

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

**TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN
SAN MIGUEL DUEÑAS
CON ÉNFASIS EN
DETERMINACIÓN DE CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO
DE PASCUA *Euphorbia pulcherrima* Willd ex. Klotzsch BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO, EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.**

JOSUÉ ALFREDO CORADO RIVERA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012

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

**TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN
SAN MIGUEL DUEÑAS
CON ÉNFASIS EN
DETERMINACIÓN DE CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO
DE PASCUA *Euphorbia pulcherrima* Willd ex. Klotzsch BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO, EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA C.A.**

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

POR

JOSUÉ ALFREDO CORADO RIVERA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

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

Guatemala, noviembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

DR. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO:	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL I:	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL II:	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL III:	Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL IV:	Br. Ana Izabel Fión Ruiz
VOCAL V:	Br. Luis Roberto Orellano López
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo

Guatemala, noviembre de 2012

Guatemala, noviembre de 2012

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 documento de graduación realizado en San Miguel Dueñas, denominado: **“DETERMINACIÓN DE CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE PASCUA *Euphorbia pulcherrima* Willd ex. Klotzsch BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.”**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Josué Alfredo Corado Rivera

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS Fuente de sabiduría, entendimiento, fuerza, protección, amor y paz.
A quien le doy la honra y la gloria desde ahora y para siempre.

MIS PADRES *Francisco Javier Corado Cameros y Cándida Rosa Rivera de Corado*, siendo padres ejemplares, a quienes dedico como un humilde reconocimiento a sus grandes esfuerzos y abnegable labor, para poder culminar con éxito uno de los ideales fijados en mi vida.

MIS HERMANOS Martha Nohemí, Cándida Rosa, Francisco Javier, Saúl Roberto, Mario David, Sharon Elizabeth y Elizabeth Nohemí, con quienes comparto mi triunfo y agradezco por formar parte tan importante en mi vida.

MIS SOBRINOS Jorge Javier, William Josué, Pablo Roberto, Margaret Gabriela, Juan David y Diego Andres, por darme tantos momentos felices en mi vida.

MI FAMILIA A mis tíos y primos (en especial a la familia España Rivera por apoyarme en mi carrera estudiantil) por creer siempre en mí.

MI ESPOSA Marelyne Lorena Ramirez Galíndo, por ser apoyo incondicional y ser el corazón que ilumina con transparencia mi vida.

MIS AMIGOS A todos desde mi infancia hasta mi formación profesional en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

TESIS QUE DEDICO

A:

Dios

Mi familia

Mi patria Guatemala

Tecpán, la ciudad que me vio nacer

La gloriosa y tricentenaria Universidad de San Carlos de Guatemala

La cincuentenaria Facultad de Agronomía

Instituto Tecnológico Privado de Occidente

Instituto de Educación Básica por Cooperativa

Escuela Oficial Urbana Mixta 25 de Julio de 1,524

Mis profesores, en especial a los Ingenieros Fredy Hernández Ola y Aníbal Sacbajá Galíndo, por su apoyo incondicional en la elaboración de este documento.

Todas las personas que contribuyeron a que esto se hiciera realidad.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis profesores, Ingenieros Aníbal Sacbajá Galíndo y Fredy Hernández Ola, expreso mi más sincero agradecimiento por su apoyo incondicional, orientación, asesoría y por sus recomendaciones brindadas con el afán de mejorar este trabajo.

A la empresa Paul Ecke de Guatemala S.A. y en especial al departamento de Investigación y Desarrollo por abirme sus puertas y permitirme formarme como profesional, por transmitirme todos los conocimientos para poder llevar a cabo esta investigación. Al mismo tiempo les estoy muy agradecido por financiar este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Página
RESUMEN	1
CAPÍTULO I	
DIAGNÓSTICO DEL MANEJO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE PASCUA (<i>Euphorbia pulcherrima Willd ex. Klotzsch</i>) DE LA FINCA TRES VOLCANES, PAUL ECKE DE GUATEMALA S.A. EN EL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL DUEÑAS, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.	3
1. PRESENTACIÓN	4
2. MARCO REFERENCIAL	5
2.1 Ubicación.....	5
2.2 Topografía	5
2.3 Hidrografía.....	6
2.4 Suelos	6
2.5 Zonas de vida y clima	6
3. OBJETIVOS.....	7
3.1 General.....	7
3.2 Específicos	7
4. METODOLOGÍA.....	8
4.1 Fase de campo.....	8
4.2 Fase de gabinete	8
4.3 Análisis de la Información	8
4.4 Recursos	9
5. RESULTADOS	10
5.1 Manejo nutricional.....	10
5.1.1 Etapa 1	11
5.1.2 Etapa 2.....	12
5.1.3 Etapa 3.....	13
5.1.4 Etapa 4.....	14
5.2 Limitaciones del manejo nutricional	16

	Página
6. CONCLUSIONES	17
7. RECOMENDACIONES	18
8. BIBLIOGRAFÍA	19

CAPÍTULO II

DETERMINACIÓN DE CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE PASCUA <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd ex. Klotzsch BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO, EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A..	20
1. PRESENTACIÓN	21
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	22
3. JUSTIFICACIÓN	23
4. MARCO TEÓRICO	24
4.1 Marco conceptual	24
4.1.1 Taxonomía	24
4.1.2 Fenología del cultivo de pