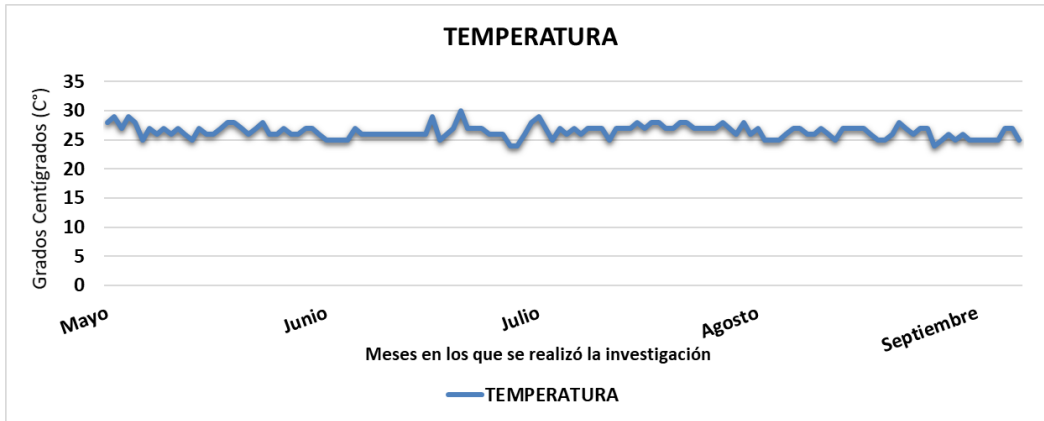
Cuadro 11. Contenido en partes por millón (ppm) del programa alto de fertirriego.

Programa de fertirriego	Número de tanque	Inyección cm ³ /L	ELEMENTOS EXPRESADOS EN PARTES POR MILLON (ppm)												
			N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	Na
Programa alto	Tanque 1	3.2	38		8				47						
	Tanque 2	6.4	220		204	200	49								
	Tanque 3	3.2						0.72	1.51	0.76	0.35	0.47	0.22	0.11	0.3
	Tanque 4	3.2		118.9	77.7										
	Sumatoria de elementos sin agua (ppm)		258.76	118.86	289.75	199.6	48.75	48.03	1.51	0.76	0.35	0.47	0.22	0.11	0.3
	Sumatoria de elementos con agua (ppm)		259.68	119.68	299.69	221.53	55.34	78.27	1.67	0.77	0.39	0.54	0.24	0.12	38.89

Fuente: Beauty Line Guatemala, 2018.

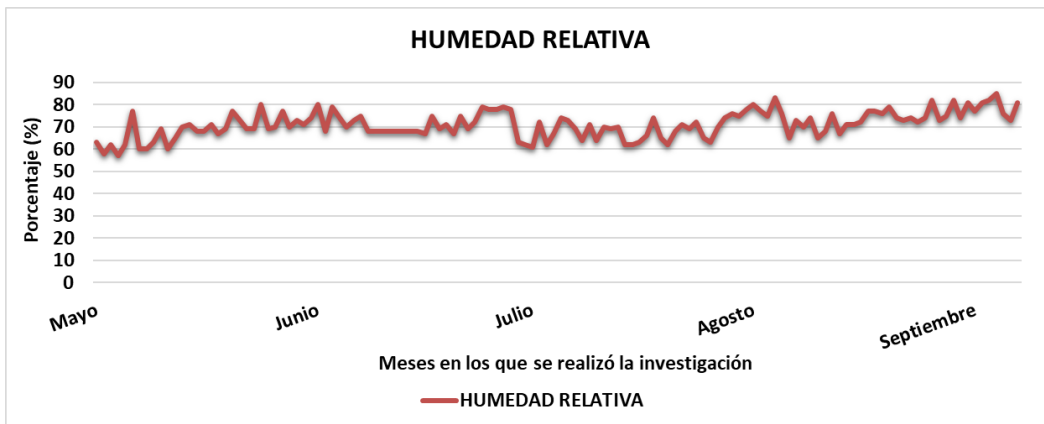
2.4.11.10 Manejo ambiental dentro del invernadero

Las temperaturas promedio que se manejaron dentro del invernadero 6 oscilaron entre los 24 °C y 30 °C. La humedad relativa tuvo un rango de 57 % a 85 %. Tanto la temperatura como la humedad son reguladas por medio del programa “Gavish” que se encarga de forma automática de abrir y cerrar las cortinas del invernadero, así como la sombra (figuras 20 y 21).



Fuente: Beauty Line Guatemala, 2018.

Figura 20. Gráfica del comportamiento de la temperatura dentro del invernadero 6 durante los meses de la investigación.



Fuente: Beauty Line Guatemala, 2018.

Figura 21. Gráfica de la tendencia de la humedad relativa del invernadero 6 durante los meses de la investigación.

2.4.11.11 Control de plagas y enfermedades

Las plagas que afectan el cultivo de bacopa son los trips (*Frankliniella occidentalis*) por lo que se tuvieron varias opciones de productos insecticidas para aplicar, así mismo se implementaron manejos integrados para tener un control preventivo en base a los registros de años anteriores sobre el comportamiento de los trips en las variedades de bacopa especialmente la *Gulliver White* (figura 22).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 22. Fotografía de la aplicación de agroquímicos por medio de lanceta en una cama del invernadero.

2.4.11.12 Muestreo de fertirriego

El muestreo de fertirriego se realizó en la válvula 3 del invernadero 6 con un estimado de cada 15 días donde se recolectó el drenaje y lo aplicado en las bolsas por los goteros (espaguetis). Los recolectores de goteros estuvieron en todas las camas pertenecientes a la válvula 3 donde se encontró la variedad de bacopa a trabajar, mientras que el recolector de drenaje únicamente se ubicó en la cama 30 donde estuvo establecida la parcela de estudio.

2.4.11.13 Análisis de fertirriego

Para el análisis de fertirriego se tomaron los datos de conductividad eléctrica y pH contenidos en las muestras para determinar el comportamiento del fertirriego en la aplicación en la bolsa por el gotero y lo que se obtiene en el drenaje, para saber si la planta estaba absorbiendo los nutrientes. Las variables a evaluar fueron el pH del agua al llegar a la planta por medio del gotero y el pH que se obtuvo después de la absorción por medio del drenaje de la bolsa. La cantidad de muestras fue de 2 recolectores del emisor de riego, además un recolector de drenaje en la cama 30.

2.4.11.14 Uniformidad del fertirriego

En el resto de las camas abastecidas por la válvula de riego 3 también se tuvieron 2 recolectores de gotero por cama para evaluar la homogeneidad del fertirriego aplicado. Esto se realizó una vez por semana a lo largo de la duración del estudio de absorción.

2.4.11.15 Evaluación de la eficiencia del programa de fertirriego

Se realizó una evaluación de la eficiencia del programa alto de fertirriego que consistió en aumentar la frecuencia con la que se aplicaban los fertilizantes y comparar a final de la investigación una bolsa completa de esta evaluación con una bolsa completa a la que no se le modificó la frecuencia del programa alto. Durante los días que no se aplicó fertirriego a las bolsas de la evaluación, fueron regadas únicamente con agua, esto con tal de que la planta no sufriera deshidratación y se mantuviera con lo retenido por el sustrato.

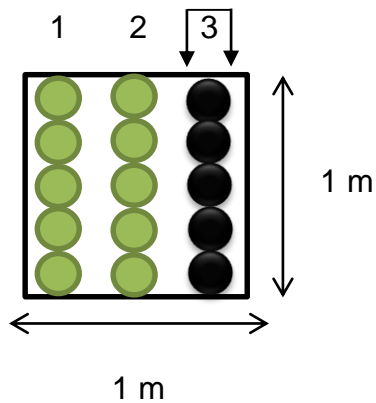
El cambio de la frecuencia para esta evaluación de eficiencia consistió en el programa mostrada en el cuadro 12.

Cuadro 12. Frecuencia del programa alto de fertirriego y frecuencia de evaluación de eficiencia

Programa Alto de Fertirriego			
Frecuencia Normal	Frecuencia de Evaluación	Sub fase fenológica	DDT
3 días	6 días	Establecimiento	0-30
2 días	4 días	Formación	30-60
1 día	2 días	Producción de Esquejes	60-120

Fuente: elaboración propia, 2018.

La fila utilizada para realizar la evaluación fue la 3 consistiendo de 5 bolsas (figura 23).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 23. Esquema de la fila utilizada para la evaluación de la eficiencia del programa alto de fertirriego.

2.4.11.16 Evaluación de la eficiencia de absorción de nutrientes

La eficiencia de absorción de nutrientes se obtuvo al cuantificar las cantidades de cada uno de los elementos aplicados en los fertilizantes (lo aplicado) durante los 120 días del estudio que formaron parte del programa alto de fertirriego, así como las cantidades de los elementos presentes en las plantas al momento de realizar los muestreos (lo consumido), por lo que al comparar lo aplicado en los fertilizantes con lo consumido por las plantas se procede a determinar los porcentajes de absorción de cada uno de los elementos.

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación se dan a conocer los datos obtenidos en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White) durante la prueba de determinación de la absorción de nutrientes realizada en la empresa Beauty Line Guatemala.

A continuación, se muestran los resultados y se discuten los efectos y comportamientos que ocurrieron a lo largo de la prueba.

2.5.1 Materia seca

Los siguientes resultados presentan los datos de materia seca obtenidos a lo largo del ciclo del cultivo en sus sub fases fenológicas.

En el cuadro 13 se observa la acumulación de materia seca por sub fase fenológica a lo largo de la fase fenológica de crecimiento de la bacopa, la cual tuvo una duración de 120 días para alcanzar el máximo potencial de producción siendo de 37 esquejes por bolsa según lo establecido por Beauty Line Guatemala hasta el año 2018. La acumulación de materia seca tuvo un mayor incremento entre los 75 y 120 días después de trasplante. La sub fase con mayor cantidad de materia seca fue la de producción de esquejes con un 82 % de la biomasa total acumulada por las plantas seguido de la sub fase de formación con un 17 % y finalmente la sub fase de establecimiento con un 1 %.

Cuadro 13. Acumulación de materia expresada en gramos y porcentajes de materia seca de planta completa por sub fase fenológica

Días después de trasplante	Fase Fenológica	Peso Fresco Planta (g)	% Materia Seca	Peso Seco Planta (g)	Peso Fresco Poda (g)	Peso Seco Poda (g)	Peso Seco de Planta y Poda (g)
15	Establecimiento	3.92	0.050	0.196	0	0	0.196
30		7.28	0.035	0.252	4.5	0.1575	0.409
45	Formación	12.56	0.162	2.036	12.09	0.6999	2.736
60		21.31	0.171	3.646	22.34	2.925	6.571
75	Producción de Esquejes	29.69	0.184	5.451	28.84	3.8883	9.339
90		52.89	0.210	11.091	57.71	8.6347	19.726
105		66.21	0.225	14.871	67.73	11.88077	26.752
120		79.72	0.241	19.220	91.72	17.4605	36.681

En la figura 24, se observan las curvas que muestran el crecimiento de las plantas de bacopa en relación a la ganancia de biomasa expresada como peso seco en gramos en el ciclo vegetativo del cultivo. Durante la sub fase de establecimiento de los (0-30 DDT) las plantas con poda acumularon 0.41 gramos de biomasa, en la sub fase de formación (30-60 DDT) las plantas acumularon 6.16 gramos y en la sub fase de producción de esquejes (60-120 DDT) acumularon 30.11 gramos, siendo esta sub fase la que tuvo la mayor acumulación de biomasa.

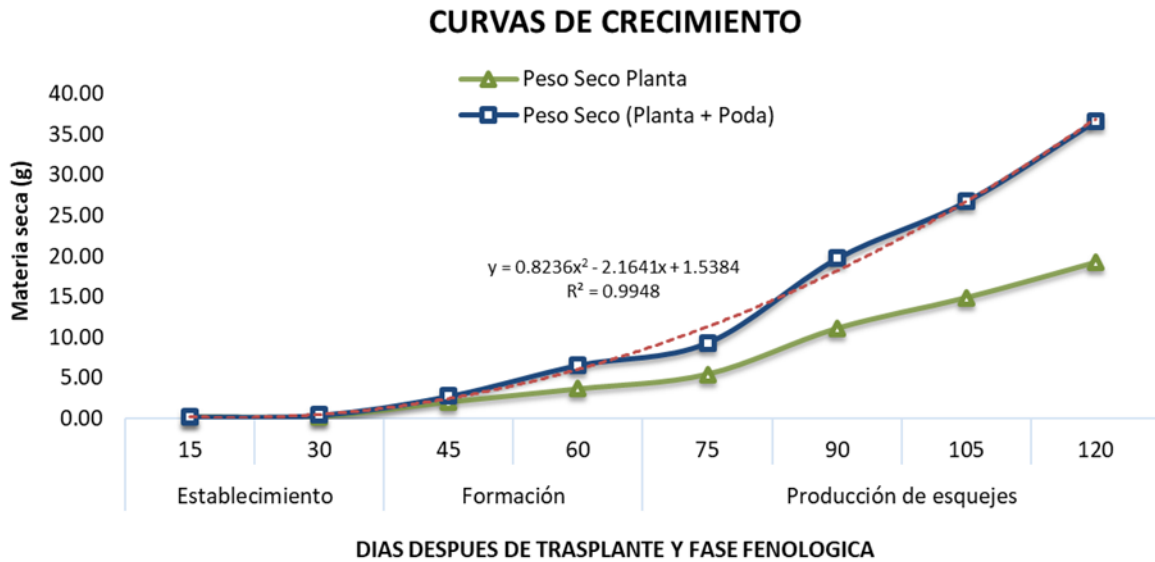


Figura 24. Curvas de acumulación de materia seca en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White)

No se observó la tendencia en la curva de crecimiento como lo normal para un cultivo anual (figura 9), debido a que durante el ciclo productivo las plantas están sometidas a mantenimiento, el cual consiste en recibir podas de formación además de la cosecha semanal de esquejes. Por medio de una línea de tendencia se observa que tan apegada estuvo la curva de crecimiento a un comportamiento perfecto, además del coeficiente de valoración (R^2) el cual expresa la fiabilidad del modelo estimado para los datos. El coeficiente puede tener valores entre 0, que implica que no hay ninguna relación lineal, y 1, que significa que se trata de una relación lineal perfecta (Riquelme, 2018).

Comparando las sub fases fenológicas del cultivo se observa que en la sub fase de establecimiento el 61 % equivale al peso seco de la planta y el 39 % al peso seco de la poda, mientras que para la sub fase de formación el 55 % equivale al peso seco de la planta y el 45 % al peso seco de la poda y finalmente en la sub fase de producción de esquejes el 52 % pertenece al peso seco de la planta y el 48 % al peso seco de la poda. Esto demuestra que al llegar a los 120 DDT la biomasa de las podas es similar a la biomasa de las plantas (figura 25).

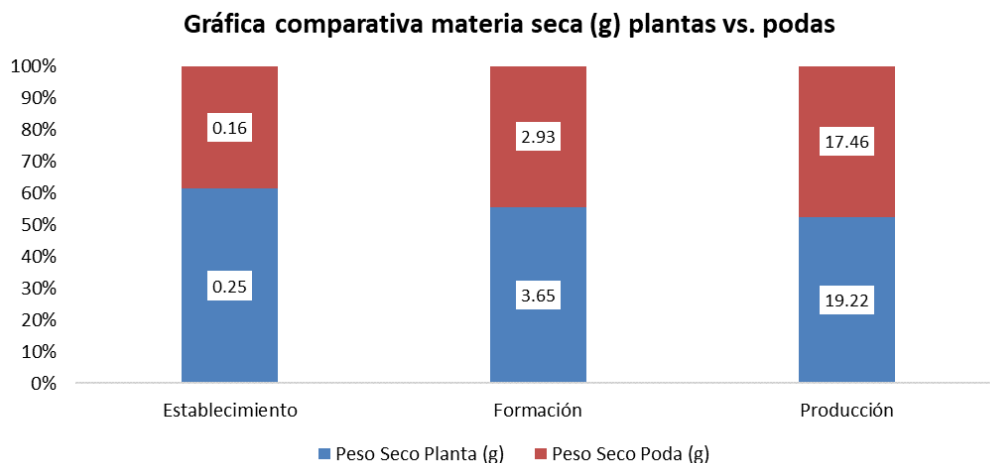


Figura 25. Gráfico comparativo de materia seca acumulada en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White) por sub fase fenológica.

2.5.2 Concentración de nutrientes en las plantas

Los elementos presentes en las plantas tuvieron un cierto comportamiento de acuerdo a la concentración que mantuvieron a lo largo de los muestreos durante la fase de crecimiento del cultivo (cuadro 14).

Cuadro 14. Descripción de la concentración de nutrientes en el cultivo de bacopa para sus sub fases fenológicas

CONCENTRACION DE NUTRIENTES								
Sub fase fenológica	Establecimiento		Formación		Producción de esquejes			
DDT	15	30	45	60	75	90	105	120
MACRONUTRIENTES	Porcentaje (%)							
Nitrógeno	3.64	2.86	3.72	4.13	4.52	4.38	3.33	3.03
Fósforo	0.42	0.43	0.41	0.49	0.43	0.42	0.41	0.42
Potasio	4.58	4.47	3.91	3.51	3.84	4.78	4.87	3.95
Calcio	0.73	0.52	0.58	0.53	0.65	0.66	0.65	0.60
Magnesio	0.43	0.38	0.39	0.4	0.39	0.35	0.39	0.31
Azufre	ND	ND	0.26	0.15	0.21	0.2	0.19	0.18
Sodio	0.62	0.71	0.43	0.35	0.53	0.48	0.50	0.50
MICRONUTRIENTES	Partes por millón (ppm)							
Hierro	183	58	144.94	273.07	228.54	262.77	173.99	277.47
Manganeso	75	75	83.51	94.4	64.05	47.52	48.73	55.74
Boro	ND	ND	34.62	50.98	39.51	38.44	36.43	26.56
Cobre	50	8	10.04	10.99	10.49	10.71	7.98	11.81
Zinc	17	16	16.9	19.71	15.15	15.01	16.97	17.91
Molibdeno	ND	ND	1.41	1.64	1.66	1.52	1.45	1.58

ND: Valor no disponible. En algunos muestreos no se pudo obtener datos de ciertos elementos debido a que no fueron brindados en los resultados por parte del laboratorio que realizó los análisis, siendo los elementos incompletos: S, B y Mo.

La tendencia en los resultados de concentración de los macronutrientes y micronutrientes fue variable en las sub fases fenológicas para algunos elementos. Saravia, F. 2004 hace mención que la concentración de los nutrientes en la planta varía dependiendo de la función del nutriente, la fase fenológica y el órgano. En el inciso 9 se observa el comportamiento por medio de graficas de cada uno de los nutrientes expresados como curvas de concentración a través de los 8 muestreos realizados correspondientes a los 120 días de duración del estudio, abarcando todas las sub fases fenológicas que presenta el cultivo durante su producción en la empresa Beauty Line Guatemala.

2.5.3 Absorción de nutrientes

Cuadro 15. Descripción de la absorción de nutrientes del cultivo de bacopa en sus sub fases fenológicas

ABSORCION DE NUTRIENTES								
Sub fase fenológica	Establecimiento		Formación		Producción de esquejes			
DDT	15	30	45	60	75	90	105	120
MACRONUTRIENTES	Gramos por unidad muestral (g/bolsa)							
Nitrogeno	0.007	0.012	0.102	0.271	0.422	0.864	0.891	1.111
Fosforo	0.001	0.002	0.011	0.032	0.040	0.083	0.110	0.154
Potasio	0.009	0.018	0.107	0.231	0.359	0.943	1.303	1.449
Calcio	0.001	0.002	0.016	0.035	0.061	0.130	0.174	0.220
Magnesio	0.001	0.002	0.011	0.026	0.036	0.069	0.104	0.114
Azufre	0.000	0.000	0.007	0.010	0.020	0.039	0.051	0.066
Sodio	0.001	0.003	0.012	0.023	0.050	0.095	0.133	0.184
MICRONUTRIENTES	Miligramos por unidad muestral (mg/bolsa)							
Hierro	0.036	0.024	0.397	1.794	2.134	5.183	4.654	10.178
Manganeso	0.015	0.031	0.228	0.620	0.598	0.937	1.304	2.045
Boro	0.000	0.000	0.095	0.335	0.369	0.758	0.975	0.974
Cobre	0.010	0.003	0.027	0.072	0.098	0.211	0.213	0.433
Zinc	0.003	0.007	0.046	0.130	0.141	0.296	0.454	0.657
Molibdeno	0.000	0.000	0.004	0.011	0.016	0.030	0.039	0.058

Los valores del cuadro 15 revelan los resultados de absorción de nutrientes del cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var Gulliver White) hasta los 120 DDT cubriendo todas las sub fases fenológicas de interés comercial, alcanzando el máximo rendimiento productivo de esquejes reportado por la empresa hasta el año 2018, siendo de 37 esquejes por bolsa.

En cuanto al comportamiento de la absorción de nutrientes por parte del cultivo, para la totalidad de elementos, el punto de mayor incremento se dio entre los 75 y 90 DDT, esto debido a que entre esos días fue la mayor ganancia de biomasa del cultivo y ya que la

absorción está relacionada directamente a la cantidad de biomasa, esta es la razón principal del comportamiento similar entre la mayoría de curvas de absorción, sin embargo, hay excepciones ya que para algunos elementos el incremento dentro estos días fue menor con respecto a otros elementos, todo esto puede ser observado a través de las curvas de absorción de nutrientes y además validar su fiabilidad con la ayuda de las líneas de tendencia y el valor del coeficiente de determinación R^2 presentes en las curvas de cada uno de los elementos evaluados.

2.5.3.1 Absorción de Nitrógeno (N)

La figura 26, muestra la curva de absorción de nitrógeno expresada en g/bolsa a través de las tres sub fases de interés comercial manejadas, pertenecientes a la fase de crecimiento. Durante la sub fase de establecimiento (0-30 DDT) la unidad muestral que consistió de cuatro plantas de bacopa por bolsa, absorbió 0.012 g N/bolsa representando el 1 % del total absorbido, en la sub fase de formación (30-60 DDT) se presentó una absorción de 0.259 g N/bolsa representando el 23 % del total absorbido, mientras que la absorción de nitrógeno en la producción de esquejes (60-120 DDT) fue de 0.84 g N/bolsa representando el 76 % del total absorbido. La línea de tendencia refleja un posible error en el muestreo de los 90 DDT, sin embargo, el valor de R^2 fue de 0.9637 siendo aceptable.

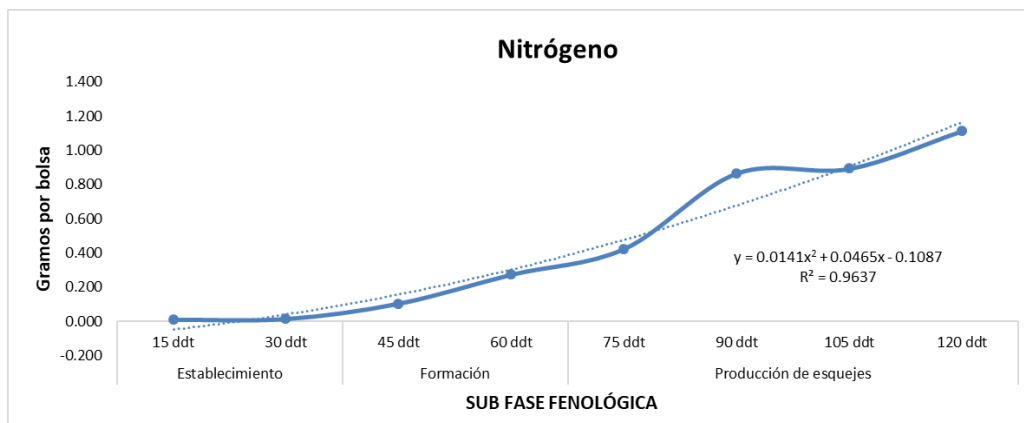


Figura 26. Curva de absorción de Nitrógeno en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White)

2.5.3.2 Absorción de Fósforo (P)

En la figura 27, se muestra el comportamiento de la curva de absorción del fosforo expresada en g/bolsa a través de las tres sub fases de interés comercial manejadas, pertenecientes a la fase de crecimiento. En la sub fase de establecimiento (0-30 DDT) la absorción fue de 0.002 g P/bolsa representando el 1 % del total absorbido, en la sub fase

de formación (30-60 DDT) el cultivo absorbió 0.03 g P/bolsa representando el 20 % del total absorbido, mientras que en la fase de producción de esquejes (60-120 DDT) se absorbieron 0.122 g P/bolsa representando el 79 % del total absorbido. La línea de tendencia refleja un mínimo error en el muestreo de los 75 DDT según el comportamiento de la curva, sin embargo, el valor de R^2 fue de 0.9936 lo que indica una buena fiabilidad del modelo.

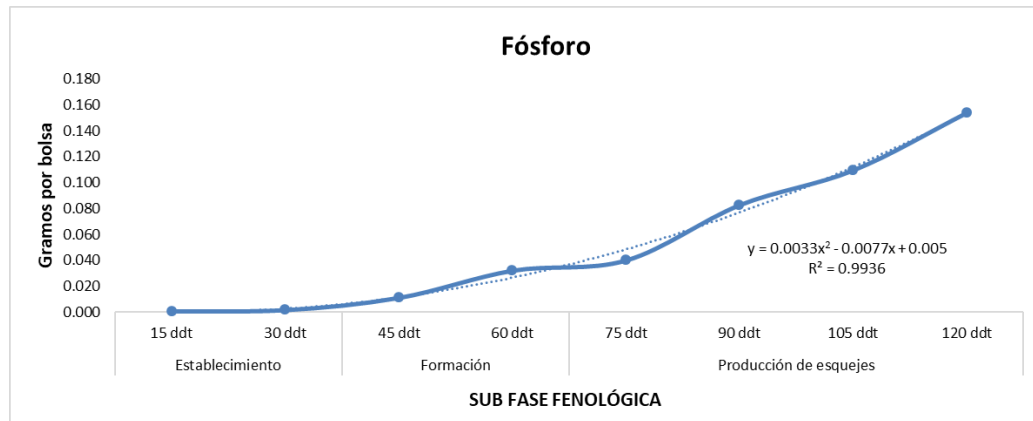


Figura 27. Curva de absorción de Fósforo en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White)

2.5.3.3 Absorción de Potasio (K)

En la figura 28, se muestra el comportamiento de la absorción del potasio expresada en g/bolsa a través de las tres sub fases de interés comercial manejadas, pertenecientes a la fase de crecimiento. En la sub fase de establecimiento (0-30 DDT) la absorción fue de 0.018 g K/bolsa representando el 1 % del total absorbido, en la sub fase de formación (30-60 DDT) el cultivo absorbió 0.212 g K/bolsa representando el 15 % del total absorbido, mientras que en la fase de producción de esquejes (60-120 DDT) se absorbieron 1.218 g K/bolsa representando el 84 % del total absorbido. La línea de tendencia refleja que pudieron existir errores de muestreo en la producción de esquejes ya que el comportamiento de la curva fue irregular en esta sub fase. El valor de R^2 fue de 0.9657 indicando una buena fiabilidad.

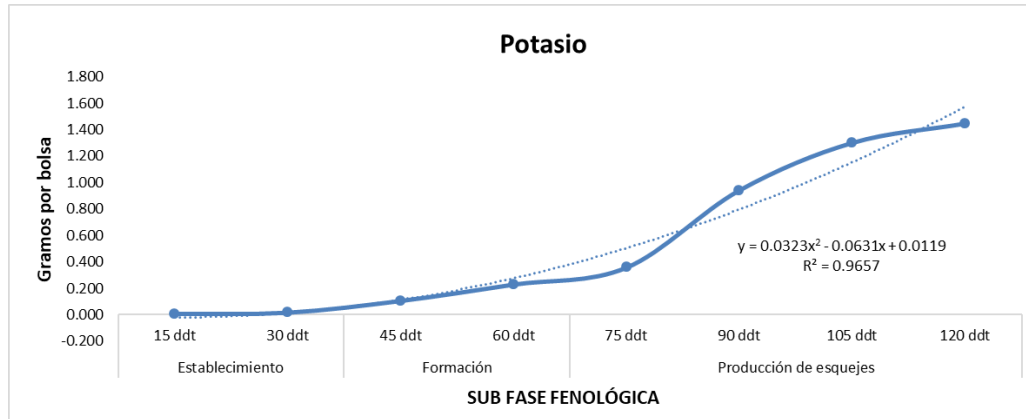


Figura 28. Curva de absorción de Potasio en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

2.5.3.4 Absorción de Calcio (Ca)

En la figura 29, se muestra la absorción del calcio expresada en g/bolsa a través de las tres sub fases de interés comercial manejadas, pertenecientes a la fase de crecimiento. En la sub fase de establecimiento (0-30 DDT) la absorción fue de 0.002 g Ca/bolsa representando el 1 % del total absorbido, en la sub fase de formación (30-60 DDT) el cultivo absorbió 0.033 g Ca/bolsa representando el 15 % del total absorbido, mientras que en la fase de producción de esquejes (60-120 DDT) se absorbieron 0.185 g Ca/bolsa representando el 84 % del total absorbido.

Con la ayuda de la línea de tendencia se refleja que en la producción de esquejes existieron errores de muestreo específicamente en los 75 DDT y 90 DDT que provocaron un comportamiento fuera del rango de la curva para esta sub fase. El valor de R^2 fue de 0.9895 indicando una buena fiabilidad del gráfico.

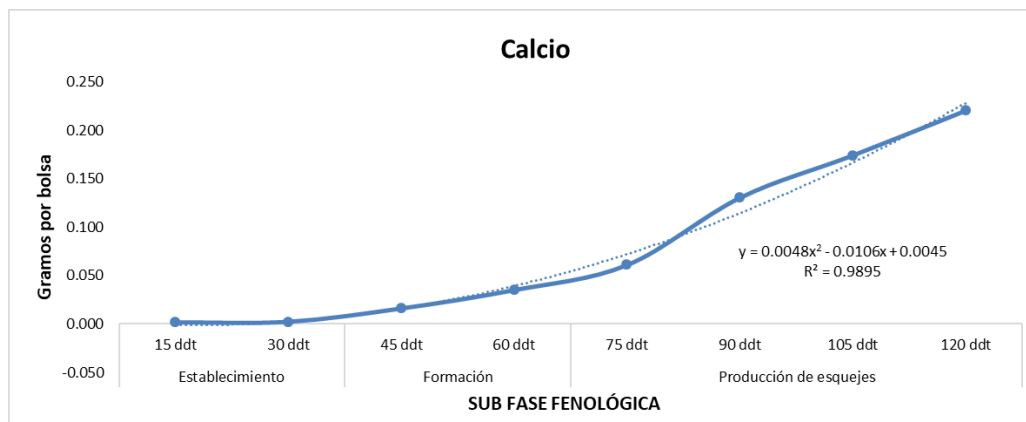


Figura 29. Curva de absorción de Calcio en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White)

2.5.3.5 Absorción de Magnesio (Mg)

La absorción del magnesio se muestra en la figura 30, expresada en g/bolsa a través de las tres sub fases de interés comercial manejadas, pertenecientes a la fase de crecimiento. En la sub fase de establecimiento (0-30 DDT) la absorción fue de 0.002 g Mg/bolsa representando el 1 % del total absorbido, en la sub fase de formación (30-60 DDT) el cultivo absorbió 0.025 g Mg/bolsa representando el 22 % del total absorbido, mientras que en la fase de producción de esquejes (60-120 DDT) se absorbieron 0.087 g Mg/bolsa representando el 77 % del total absorbido.

La línea de tendencia refleja que pudieron existir errores de muestreo en la producción de esquejes ya que el comportamiento de la curva fue irregular en esta sub fase. Estos errores se manifiestan en los muestreos de 75 DDT y 105 DDT provocando un comportamiento irregular de la curva. El valor de R^2 fue de 0.9785 indicando una buena fiabilidad.

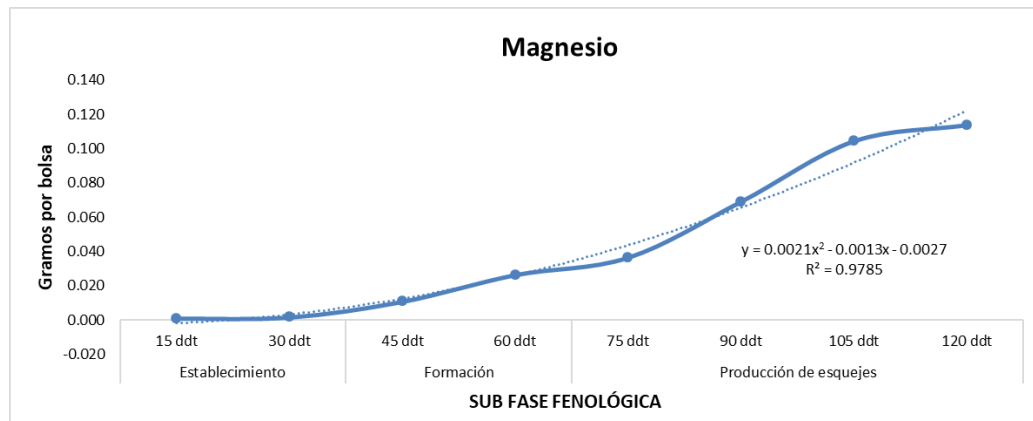


Figura 30. Curva de absorción de Magnesio en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White)

2.5.3.6 Absorción de Azufre (S)

En la figura 31, se muestra el comportamiento de la absorción del azufre expresada en g/bolsa a través de dos de las tres sub fases de interés comercial manejadas, pertenecientes a la fase de crecimiento. Hasta los 60 DDT correspondientes a las sub fases de establecimiento y formación, el cultivo absorbió 0.01 g S/bolsa. Por otra parte, en la sub fase de producción de esquejes (60-120 DDT) se absorbieron 0.056 g S/bolsa.

Con la ayuda de la línea de tendencia se lograron observar las irregularidades que presentó la curva de absorción de azufre en las sub fases de formación y producción de esquejes, esto debido a posibles errores en los muestreos de 60 DDT, 75 DDT y 90 DDT

que provocaron el comportamiento reflejado en el gráfico. El valor de R^2 fue de 0.9899 indicando una buena fiabilidad en el comportamiento de la curva a pesar de la carencia de algunos valores.

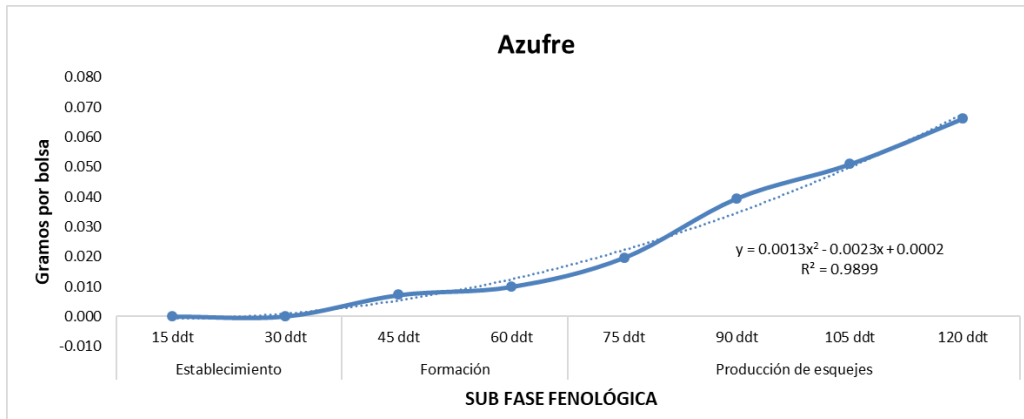


Figura 31. Curva de absorción de Azufre en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

2.5.3.7 Absorción de Sodio (Na)

El comportamiento de la absorción del sodio se aprecia en la figura 32, expresándose en g/bolsa a través de las tres sub fases de interés comercial manejadas, pertenecientes a la fase de crecimiento. En la sub fase de establecimiento (0-30 DDT) la absorción fue de 0.003 g Na/bolsa representando el 2 % del total absorbido, en la sub fase de formación (30-60 DDT) el cultivo absorbió 0.02 g Na/bolsa representando el 10 % del total absorbido, mientras que en la fase de producción de esquejes (60-120 DDT) se absorbieron 0.161 g Na/bolsa representando el 88 % del total absorbido.

La línea de tendencia refleja que el comportamiento de la curva de absorción a lo largo de las tres sub fases estuvo apegada lo más cercano posible a un modelo perfecto, además del valor de R^2 que fue de 0.9976 indicando una alta fiabilidad.

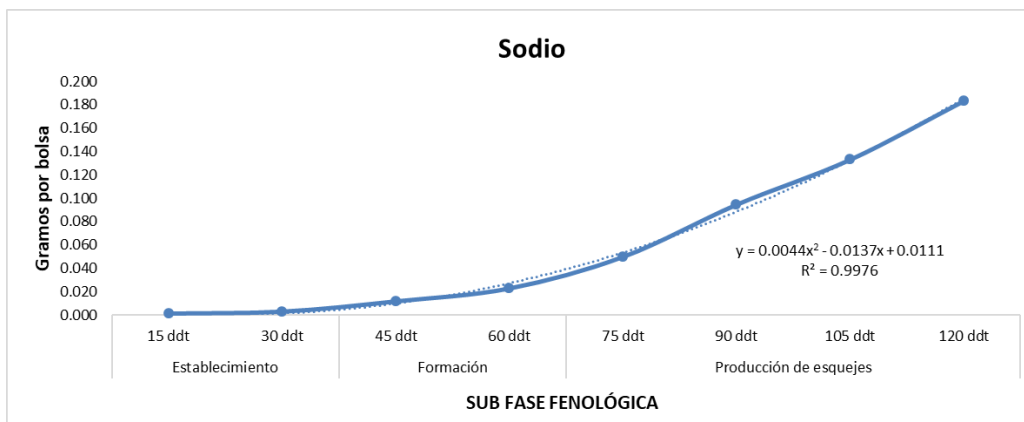


Figura 32. Curva de absorción de Sodio en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

2.5.3.8 Absorción de Hierro (Fe)

En la figura 33, se muestra el comportamiento de la absorción del hierro expresada en mg/bolsa a través de las tres sub fases de interés comercial manejadas, pertenecientes a la fase de crecimiento. En la sub fase de establecimiento (0-30 DDT) la absorción fue de 0.024 mg Fe/bolsa representando el 1 % del total absorbido, en la sub fase de formación (30-60 DDT) el cultivo absorbió 1.771 mg Fe/bolsa representando el 17 % del total absorbido, mientras que en la fase de producción de esquejes (60-120 DDT) se absorbieron 8.383 mg Fe/bolsa representando el 82 % del total absorbido.

Con la ayuda de la línea de tendencia se refleja que en las sub fases de formación y producción de esquejes existieron errores de muestreo específicamente en los 60 DDT, 90 DDT y 105 DDT que provocaron un comportamiento fuera del rango de la curva para estas sub fases, sin embargo, el valor de R^2 fue de 0.9336 lo que indica una buena fiabilidad del modelo siendo todavía un valor muy cercano a 1.

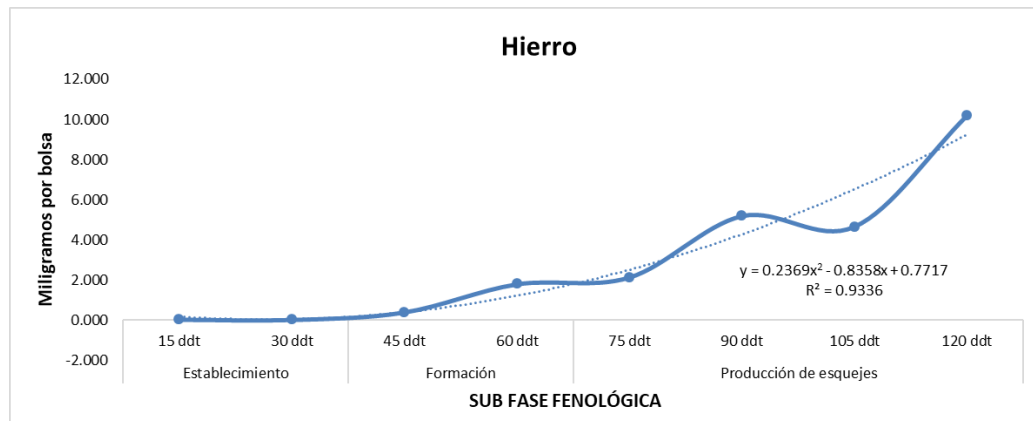


Figura 33. Curva de absorción de Hierro en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

2.5.3.9 Absorción de Manganeso (Mn).

En la figura 34, se muestra el comportamiento de la absorción del manganeso expresada en mg/bolsa a través de las tres sub fases de interés comercial manejadas, pertenecientes a la fase de crecimiento. En la sub fase de establecimiento (0-30 DDT) la absorción fue de 0.031 mg Mn/bolsa representando el 2 % del total absorbido, en la sub fase de formación (30-60 DDT) el cultivo absorbió 1.771 mg Mn/bolsa representando el 28 % del total absorbido, mientras que en la fase de producción de esquejes (60-120 DDT) se absorbieron 8.383 mg Mn/bolsa representando el 70 % del total absorbido. La línea de tendencia refleja que pudo existir error de muestreo en la formación, específicamente en

los 60 DDT ya que el comportamiento de la curva fue irregular en esta sub fase. El valor de R^2 fue de 0.9722 indicando una buena fiabilidad.

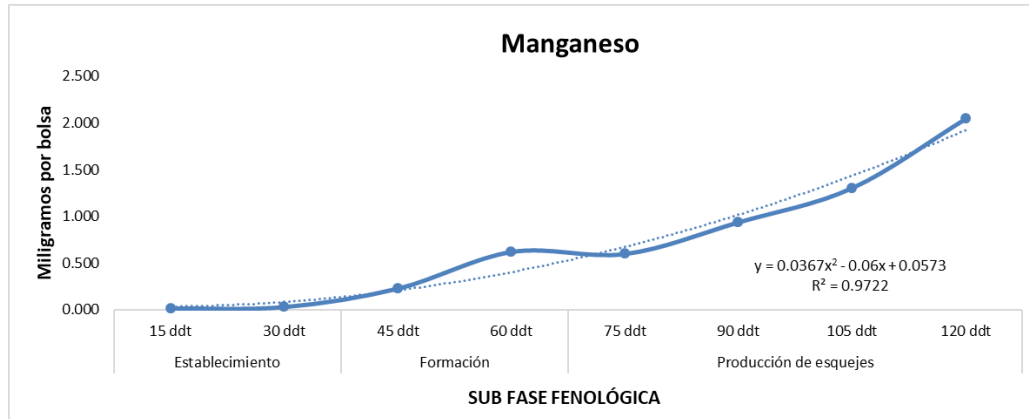


Figura 34. Curva de absorción de Manganeso en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

2.5.3.10 Absorción de Boro (B)

En la figura 35, se muestra el comportamiento de la absorción del boro expresada en mg/bolsa a través de dos de las tres sub fases de interés comercial manejadas, pertenecientes a la fase de crecimiento. Hasta los 60 DDT correspondientes a las sub fases de establecimiento y formación, el cultivo absorbió 0.335 mg B/bolsa. Por otra parte, en la sub fase de producción de esquejes (60-120 DDT) se absorbieron 0.639 mg B/bolsa.

Con la ayuda de la línea de tendencia se lograron observar las irregularidades que presentó la curva de absorción de boro en la sub fase de producción de esquejes, esto debido a posibles errores en los muestreos de 75 DDT, 90 DDT, 105 DDT y 120 DDT que provocaron el comportamiento reflejado en el gráfico. El modelo matemático generado puede ayudar a corregir los errores de los muestreos antes mencionados, así como los valores de los datos faltantes. El valor de R^2 fue de 0.952 indicando una buena fiabilidad en el comportamiento de la curva a pesar de la carencia de algunos valores.

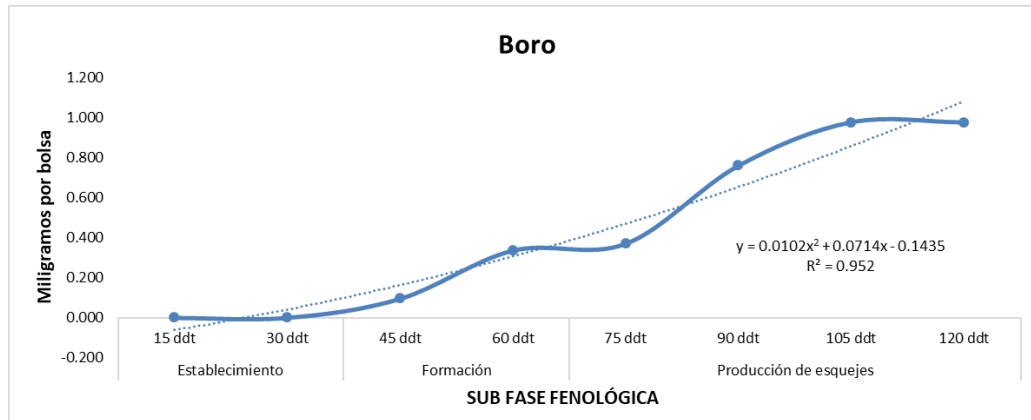


Figura 35. Curva de absorción de Boro en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

2.5.3.11 Absorción de Cobre (Cu)

En la figura 36, se muestra el comportamiento de la absorción de cobre expresada en mg/bolsa a través de las tres sub fases de interés comercial manejadas, pertenecientes a la fase de crecimiento. En la sub fase de establecimiento (0-30 DDT) la absorción fue de 0.003 mg Cu/bolsa representando el 1 % del total absorbido, en la sub fase de formación (30-60 DDT) el cultivo absorbió 0.069 mg Cu/bolsa representando el 16 % del total absorbido, mientras que en la fase de producción de esquejes (60-120 DDT) se absorbieron 0.361 mg Cu/bolsa representando el 83 % del total absorbido.

La línea de tendencia reflejó que pudieron existir errores de muestreo en la producción de esquejes, específicamente en los 90 DDT y 105 DDT ya que el comportamiento de la curva fue irregular en esta sub fase. El valor de R^2 fue de 0.9534 lo que indica una buena fiabilidad del modelo siendo todavía un valor muy cercano a 1.

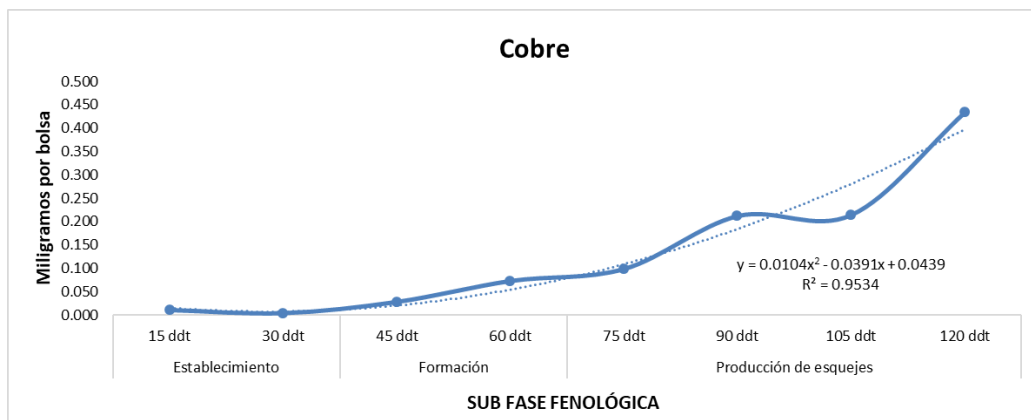


Figura 36. Curva de absorción de Cobre en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

2.5.3.12 Absorción de Zinc (Zn)

En la figura 37, se muestra la absorción de zinc expresada en mg/bolsa a través de las tres sub fases de interés comercial manejadas, pertenecientes a la fase de crecimiento. En la sub fase de establecimiento (0-30 DDT) la absorción fue de 0.007 mg Zn/bolsa representando el 1 % del total absorbido, en la sub fase de formación (30-60 DDT) el cultivo absorbió 0.123 mg Zn/bolsa representando el 19 % del total absorbido, mientras que en la fase de producción de esquejes (60-120 DDT) se absorbieron 0.527 mg Zn/bolsa representando el 80 % del total absorbido.

La línea de tendencia refleja que pudieron existir errores de muestreo en la formación y producción de esquejes ya que el comportamiento de la curva fue irregular en estas sub fases. Estos errores se manifiestan en los muestreos de 60 DDT y 75 DDT provocando un comportamiento irregular de la curva. El valor de R^2 fue de 0.9908 indicando una buena fiabilidad.

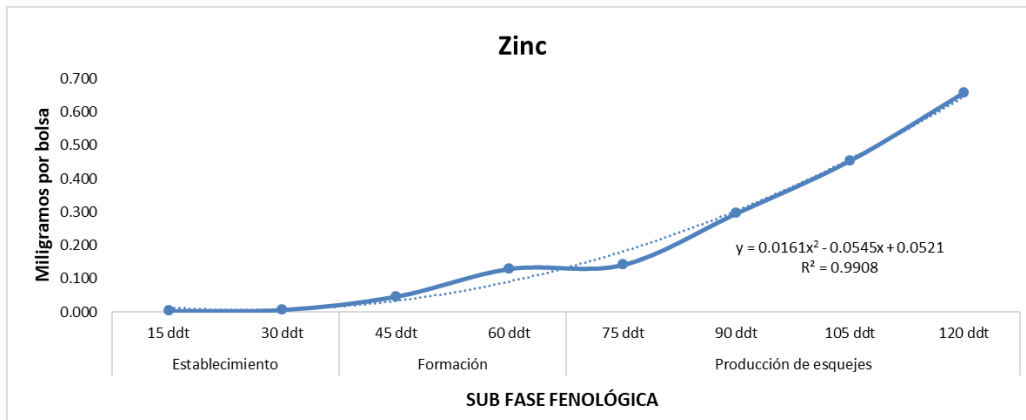


Figura 37. Curva de absorción de Zinc en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

2.5.3.13 Absorción de Molibdeno (Mo)

En la figura 38, se muestra el comportamiento de la absorción del molibdeno expresada en mg/bolsa a través de dos de las tres sub fases de interés comercial manejadas, pertenecientes a la fase de crecimiento. Hasta los 60 DDT correspondientes a las sub fases de establecimiento y formación, el cultivo absorbió 0.011 mg Mo/bolsa. Por otra parte, en la sub fase de producción de esquejes (60-120 DDT) se absorbieron 0.047 mg Mo/bolsa.

La línea de tendencia refleja que el comportamiento de la curva de absorción a lo largo de las tres sub fases estuvo apegada lo más cercano posible a un modelo perfecto a pesar de tener los primeros dos muestreos incompletos, además del valor de R^2 que fue de 0.9945 el cual indica una alta fiabilidad. El modelo matemático generado es una herramienta que

puede ayudar a establecer los valores de los datos faltantes en la sub fase de establecimiento, estimándolos en base al comportamiento de las sub fases disponibles.

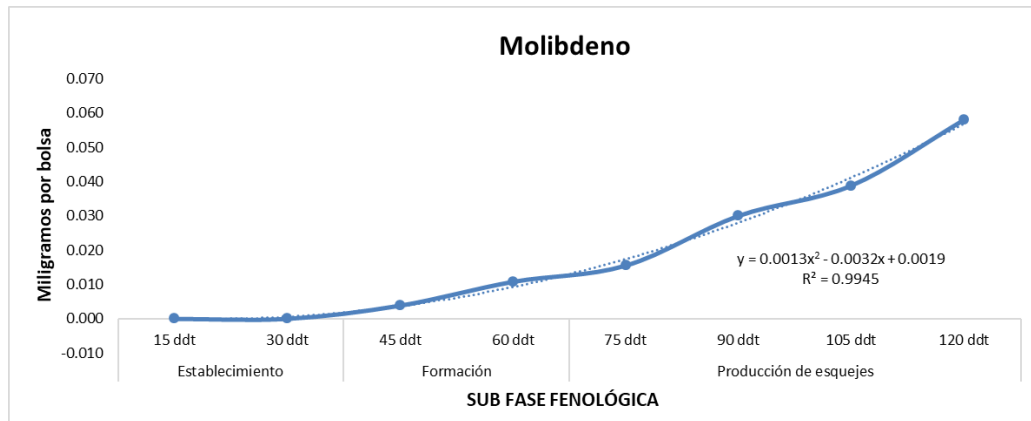


Figura 38. Curva de absorción de Molibdeno en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

2.5.4 Extracción de nutrientes por esquejes

La obtención de los datos de extracción de nutrientes es útil para conocer la cantidad de cada uno de los elementos que están saliendo de la planta durante cada cosecha de esquejes y de esta manera hacer una recomendación para mejorar el programa de fertilización utilizado.

La extracción de nutrientes por los esquejes se realizó de los 0-120 DDT, cubriendo las tres sub fases fenológicas de interés comercial. A continuación, se presentan los resultados obtenidos expresados en g/unidad muestral para macronutrientes y mg/unidad muestral para micronutrientes (cuadro 16).

Cuadro 16. Descripción de la extracción de nutrientes del cultivo de bacopa en sus sub fases fenológicas.

EXTRACCION DE NUTRIENTES								
Sub fase fenológica	Establecimiento		Formación		Producción de esquejes			
DDT	15	30	45	60	75	90	105	120
MACRONUTRIENTES	Gramos por unidad muestral (g/bolsa)							
Nitrógeno	0	0	0.0021	0.0055	0.0089	0.0158	0.0213	0.0261
Fosforo	0	0	0.0002	0.0006	0.0010	0.0018	0.0025	0.0030
Potasio	0	0	0.0026	0.0069	0.0112	0.0199	0.0268	0.0329
Calcio	0	0	0.0004	0.0011	0.0018	0.0032	0.0043	0.0052
Magnesio	0	0	0.0002	0.0006	0.0011	0.0019	0.0025	0.0031
Asufre	0	0	0.0001	0.0004	0.0006	0.0011	0.0015	0.0019
Sodio	0	0	0.0004	0.0009	0.0015	0.0027	0.0037	0.0045
MICRONUTRIENTES	Miligramos por unidad muestral (mg/bolsa)							
Hierro	0	0	0.0104	0.0276	0.0449	0.0795	0.1071	0.1313
Manganeso	0	0	0.0042	0.0113	0.0184	0.0326	0.0439	0.0538
Boro	0	0	0.0020	0.0052	0.0085	0.0150	0.0203	0.0248
Cobre	0	0	0.0028	0.0076	0.0123	0.0217	0.0293	0.0359
Zinc	0	0	0.0010	0.0026	0.0042	0.0074	0.0099	0.0122
Molibdeno	0	0	0.0001	0.0002	0.0003	0.0006	0.0008	0.0010

La sub fase de establecimiento no presenta valores de extracción de nutrientes debido a que de los (0-30 DDT) no existieron esquejes en las plantas por la inmadurez de los tejidos. La extracción de nutrientes realizada por los esquejes en la planta de bacopa se presentó a partir de los (45 DDT) correspondiendo a la sub fase de formación del cultivo. La mayor extracción de nutrientes ocurrió en la sub fase de producción ya que es donde se presenta la mayor cantidad de esquejes durante el ciclo productivo del cultivo, por lo tanto, al realizar la fertilización se debe tomar en cuenta además de lo que necesita el cultivo a través de la absorción, lo que está saliendo a través de los tejidos cosechables, en este caso los esquejes y de esta manera reponer los nutrientes que no son reciclados y no vuelven al sistema suelo.

Las cantidades de nutrientes extraídas por los esquejes fueron estimadas hasta los (120 DDT), alcanzando en este último muestreo los 37 esquejes por bolsa, considerado como máximo rendimiento del cultivo hasta el año 2018. La cosecha de esquejes es acumulativa y ocurre a partir de la sub fase de formación donde el cultivo ensaya para la producción. La sub fase de formación produjo un total de 22 esquejes de los (30-60 DDT), mientras que en la sub fase de producción de los (60-120 DDT) se produjeron 210 esquejes justificando el comportamiento ascendente en todas las curvas de extracción.

La figura 39 explica la extracción de los macronutrientes primarios expresados en g/bolsa durante la fase de crecimiento de la bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White) donde el potasio fue el elemento más extraído por los esquejes cosechados con 0.032 g K/bolsa, seguido del nitrógeno con 0.026 g N/bolsa y finalmente el fósforo con 0.003 g P/bolsa.

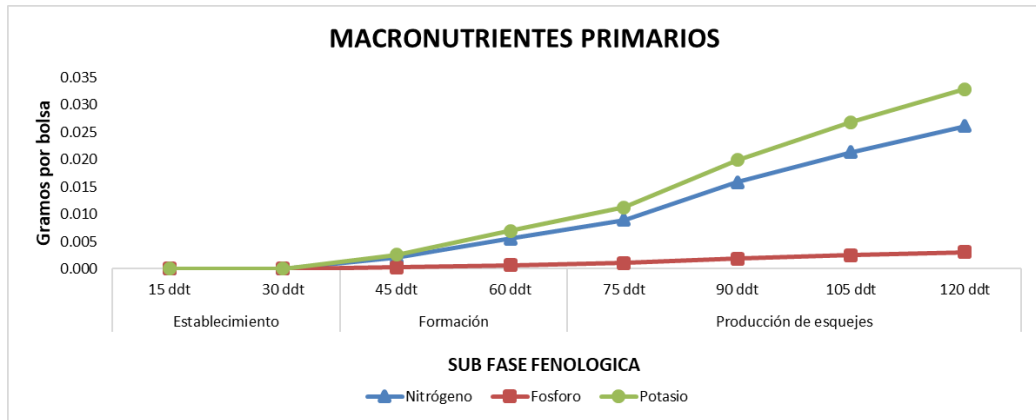


Figura 39. Curvas de extracción de macronutrientes primarios en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

El orden en cuanto a la extracción de macronutrientes secundarios fue el siguiente: Ca, Na, Mg y S. Este comportamiento se mantuvo constante desde las primeras cosechas hasta alcanzar el máximo rendimiento a los 120 DDT (figura 40).

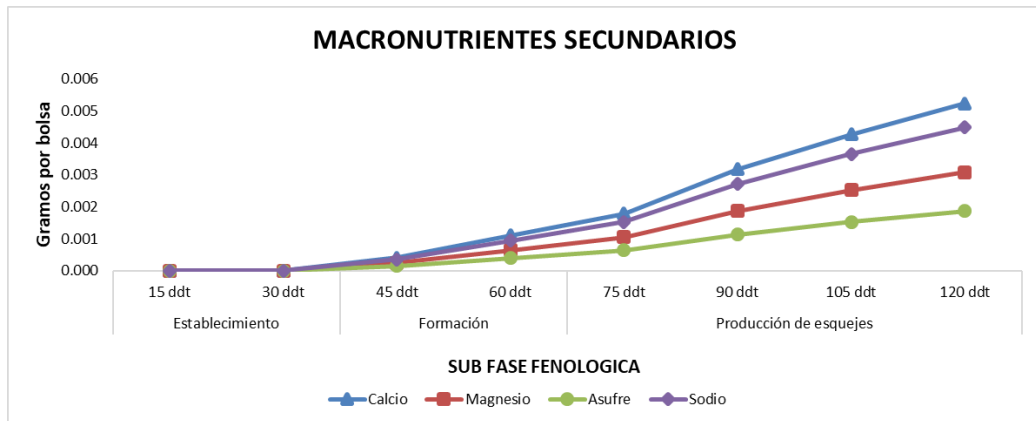


Figura 40. Curvas de extracción de macronutrientes secundarios en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

Los micronutrientes, aunque de menor cantidad también estuvieron presentes en las extracciones ocasionadas por los esquejes. El orden en que se presentaron fue: Fe, Mn, B, Cu, Zn y Mo. Estos resultados fueron expresados en mg. bolsa demostrados también en forma gráfica como curvas de extracción de micronutrientes (figuras 41 y 42).

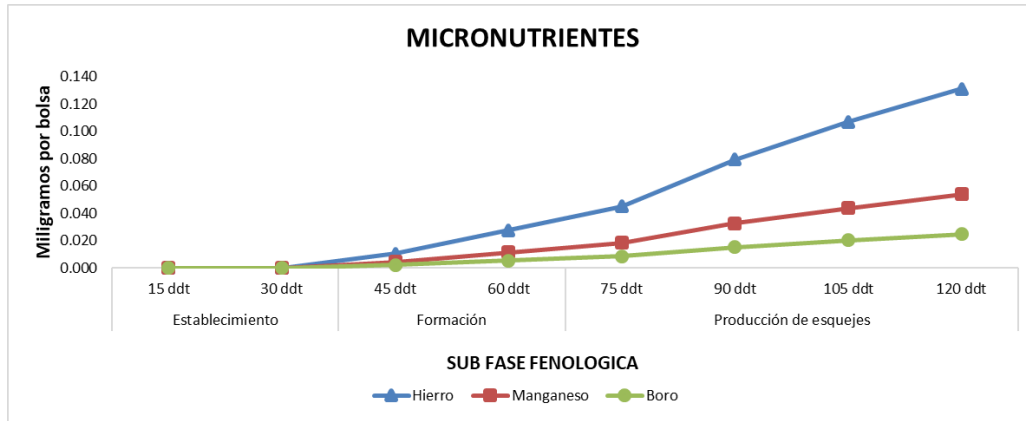


Figura 41. Curvas de extracción de micronutrientes Fe, Mn, B en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

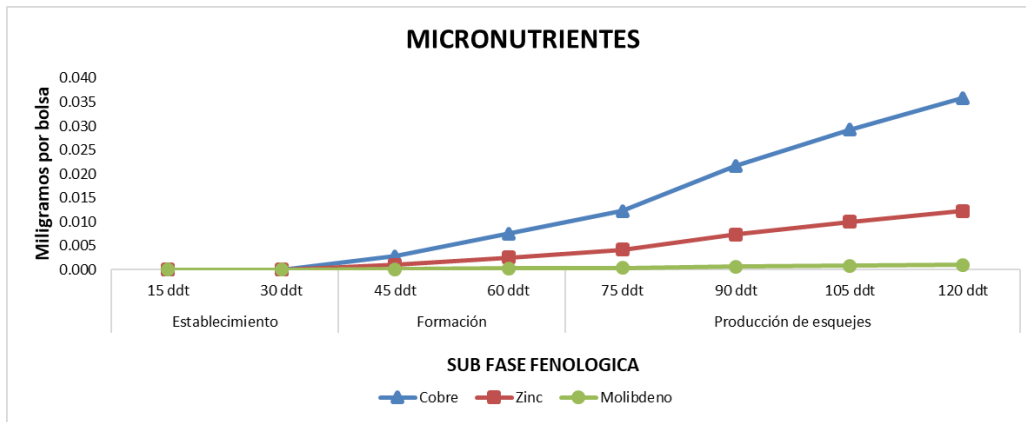


Figura 42. Curvas de extracción de micronutrientes Cu, Zn, Mo en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

2.5.5 Eficiencia del programa de fertirriego

Al finalizar la prueba se comparó una bolsa de bacopa a la que se le aplicaron la mitad de los fertirriegos totales correspondiente a la frecuencia establecida para este programa, contra una bolsa de bacopa a la que se le aplicaron el 100 % de las frecuencias de fertirriego según lo establecido por la empresa para este programa, (cuadro 7). El resultado presentó diferencia significativa para la bolsa con el 50 % menos de fertirriegos totales, donde existió una producción menor de esquejes y estos a su vez fueron de menor tamaño y por lo tanto calidad, en comparación con la bolsa que estuvo con la frecuencia de fertirriego normal (testigo). En cuanto a rendimiento la bolsa que estuvo con la frecuencia de fertirriego normal presentó un promedio 39 esquejes mientras que la bolsa con el doble de frecuencia presentó un promedio de 32 esquejes. (figura 43).

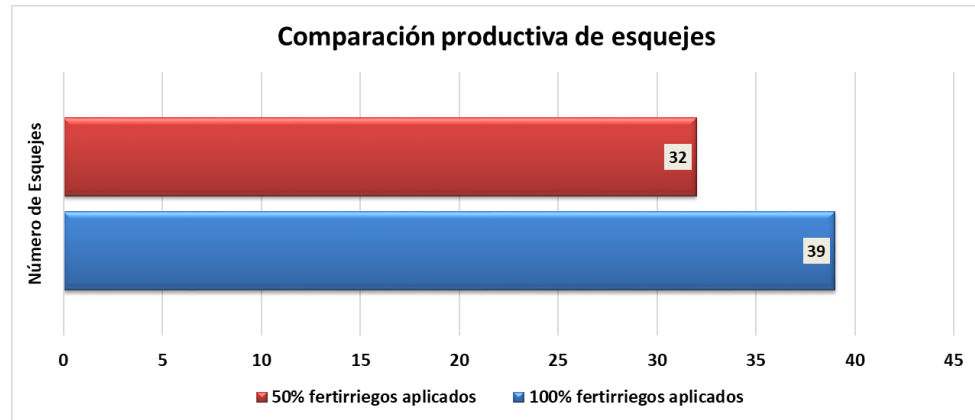


Figura 43. Comparación productiva de esquejes utilizando la frecuencia normal del programa de fertirriego versus el 50 % menos de lo normal.

Reduciendo la cantidad de fertirriegos aplicados en un 50 %, se obtiene un rendimiento similar en la producción comparado con la frecuencia normal establecida en Beauty Line Guatemala para el cultivo de bacopa, por lo tanto, esto implica una reducción de insumos para la solución nutritiva no afectando drásticamente el rendimiento por unidad de producción.

2.5.5.1 Comparación nutritiva variando la frecuencia de fertirriego

La concentración de nutrientes encontrada en la bolsa de bacopa con la frecuencia de fertirriego establecida por la empresa para este programa, fue similar a la concentración de nutrientes en la bolsa de bacopa con el 50 % menos de fertirriegos recibidos. Por lo tanto, se puede comprobar que, debido al bajo porcentaje de eficiencia en la absorción de nutrientes, las concentraciones de elementos presentes en el cultivo a los 120 DDT no tienen diferencia significativa indicando así también la baja eficiencia del programa de fertirriego (cuadro 17).

Cuadro 17. Comparación nutritiva comparando la frecuencia normal de fertirriego versus el 50 % menos.

Frecuencia de fertirriego	Frecuencia normal	50 % menos
DDT	120	120
Macronutrientes	Porcentaje (%)	
N	3.03	3.36
P	0.42	0.4
K	3.95	3.91
Ca	0.6	0.75
Mg	0.31	0.42
S	0.18	0.23
Micronutrientes	Partes por millón (ppm)	
Fe	277.47	260.51
Mn	55.74	77.51
B	26.56	37.51
Cu	11.81	14.76
Zn	17.91	18.49
Mo	1.58	1.4

2.5.6 Eficiencia agronómica de la absorción de nutrientes

Durante la fase fenológica de crecimiento correspondiente al tiempo en que el cultivo de bacopa está presente en la empresa para su producción, las plantas reciben los nutrientes esenciales para su desarrollo por medio del programa alto de fertirriego. La aplicación del fertirriego cumple con el objetivo de proveer los nutrientes necesarios directamente en el sustrato, sin embargo, hay una diferencia entre lo que se aplica y lo consumido por las plantas y esto concierne al término de eficiencia.

La importancia de conocer la eficiencia es determinar según lo que se está aplicando, cuanto es aprovechado y que esto pueda demostrar si el manejo actual es adecuado. Es importante el estudio de la eficiencia de uso de fertilizantes porque el interés es obtener los rendimientos más altos posibles con la misma aplicación de fertilizantes (Labrador, 1996).

En el cuadro 18, se presenta la eficiencia en la absorción de nutrientes que presentó la bacopa hasta los 120 DDT por unidad muestral.

Cuadro 18. Eficiencia agronómica de la absorción de macroelementos y microelementos (g/bolsa) en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White)

Elemento	Aplicado (g)	Absorbido (g)	Eficiencia de absorción (%)
N	4.36262	1.11000	25.44
P	2.01062	0.15400	7.66
K	5.03479	1.44900	28.78
Ca	3.72170	0.22000	5.91
Mg	0.92971	0.11400	12.26
S	1.31494	0.06600	5.02
Na	0.65335	0.18356	28.10
Fe	0.02806	0.01018	36.28
Mn	0.01294	0.00205	15.81
B	0.00655	0.00097	14.87
Cu	0.00907	0.00043	4.77
Zn	0.00403	0.00066	16.29
Mo	0.00202	0.00006	2.88

Al obtener los resultados de la eficiencia de absorción por elemento hasta los 120 DDT se aprecia que todos se encuentran por debajo del 50 % considerándose esta como muy baja. Esta tendencia se debe a la gran cantidad de lixiviado que ocurre durante cada uno de los fertirriegos debido a la porosidad del sustrato. Sabiendo la eficiencia de absorción se puede proceder a tomar decisiones, a menudo se pueden conseguir eficiencias más altas al reducir las dosis y sacrificar el rendimiento, pero generalmente esto no es económico o sostenible (Stewart, 2007).

2.6 CONCLUSIONES

1. Por medio de las curvas de absorción de nutrientes se determinó que el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White) absorbió para los macronutrientes en g/bolsa hasta los 120 días después de trasplante: nitrógeno = 1.11, fósforo = 0.15, potasio = 1.45, calcio = 0.22, magnesio = 0.11, azufre = 0.07 y para los micronutrientes en mg. bolsa: hierro = 10.18, manganeso = 2.05, boro = 0.97, cobre = 0.43, zinc = 0.66, molibdeno = 0.06, sodio = 183.56 alcanzando un rendimiento de 39 esquejes por bolsa.
2. La sub fase de mayor absorción de nutrientes en bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White) fue la de producción de esquejes (60-120 DDT) ya que representa el 81 % del total de materia seca acumulada. El orden en base a la absorción de macronutrientes fue: Potasio "K" (1.22 g/bolsa) seguido por nitrógeno "N" (0.84 g/bolsa), calcio "Ca" (0.19 g/bolsa), fósforo "P" (0.12 g/bolsa), magnesio "Mg" (0.09 g/bolsa) y azufre "S" (0.06 g/bolsa).
3. Se determinó que la eficiencia de absorción de nutrientes por parte de la bacopa bajo las condiciones nutricionales actuales es limitada ya que se encuentra por debajo del 26 % al llegar a un crecimiento deseado. Además, comparando plantas a los 120 días después de trasplante sometidas a la frecuencia normal del programa de fertirriego con plantas con la mitad de la cantidad de fertirriegos recibidos, el estado nutrimental fue similar en cuanto a la concentración de los nutrientes presentes en los tejidos de ambas muestras, sin embargo, afectó el rendimiento y el tamaño de los esquejes en las plantas que recibieron la mitad de fertilizaciones.

2.7 RECOMENDACIONES

1. Tomando en cuenta la baja eficiencia de absorción de nutrientes del cultivo de bacopa sobre el programa alto de fertirriego, se recomienda disminuir en un 50 % la concentración de los elementos del programa alto en las aplicaciones sobre la primer sub fase fenológica, al llegar a la sub fase de formación disminuir en un 25 % y al llegar a la producción de esquejes aplicar el 100 % de la concentración.
2. Observando la poca diferencia en cuanto al rendimiento de esquejes por bolsa al utilizar frecuencias de fertirriego mas espaciadas de las utilizadas normalmente por la empresa para el programa alto, se recomienda distanciar las aplicaciones de fertilizantes e intercalar aplicaciones solo con agua para evitar deshidratación, especialmente en las sub fases de establecimiento (0-30 DDT) y formación (30-60 DDT).
3. Examinando las pérdidas de nutrientes por medio de una comparación de lo absorbido versus lo aplicado, se recomienda tomar en cuenta la lixiviación para este tipo de sustrato y considerar una reutilización de la solución nutritiva para la disminución de costos y mayor aprovechamiento de los insumos agrícolas.
4. Elaborar un programa de fertilización basado en las curvas de absorción del cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White), tomando en cuenta la eficiencia de cada elemento para las condiciones del sustrato utilizado.
5. Disminuir la cantidad de solución nutritiva aplicada por día dosificándola en riegos de menor duración durante el día evitando el lixiviado.

2.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Beauty Line, Guatemala. 2018. Temperatura y humedad relativa de los meses de mayo a septiembre de 2018 de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala. Guatemala.
2. Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157 p.
3. Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. San José, Costa Rica, Editorial. 307 p. Citado de: Mite, J. 2005. Curva de absorción de nutrientes del cultivo de caña de azúcar en el valle de Cantarranas, Compañía Azucarera Tres Valles, Francisco Morazán, Honduras. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano.
4. Bertsch, F. 2005. Estudios de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización. Consultado 1 abr. 2018. Disponible en [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/76A0E12D2DF131AB05256FF200587B24/\\$file/Estudios+de+absorci%C3%B3n+de+nutrientes+como+apoyo.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/76A0E12D2DF131AB05256FF200587B24/$file/Estudios+de+absorci%C3%B3n+de+nutrientes+como+apoyo.pdf). Citado de: Corado J. 2012. Determinación de curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pascua *Euphorbia pulcherrima* ex. Klotzsch bajo condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
5. Bonilla Castro, E.; Hurtado Prieto, J.; Jaramillo Herrera, C. 2009. La investigación: Aproximaciones a la construcción del conocimiento científico. Colombia, Alfaomega.
6. California Plant Health Association, Soil Improvement Committee, US. 2004. Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento. Trad. Manuel Guzmán Ortiz. México, Limusa. 366 p. Citado de: Corado J. 2012. Determinación de curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pascua *Euphorbia pulcherrima* ex. Klotzsch bajo condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
7. Castro, P. 2017. Determinación de las curvas de acumulación en la variedad Albion de fresa (*Fragaria x ananassa*) para establecer los requerimientos nutricionales de las plantaciones desarrolladas en la zona de Fraijanes, Cantón Central de Alajuela. Tesis Ing. Agr. Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Consultado 22 nov. 2018. Disponible en <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/4326/1/41647.pdf>
8. Ciampitti, I.; García, F. 2008. Requerimientos nutricionales: Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. II; Hortalizas, frutales y forrajes. Consultado 15 ene. 2019. Disponible en <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1083>

9. Corado, J. 2012. Determinación de curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pascua *Euphorbia pulcherrima* ex. Klotzsch bajo condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
10. Correndo, A.; García, F. 2012. Concentración de nutrientes en planta como herramienta de diagnóstico: Cultivos extensivos. Buenos Aires, Argentina, International Plant Nutritión Institute, Archivo Agronómico no. 14, 8 p.
11. Danziger, I. 2018. Annual flowers & plants: North America catalog. USA, Danziger Group. 2 p. Consultado 1 abr. 2018. Disponible en <https://danzigeronline.com/catalog/annuals-usa/bacopa-sutera-cordata/>
12. Devlin, R.M. 1982. Fisiología vegetal. Trad. Xavier Limena. 4 ed. México, Omega. 517 p. Citado de: Corado, J. 2012. Determinación de curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pascua *Euphorbia pulcherrima* ex. Klotzsch bajo condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
13. Ecke III, P.; Faust, J.E.; Higgins, A.; Williams, J. 2004. The Ecke poinsettia manual. Singapore, Imago. p. 99-111. Citado de: Corado, J. 2012. Determinación de curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pascua *Euphorbia pulcherrima* ex. Klotzsch bajo condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
14. Estrada, M. 2010. Diagnóstico general y servicios prestados en la empresa “Grupo Hortícola de Exportación” y determinación de curvas de absorción de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en arveja china (*Pisum sativum* var. Atitlán), Sumpango, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
15. Fuentes Paz, E.S. 2015. Descripción de la dinámica de absorción nutrimental en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L. híbrido Diomede), bajo condiciones de invernadero en el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía (CEDA). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 86 p. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2850/1/TESIS%20PEPINO.pdf>
16. García, S. 2014. Evaluación de la dinámica nutrimental en el cultivo de zanahoria morada (*Daucus carota* L. híbr. Deep Purple F1) en la finca La Suiza, San Lucas Sacatepéquez, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
17. González, D. 2011. Evaluando el acolchado plástico en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) y servicios comunitarios en el caserío Laguna de Retana, municipio de

El Progreso, Jutiapa, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.

18. Hernández, J. 2013. Nutrición mineral en plantas (I). Consultado 29 nov. 2018. Disponible en <https://cienciacebas.wordpress.com/2013/09/12/nutricion-mineral-en-plantas-i/>
19. Labrador, J. 1996. La materia orgánica en los sistemas agrícolas. Madrid, España, Ministerio de Pesca y Alimentación. Consultado 15 mar. 2019. Disponible en https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_03.pdf
20. Mite, J. 2005. Curva de absorción de nutrientes del cultivo de caña de azúcar en el valle de Cantarranas, Compañía Azucarera Tres Valles, Francisco Morazán, Honduras. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano.
21. Navarrete, R. 2005. Curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de campo en Zamorano. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Consultado 21 nov. 2018. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5242/1/CPA-2005-T061.pdf>
22. Padilla, A. 2007. Curvas de absorción de nutrientes de la rosa variedad Rockefeller bajo condiciones de macrotúnel en la empresa Agroganadera Espinosa Chiriboga, Cotopaxi, Ecuador. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Consultado 13 ene. 2019. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/819/1/T2463.pdf>
23. Penell, L. 1946. Clasificación taxonómica de *Bacopa monnieri*. The Plant List. Tropicos. England. Consultado 29 nov. 2018. Disponible de <http://www.tropicos.org/Name/29200253>
24. Quality Analytical Laboratories. 2017. s.f. Reporte analítico de sustrato reciclado. Estados Unidos. Disponible en <http://www.qal.us/home.html>
25. Riquelme, M. 2018. Coeficiente de Determinación R2. Web y Empresas. Consultado 16 mar. 2019. Disponible en <https://www.webyempresas.com/coeficiente-de-determinacion-r2/>
26. Sancho V, H. s.f. Curvas de absorción de nutrientes: importancia y uso en los programas de fertilización. Consultado 13 nov. 2018. Costa Rica, Fertica, Informaciones Agronómicas no. 36. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-laahp.nsf/0/765C8D66598A491B852579A3007A3289/\\$FILE/Curvas%20de%20Absorci%C3%B3n.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-laahp.nsf/0/765C8D66598A491B852579A3007A3289/$FILE/Curvas%20de%20Absorci%C3%B3n.pdf). Citado de: Estrada, M. 2010. Determinación de curvas de absorción de Nitrógeno (N), Fósforo (P), y Potasio (K) en arveja china (*Pisum sativum* var Atilán), Sumpango, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.

27. Saravia, F. 2004. Elaboración de curvas de absorción de nutrientes para la variedad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Alboran bajo condiciones de invernadero en Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Consultado 21 nov. 2018. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2108/1/CPA-2004-T052.pdf>
28. Stewart, W. 2007. Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes. Informaciones agronómicas. Quito, Ecuador, International Plant Nutrition Institute. Consultado 15 mar. 2019. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-la hp.nsf/0/EC5D7D4A78BB6D6D852579A3006CB4D4/\\$FILE/Consideraciones%20en%20el%20Uso%20Eficiente%20de%20Nutrientes.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-la hp.nsf/0/EC5D7D4A78BB6D6D852579A3006CB4D4/$FILE/Consideraciones%20en%20el%20Uso%20Eficiente%20de%20Nutrientes.pdf)
29. Tisdale, S.L.; Nelson, W.L. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. por Jorge Balasch y Carmen Piña. México, UTHEA. 760 p. Citado de: Corado, J. 2012. Determinación de curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pascua *Euphorbia pulcherrima* ex. Klotzsch bajo condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
30. Torres, C. 2009. Curvas de crecimiento: práctica no. 4 (en línea). Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Subárea de Manejo y Protección de Plantas, Laboratorio de Fertilidad de Suelos. Consultado 13 nov. 2018. Disponible en <https://es.scribd.com/doc/12961359/Practica-4-Curvas-de-Crecimiento>
31. Vargas, J. 2012. Extracción nutrimental de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en diferentes mezclas de sustratos. Tesis MSc. Chapingo, México, Universidad Autónoma de Chapingo. Consultado 15 ene. 2019. Disponible en <https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2012052809127067.pdf>

2.9 ANEXOS

2.9.1 Curvas de concentración de nutrientes, elaboradas durante la investigación

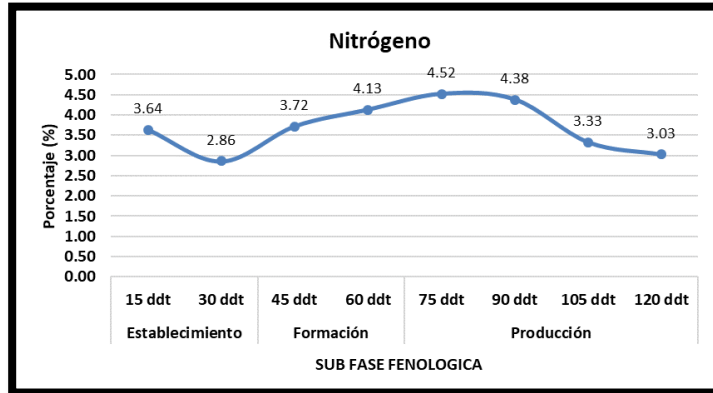


Figura 44A. Curva de concentración de N en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

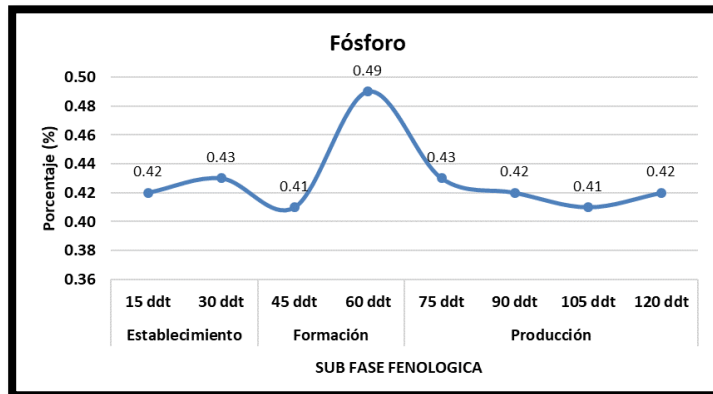


Figura 45A. Curva de concentración de P en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

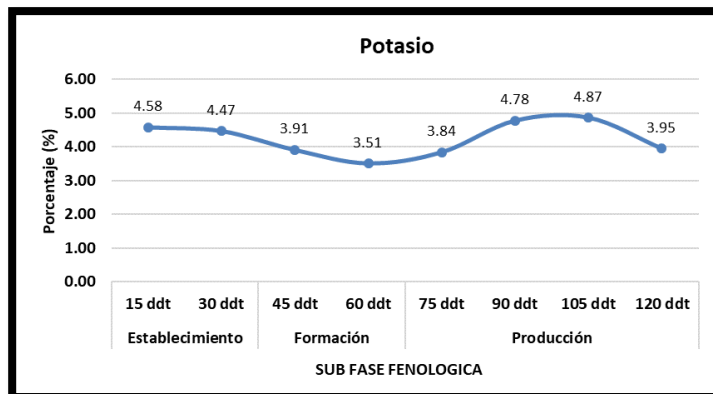


Figura 46A. Curva de concentración de K en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

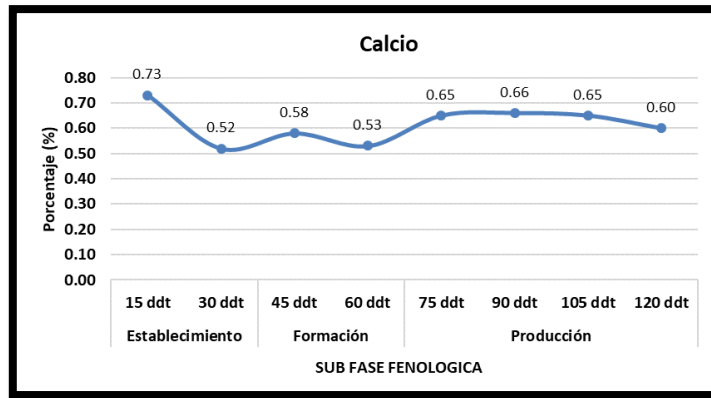


Figura 47A. Curva de concentración de Ca en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

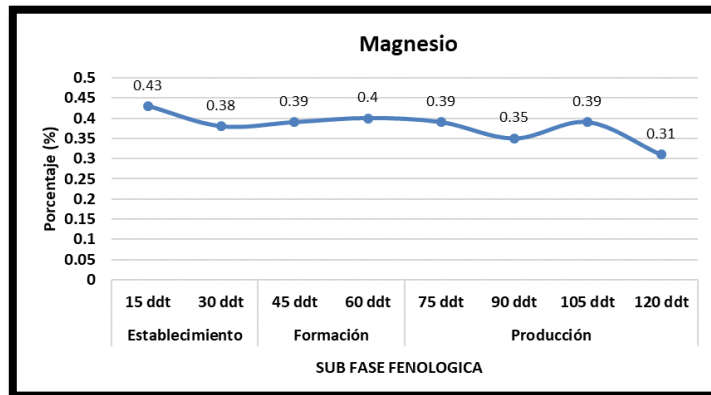


Figura 48A. Curva de concentración de Mg en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

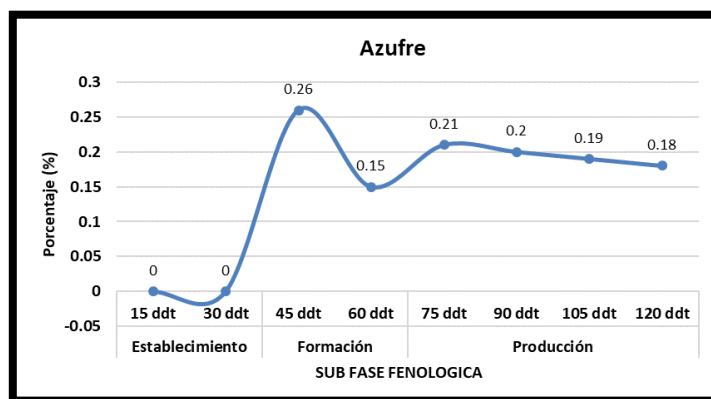


Figura 49A. Curva de concentración de S en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

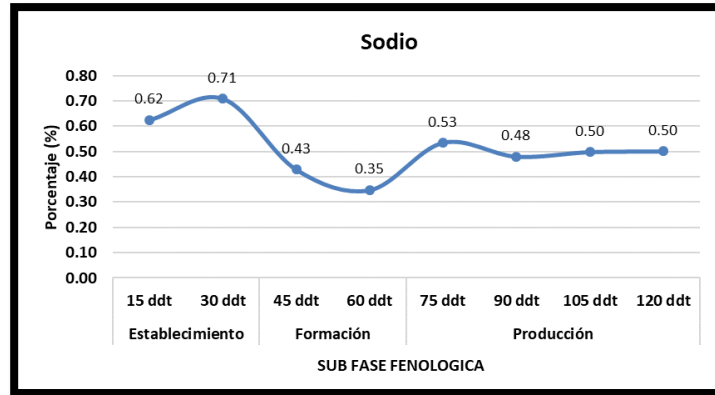


Figura 50A. Curva de concentración de Na en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

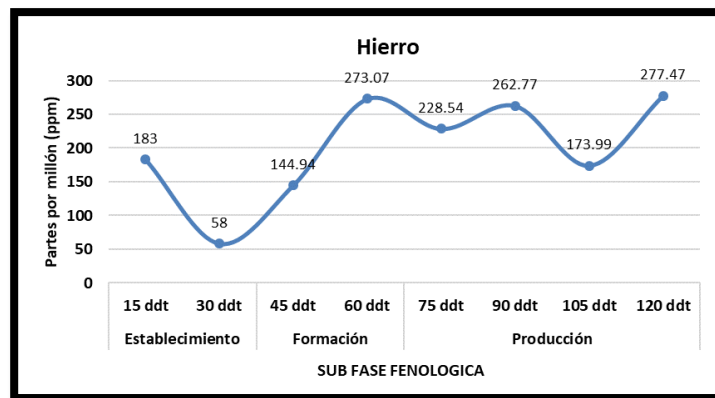


Figura 51A. Curva de concentración de Fe en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

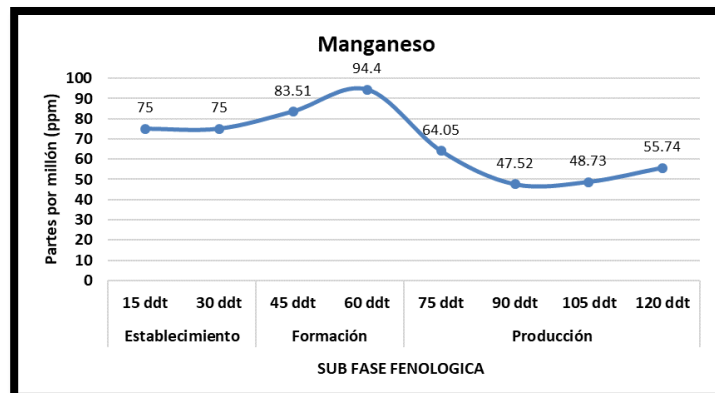


Figura 52A. Curva de concentración de Mn en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White).

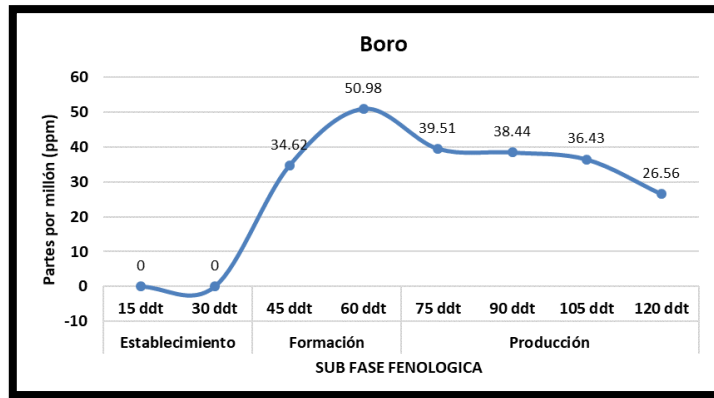


Figura 53A. Curva de concentración de B en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White)

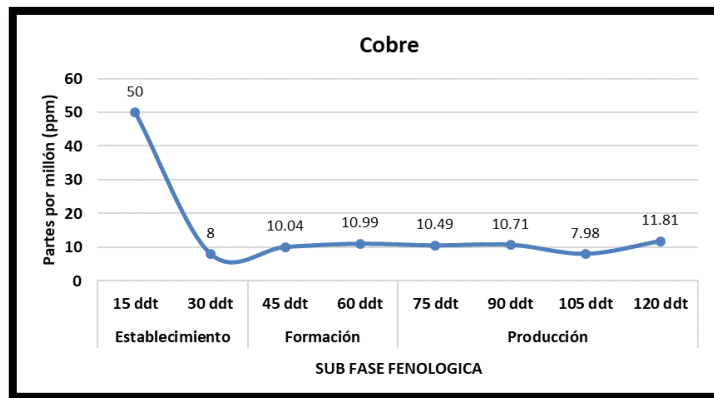


Figura 54A. Curva de concentración de Cu en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White)

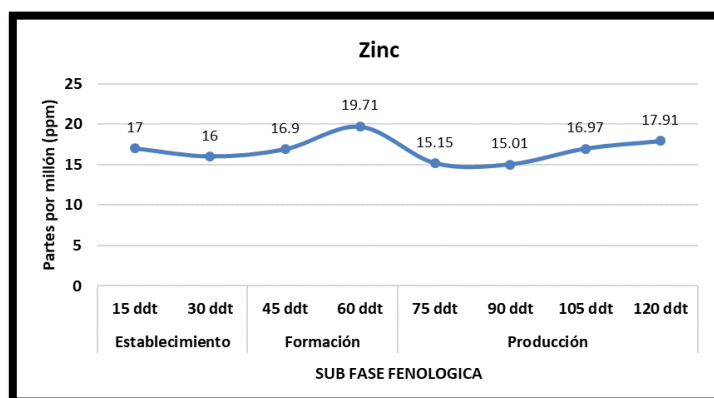


Figura 55A. Curva de concentración de Zn en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White)

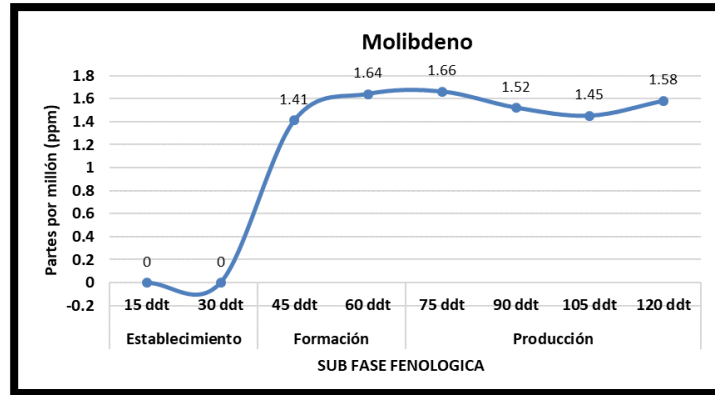
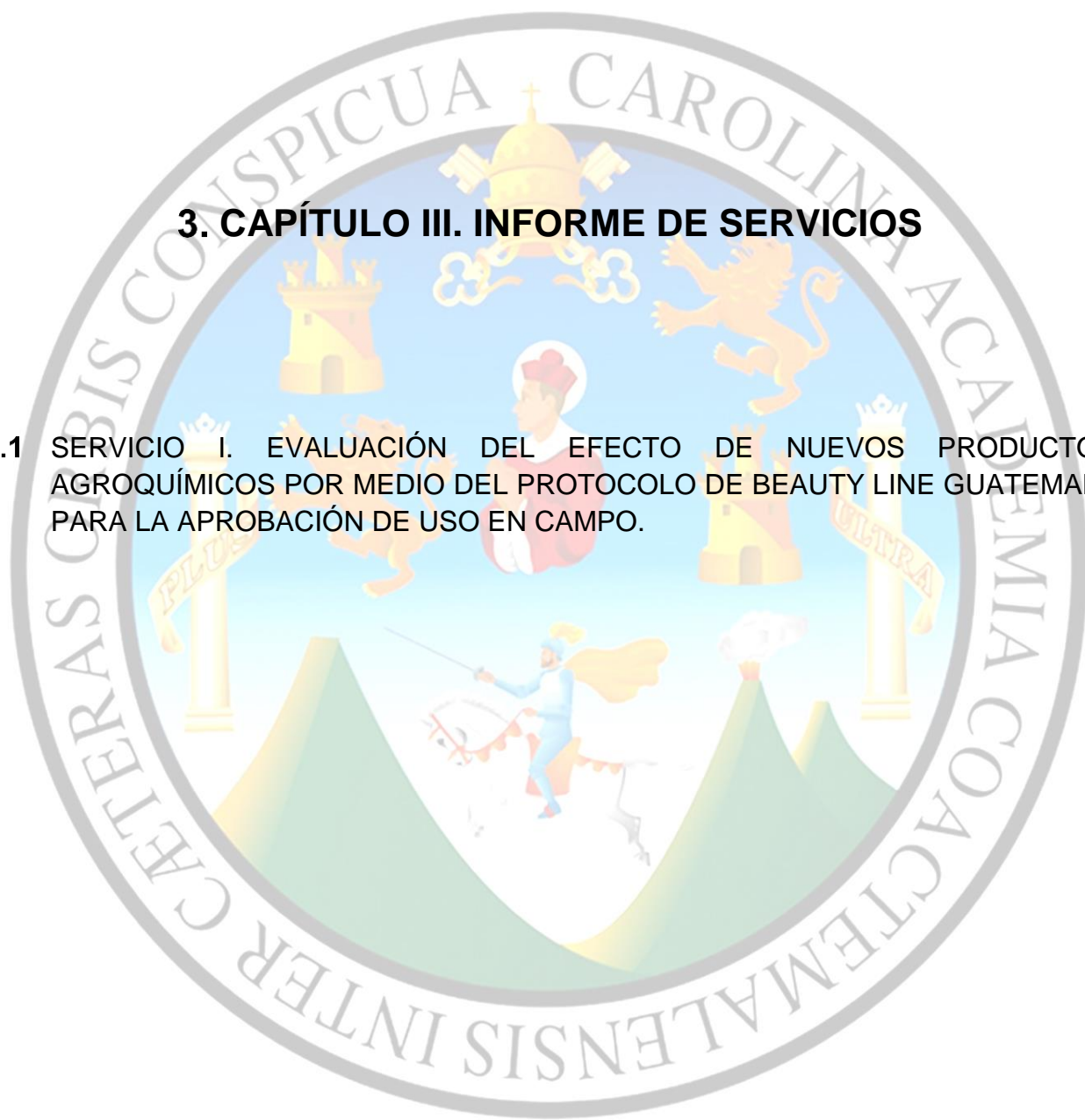


Figura 56A. Curva de concentración de Mo en el cultivo de bacopa (*Bacopa monnieri* var. Gulliver White)

3. CAPÍTULO III. INFORME DE SERVICIOS

- 3.1** SERVICIO I. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE NUEVOS PRODUCTOS AGROQUÍMICOS POR MEDIO DEL PROTOCOLO DE BEAUTY LINE GUATEMALA PARA LA APROBACIÓN DE USO EN CAMPO.



3.1.1 Presentación

Debido a la presencia de plagas en los invernaderos es necesario la utilización de ciertos agroquímicos para la erradicación de las mismas, por ende, es preciso conocer qué productos sirven para ciertas plagas y la forma en que actúan. El uso adecuado de estos es importante para no provocar resistencia en campo además de saber si el agroquímico utilizado deja residualidad y así poder realizar combinaciones de productos cuando se tiene más de una plaga a la vez.

La empresa Beauty Line Guatemala en el área de Sprayers utiliza cierto catálogo de productos que con el tiempo necesitan ser rotados o reemplazados por otros. En este servicio se pretende realizar pruebas para la utilización de nuevos productos agroquímicos en el combate de plagas, por lo tanto, antes es necesario realizar pruebas de cada uno de ellos debido a que hay ciertos cultivos que presentan reacciones negativas al contacto con estas sustancias siendo más vulnerables y delicados en su manejo.

Las pruebas fueron realizadas como lo indicó el protocolo de implementación de nuevos productos agroquímicos de Beauty Line Guatemala, utilizando la dosis recomendada por la casa comercial, dosis al 25 % por encima de la recomendada y dosis al 300 %. Los productos que pasan la prueba e ingresan al área de sprayers son utilizados dependiendo de la plaga de la que se trate y de la rotación necesaria. La toxicidad en algunos cultivos ocurre cuando se hace una mala aplicación ya sea por no calcular la dosis correcta o que los aplicadores no tomen el tiempo que se debe de aplicar por planta o cama y que como consecuencia aparezcan plantas dañadas en su parte foliar considerándose como pérdidas en algunos casos.

3.1.2 Objetivos

3.1.2.1 Objetivo General

Realizar las pruebas de protocolo de Beauty Line Guatemala para uso de nuevos productos agroquímicos.

3.1.2.2 Objetivos Específicos

1. Evaluar nuevos productos agroquímicos destinados a las principales plagas y enfermedades de plantas ornamentales.
2. Observar el efecto provocado por los productos agroquímicos en los cultivos al utilizar tres dosis distintas.

3.1.3 Metodología

3.1.3.1 Primera Fase

Se inició seleccionando los cultivos en los que se llevaría a cabo la prueba y se realizó un listado por invernadero de las variedades a las que se les haría la aplicación. El propósito durante cada prueba realizada era la de cubrir la mayoría de cultivos presentes en la empresa abarcando un buen número de variedades por cultivo para que las muestras fueran representativas y obtener resultados precisos.

De los cultivos sometidos a estas pruebas se pueden mencionar algunos como: New Guinea Impatiens (*Impatiens hawkeri*), Petunia (*Petunia atkinsiana*), Torenia (*Torenia fournieri*), Pericallis (*Pericallis hybrida*), Argyranthemum (*Argyranthemum frutescens*), Calibrachoa (*Calibrachoa hybrida*), Bidens (*Bidens ferulifolia*), Bacopa (*Bacopa monnieri*), Osteospermum (*Osteospermum ecklonis*), Petchoa (*Petchoa hybrida*), Angelonia (*Angelonia angustifolia*), Portulaca (*Portulaca Oleraceae*), Cuphea (*Cuphea hyssopifolia*), Lobularia (*Lobularia hybrida*), Calendula (*Calendula hybrida*), Ageratum (*Ageratum houstonianum*), Lysimachia (*Lysimachia Nummularia*), Coreopsis (*Coreopsis hybrida*), Strobilanthes (*Strobilanthes dyerianus*), Begonia (*Begonia semperflorens*), Brachyscome (*Brachyscome angustifolia*), Craspedia Pot (*Craspedia globosa*), Celosia (*Celosia Spicata*), Poinsettia (*Euphorbia pucherrima*), Plumbago (*Plumbago auriculata*), Phlox A (*Phlox paniculata*), Ajuga (*Ajuga reptans*) entre otras.

Ya seleccionados los cultivos se procedió a marcar con estacas para etiquetar los tratamientos. Se marcaron dos filas de bolsas por tratamiento dejando una fila de por medio entre tratamientos para que no existiera traslape de aplicación, por lo que se utilizaron seis filas de bolsas por cada prueba de producto agroquímico para cada variedad (figura 57).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 57. Fotografía de la forma de distribución de los tratamientos por variedad para cada producto agroquímico.

3.1.3.2 Tratamientos

Se utilizaron tres tratamientos para la aplicación de cada uno de los productos evaluados (figura 58). Los tratamientos ya son establecidos por parte de la empresa en el protocolo "Protocol for the approval of a new chemical" (Danziger Guatemala, 2018).

- Dosis Normal
- Dosis con 25 % +
- Dosis al 300 %



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 58. Fotografía de estacas con la dosis normal, 25 % + y 300 % correspondiente a los tres tratamientos evaluados por cada producto agroquímico.

3.1.3.3 Agroquímicos evaluados

- a) Gusafin 10 EC
- b) Epingle 10 EC
- c) Kanemite 15 SC
- d) Uniform 39,07 SE
- e) Potenz I.A. EC
- f) Cuzinc "F" Concentrado
- g) Acariout 70 EC

Cuadro 19. Clasificación de los productos agroquímicos utilizados en la evaluación.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Clasificación	Control	Dosis
Gusafin 10 EC	Permetrina	Insecticida	Larvas de Spodoptera	1.5 cm ³ /L
Epingle 10 EC	Pyriproxyfen	Insecticida	Mosca blanca, Trips	0.5 cm ³ /L
Kanemite 10 EC	Acequinocyl	Acaricida	Broad mite, Spider mite	1.5 cm ³ /L
Potenz I.A EC	Resina de neem	Insecticida	Mosca blanca, Trips	3 cm ³ /L
Uniform 39,07 SE	Azoxystrobin	Fungicida	Damping off	0.4 cm ³ /L
Cuzinc "F" concentrado	Cu, Zn	Fertilizante	Deficiencias de Cu y Zn	3 cm ³ /L
Acariout 70 EC	Monolaureato de propilenglicol	Acaricida	Broad mite, Spider mite	1 cm ³ /L

Fuente: elaboración propia, 2018.

3.1.3.4 Segunda fase

3.1.3.5 Cálculo de las dosis y pesado de producto

El cálculo de las dosis de los tratamientos y la cantidad de producto en relación a la cantidad de cultivos por invernadero se realizó en la bodega de agroquímicos de la empresa Beauty Line Guatemala y posteriormente se procedía a elaborar las etiquetas para numerar las bolsas en donde se entregaba el producto. El siguiente paso fue pesar el producto agroquímico en sus tres tratamientos y finalmente ser entregado a los sprayers de cada invernadero en los cuales se realizaría la prueba.

3.1.3.6 Aplicación de los productos

Se realizaron las aplicaciones por medio de los sprayers (aplicadores) encargados de cada invernadero. El horario de las aplicaciones para todos los productos agroquímicos fue de 05:00 p.m. en adelante. El sprayer en su respectivo invernadero debía realizar la dilución del producto en la cantidad de agua para la cual fue calculada la dosis y efectuar la aplicación sobre los cultivos previamente marcados con estacas. El modo de aplicación fue con bomba de mochila ya que solo se utilizaba una cierta cantidad de producto por cultivo y era necesario estar movilizándose de una cama a otra.

3.1.3.7 Monitoreo de resultados

Se monitorearon las áreas aplicadas desde el día siguiente a la aplicación, con un mínimo aceptable de cuatro días después de la aplicación según protocolo.

3.1.4 Resultados

Por cada producto agroquímico evaluado se realizó el mismo proceso para la observación de los resultados. Esto consistió en revisar a partir del día siguiente de aplicación, todas las variedades de los cultivos a los que se les hizo la prueba en busca de alguna alteración física o morfológica en las plantas para ser tomados en cuenta como efectos provocados por el agroquímico utilizado. El criterio para la discusión de resultados de esta prueba consistió en reconocer cualquier consecuencia negativa presentada en las plantas a las que se les aplicó el producto en sus tres tratamientos y si en alguno de ellos ocasionó un daño ya era considerado un punto a tomar en cuenta por parte del equipo de producción y de los gerentes. En el cuadro 20 se muestran los resultados obtenidos por parte de los productos agroquímicos utilizados (figuras 59 y 60).

Cuadro 20. Efectos provocados por los agroquímicos evaluados en los cultivos.

Producto Agroquímico	Cultivos con daños	Efecto Negativo
Gusafin 10 EC	Ninguno	Ninguno
Epingle 10 EC	Portulaca	Daño en area foliar
Kanemite 15 SC	Lobularia	Daño en area foliar
Potenz I.A EC	Ninguno	Ninguno
Uniform 39,07 SE	Ninguno	Ninguno
Cuzinc "F" Concentrado	Ninguno	Ninguno
Acarout 70 EC	Portulaca	Defoliación



Figura 60. Daño foliar en portulaca (*Portulaca olearaceae* L.) ocasionado por Epingle al 300 %.



Figura 59. Daño foliar en lobularia (*Lobularia hybrida*) ocasionado por Kanemite al 300 %.

Se observó daño foliar en el cultivo de lobularia al aplicar el acaricida Kanemite 15 SC en la dosis de 300 % ocasionando una intoxicación en la planta ya que el tejido que estuvo en contacto con el producto se marchitó. Este producto no tiene ningún efecto fitotóxico a la dosis recomendada y no tiene efecto perjudicial sobre cultivos sucesivos (Angel, 2014).

Otro cultivo que presentó daño foliar fue la portulaca al aplicarle el insecticida Epingle 10 EC en la dosis de 300 % ya que desde el día posterior a la aplicación se hizo notar una intoxicación por el exceso de la dosis utilizada y se identificó tejido foliar marchito. Este producto no es fitotóxico en los cultivos en las dosis recomendadas (Agroklinge, 2017).

Por lo tanto, se puede asegurar que estos productos pueden ser utilizados en la dosis normal sin ningún problema, sin embargo, debe tenerse cuidado para realizar una buena aplicación y no exceder la dosis sugerida por la casa comercial de cada uno de los agroquímicos ya que pueden afectar seriamente la estructura de las plantas. La correcta dosificación del plaguicida y la calibración del equipo de aspersión permiten el adecuado control del patógeno, disminuyendo el riesgo de la generación de resistencia de las plagas y daños a los cultivos (Intagri, 2017).

El efecto provocado por el acaricida Acariout 70 EC fue una defoliación en el cultivo de portulaca, lo que pudo deberse a una mala aplicación por parte del sprayer, ya que para las dosis de 25 % + y la dosis de 300 % no se observó el mismo resultado (figura 61).

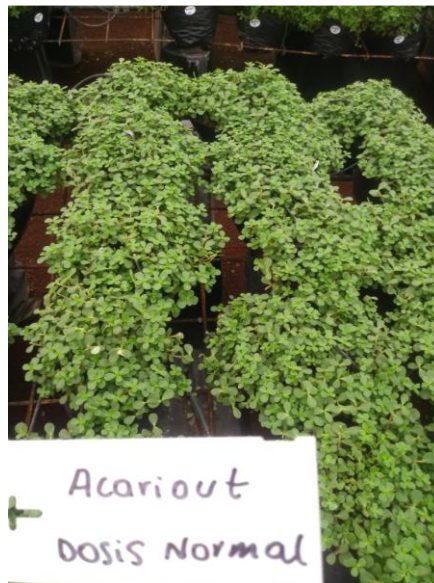


Figura 61. Fotografía de defoliación en portulaca (*Portulaca olearaceae* L.) por Acariout en dosis normal.

3.1.5 Conclusiones

1. Se realizó la evaluación de siete nuevos productos agroquímicos para el control de plagas, enfermedades y deficiencia de nutrientes siguiendo el protocolo establecido por Beauty Line Guatemala.
2. De los siete productos agroquímicos evaluados fueron tres los que presentaron efectos negativos en las plantas siendo Epingle 10 EC en el cultivo de portulaca aplicando la dosis 300 %, Kanemite 15 SC en el cultivo de lobularia aplicando la dosis 300 % y Acariout 70 EC en el cultivo de portulaca en la dosis normal. Los resultados observados fueron defoliación y daño en área foliar.

3.1.6 Recomendaciones

Implementar un área específica para la realización de estas pruebas donde se ubiquen la mayoría de cultivos que permita simplificar la ejecución de las aplicaciones y así evitar que se afecte el potencial productivo de los cultivos en los invernaderos y se facilite la toma de datos de los resultados obtenidos.

3.1.7 Bibliografía

1. Angel, D. 2014. Ficha técnica Kanemite 15 SC. Colombia, Arysta Lifescience Colombia, S.A. Consultado 24 abr 2019. Disponible en <http://www.arysta.com.co/PDF-FILES/KANEMITESC/F.T.%20KANEMITESC.pdf>
2. Agroklinge. 2017. Ficha técnica Epingle 10 EC. Lima, Perú. Consultado 24 abr. 2019. Disponible en <http://www.agroklinge.com.pe/Productos/ProteccionDeCultivos/ProductoPC/?UserKey=EPINGLE-10-EC>
3. Danziger Guatemala. 2018. Protocol for the approval of a new chemical. Guatemala.
4. INTAGRI (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura, México). 2017. Cálculo de la dosificación de un plaguicida. México, INTAGRI, Artículos de INTAGRI, Serie Fitosanidad no. 75, 4 p. Consultado 24 abr. 2019. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/calculo-de-la-dosificacion-de-un-plaguicida>.

3.2 SERVICIO II. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIPPING EN SIMULACIÓN DE ENVÍO EN VARIEDADES DEL CULTIVO NEW GUINEA IMPATIENS (*Impatiens hawkeri*)

3.2.1 Presentación

La presencia de plagas en esquejes de exportación es sinónimo de rechazo por parte de los clientes a los que se les brindan los productos al no cumplir con los estándares básicos de calidad. Es por esta razón que se han buscado soluciones a la problemática y evitar que plagas, específicamente como los ácaros pasen desapercibidos en el área de control de calidad por su diminuto tamaño.

La presente prueba de simulación de envío surge con la necesidad de evaluar si al utilizar la práctica de dipping se producen efectos negativos en los esquejes a la hora de llegar a su destino y ser puestos en área de propagación. El dipping es una técnica utilizada en Beauty Line Guatemala con el fin de erradicar la presencia de ácaros en los esquejes de exportación, esto consiste en utilizar una mezcla de dos productos acaricidas en los que se sumergen los esquejes por un corto tiempo para luego realizar una simulación de envío.

La simulación de envío consiste en replicar las condiciones climáticas a las que se exponen los esquejes en el tiempo que son transportados al extranjero, para posteriormente llevarlos al área de propagación y observar si durante la formación de raíces se presentan consecuencias negativas en su desarrollo.

3.2.2 Objetivos

3.2.2.1 Objetivo general

Evaluar la prueba de dipping para el control de ácaros en variedades del cultivo New Guinea Impatiens (*Impatiens hawkeri*).

3.2.2.2 Objetivos específicos

1. Desarrollar una simulación de envío replicando las condiciones climáticas a las que se exponen los esquejes durante el transporte hacia el extranjero.
2. Demostrar en la etapa de propagación si el uso de la prueba de dipping tiene consecuencias negativas en el desarrollo de los esquejes después de envío.

3.2.3 Metodología

Se realizó un dipping a distintas variedades de New Guinea Impatiens (*Impatiens hawkeri*) utilizando los productos (Sanmite 20 WP & Kumulus DF) a una dosis de 1 g/L y 2.5 g/L respectivamente para observar si ocasionaba algún daño en los esquejes durante una simulación de envío. Posterior a esto los esquejes se mantuvieron en área de propagación durante una semana en el invernadero 12 y se observaron los resultados.

3.2.3.1 Acaricidas utilizados para la mezcla del dipping

En el cuadro 21 se muestra la clasificación de los dos acaricidas utilizados para la mezcla del dipping y las dosis manejadas.

Cuadro 21. Clasificación por ingrediente activo de los acaricidas utilizados para el dipping.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Formulación	Dosis
Sanmite 20 WP	Piridaben	Polvo mojable	1 g/L
Kumulus DF	Azufre	Gránulos dispersables en agua	2.5 g/L

Fuente: elaboración propia, 2018.

3.2.3.2 Variedades utilizadas

Por cada variedad seleccionada se utilizó una bolsa de esquejes, conteniendo 105 unidades (figura 62). Las variedades de New Guinea Impatiens (*Impatiens hawkeri*) utilizadas para la prueba de dipping fueron las siguientes:

- a) H. Violet
- b) Strike Orange
- c) S.P.Spr. Shell Pink
- d) Radiance Scarlet
- e) Radiance Magenta
- f) Sweetheart Rose
- g) S.P.Com White Imp.
- h) S.P.Spr. Lavender
- i) Strike Orchid
- j) S.P.Spr. Royal Magenta
- k) S.P.Spr. Salmon
- l) Sun H. Scarlet
- m) Sun H. Salmon
- n) H. Snow
- o) Sweetheart Orange



Figura 62. Distribución de una bolsa de exportación conteniendo 105 esquejes.

3.2.3.3 Ejecución del dipping

Se realizó la mezcla de ambos productos en una cubeta en 1 litro de agua utilizando las dosis descritas en el cuadro 21. El siguiente paso consistió en sumergir los esquejes por un tiempo estimado de 10 segundos procurando cubrir el 100 % de los esquejes con la mezcla de los productos, luego de esto se dejaron escurrir, separándolos por variedad para finalmente ser empacados en cajas para ingresarlos a cuarto frío (figuras 63 y 64).



Figura 63. Proceso de inmersión de esquejes en la mezcla de acaricidas para el dipping.

3.2.3.4 Simulación de envío

La simulación de envío es una práctica que se realiza en Beauty Line Guatemala para replicar el tiempo y las condiciones climáticas a las que son sometidos los esquejes cuando se exportan. Para esta evaluación fue necesario realizar esta práctica, por lo que luego de haberles realizado el dipping a los esquejes y ser empacados en cajas, fueron ingresadas al cuarto frío 1 de la empresa donde también eran retiradas por ciertas horas del día para exponerlas a temperatura ambiente y así repetitivamente durante tres días. El rango de temperatura al que se encuentra el cuarto frío en donde se ingresaron los esquejes estuvo entre 9 °C - 10 °C.



Figura 64. Fotografía del cuarto frío donde se ingresaron los esquejes después del dipping con rango de temperatura de 9 °C - 10 °C.

3.2.3.5 Propagación de esquejes después de la simulación de envío

Al finalizar el tiempo de la simulación de envío se procedió a destapar las cajas donde se ubicaban las bolsas con los esquejes y fueron trasladados al propagador de uno de los invernaderos para ser puestos en bandejas plásticas y empezar el proceso de propagación. El tiempo en que los esquejes de las variedades evaluadas estuvieron establecidos en las bandejas fue de una semana.

3.2.4 Resultados

Al transcurrir una semana en el área de propagador, se observaron los esquejes de las variedades de New Guinea Impatiens (*Impatiens hawkeri*) utilizadas para la prueba y se buscaron alteraciones morfológicas o daños en el desarrollo de los esquejes que pudieran ser provocados por la prueba a la que fueron sometidos (figura 65).



Figura 65. Fotografía del establecimiento de esquejes en bandeja de propagación posterior a la simulación de envío.

Los resultados del dipping y de la simulación de envío fueron positivos en todas las variedades ya que no se presentó ninguna consecuencia negativa en la calidad de los esquejes transcurrido una semana en área de propagador. En las figuras 66 a la 68 se muestra el estado de los esquejes al finalizar la prueba.



Figura 66. Fotografía de esquejes de la variedad Strike Orchid transcurrida una semana en área de propagador sin ningún daño.



Figura 67. Fotografía de esquejes de la variedad Radiance Scarlet transcurrida una semana en área de propagador sin ningún daño.



Figura 68. Fotografía de esquejes de la variedad S.P.Com White Imp. trascurrida una semana en área de propagador sin ningún daño.

3.2.5 Conclusiones

1. Se realizó una simulación de envío en variedades del cultivo New Guinea Impatiens donde por medio de un cuarto frío con rango de temperatura de 9 °C - 10 °C y la exposición directa a luz solar de las cajas se replicaron las condiciones climáticas a las que se exponen los esquejes durante su exportación demostrando que estos mantuvieron sus cualidades físicas y calidad transcurrido el tiempo que fueron sometidos a este proceso.
2. Se demostró en la etapa de propagación que los esquejes de las variedades utilizadas de New Guinea Impatiens no presentaron ninguna alteración morfológica ni daño en su desarrollo por lo que se puede realizar la técnica de dipping antes de envío en la cosecha de exportación.

3.2.6 Recomendaciones

Realizar la evaluación del efecto de dipping en simulación de envío en otras variedades de New Guinea Impatiens y en otros cultivos susceptibles a ácaros que se manejan dentro de Beauty Line Guatemala.

3.3 SERVICIO III. DETERMINACION DE LA DOSIS Y EVALUACION DEL USO DE AZUFRE COMO ACARICIDA PREVENTIVO

3.3.1 Presentación

El azufre tiene un papel importante en el uso para contrarrestar plagas y enfermedades en las plantas. Es un producto que se encuentra en la naturaleza y tiene aplicaciones como fungicida, acaricida e insecticida. Forma parte en los procesos de desarrollo de las plantas por ser un nutriente considerado dentro de los macronutrientes requeridos por los cultivos.

Por estas razones se llevó a cabo la evaluación del azufre como acaricida preventivo en los cultivos susceptibles a esta plaga en Beauty Line Guatemala, ya que los daños ocasionados por parte de los ácaros provocan alteraciones morfológicas sinónimo de disminución en la calidad de los esquejes y esto repercute en rechazo de los clientes a los productos ofrecidos.

Esta prueba se dividió en dos fases siendo la primera la determinación de la dosis adecuada para los cultivos ornamentales que se manejan dentro de esta empresa y como segunda fase la evaluación del azufre como acaricida preventivo donde se probara su eficiencia para repeler a los ácaros en campo.

3.3.2 Objetivos

3.3.2.1 Objetivo general

Evaluar el uso de azufre como acaricida preventivo en cultivos susceptibles a ácaros en la empresa Beauty Line Guatemala.

3.3.2.2 Objetivos específicos

1. Determinar la dosis adecuada de azufre por bolsa que controle los ácaros sin provocar intoxicación en las plantas.
2. Probar la eficiencia del azufre como repelente de ácaros en cultivos susceptibles.

3.3.3 Metodología

3.3.3.1 Primera fase

Selección de las variedades utilizadas para la prueba

Se decidió utilizar variedades del cultivo New Guinea Impatiens (*Impatiens hawkeri*) para la determinación de la dosis adecuada de azufre utilizando 1 fila de 5 bolsas por cada variedad (figura 69). Las variedades seleccionadas se encontraban en el invernadero 8 y se describen a continuación:

- a. Strike Plum
- b. H Magenta
- c. H Deep Red
- d. H Orange Star
- e. H Perfect Pink
- f. H Dark Lilac
- g. S.P.Com Electric Orange
- h. H Salmon Cream
- i. H Dark Pink
- j. S.P.Com White Imp.
- k. H Fuchsia Cream



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 69. Fotografía de la distribución de las variedades de New Guinea Impatiens (*Impatiens hawkeri*) utilizadas para la prueba en una de las camas del invernadero 8.

Determinación de la dosis adecuada

Se realizaron aplicaciones de 5 dosis de azufre al 60 % en las variedades del cultivo New Guinea Impatiens (*Impatiens hawkeri*) descritas anteriormente, utilizando una bolsa por variedad para cada dosis de azufre evaluada. Debido a que en Beauty Line Guatemala no se había realizado esta prueba anteriormente se tuvo la necesidad de experimentar utilizando 5 dosis de azufre con medidas hechas manualmente en la bodega de agroquímicos. La forma de aplicación consistió en cubrir la circunferencia de la bolsa en la que se encontraban las plantas. Las dosis utilizadas se describen en la figura 70.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 70. Descripción de las cinco dosis de azufre en gramos (g) utilizadas para la prueba.

Elección de la dosis final

Se observaron las plantas de New Guinea Impatiens (*Impatiens hawkeri*) una semana después de la aplicación del azufre en busca de alteraciones morfológicas o daños por intoxicación para poder definir la dosis final.

3.3.3.2 Segunda fase

Implementación en campo de la dosis definida

Luego de haber definido la dosis adecuada para la ejecución de la prueba, se procedió a evaluar la eficiencia del azufre para repeler a los ácaros en las bolsas de los cultivos dentro de los invernaderos. La evaluación consistió en observar las plantas en diferentes momentos después de la aplicación del azufre y comprobar si existía presencia de ácaros.

3.3.4 Resultados

De las cinco dosis puestas a prueba ninguna provocó alteraciones o intoxicación en las plantas y en ninguna se observó presencia de ácaros, por lo que se eligió utilizar la dosis de 5.5 g para ser utilizada definitivamente ya que permitía cubrir la circunferencia de la bolsa con una cantidad suficiente de azufre para repeler a la plaga y desde el punto de vista económico representó un mejor aprovechamiento del producto por área de aplicación optimizando los recursos (figura 71).



Figura 71. Revisión de una bolsa de New Guinea Impatiens (*Impatiens hawkeri*) con una de las dosis de azufre en busca de alteraciones morfológicas o daños por intoxicación.

Con la dosis definida de 5.5 g/bolsa se dio continuidad a la prueba donde el siguiente paso fue la evaluación de la eficiencia del azufre como repelente acaricida, esto se realizó observando las plantas específicamente el área foliar en busca de daño ocasionado por la plaga que pudiera demostrar la presencia de ácaros. Algunos de los resultados observados se muestran en la figura 72.



Figura 72. Bolsas del cultivo New Guinea Impatiens (*Impatiens hawkeri*) observadas después de la aplicación de azufre sin presentar incidencia de daños por ácaros.

3.3.5 Conclusiones

1. Se determinó utilizar la dosis de azufre de 5.5 g/bolsa debido a que fue cantidad suficiente para cubrir la circunferencia de una bolsa productiva utilizada en Beauty Line Guatemala.
2. La utilización de azufre como acaricida preventivo fue efectiva debido a que no se encontró presencia de ácaros en las variedades utilizadas para la evaluación.

3.3.6 Recomendaciones

1. Realizar la evaluación del uso de azufre como repelente de ácaros en todos los cultivos de Beauty Line Guatemala susceptibles a esta plaga.
2. Evitar realizar más de una aplicación por ciclo de cultivo para el manejo de ácaros ya que el azufre tiene entre sus propiedades la de disminuir el valor de pH de los suelos o sustratos a rangos ácidos.

3.3.7 Anexos

Debido a que la prueba tuvo aceptación por parte de los encargados del área de producción y de gerencia; se llevó a cabo el seguimiento en campo de la aplicación de azufre como repelente de ácaros en todas las variedades del cultivo New Guinea Impatiens (*Impatiens hawkeri*).



Figura 73A. Aplicación de azufre en variedades de New Guinea Impatiens (*Impatiens hawkeri*) en el invernadero 12.



Figura 74A. Bolsas de New Guinea Impatiens (*Impatiens hawkeri*) con azufre en el invernadero 12.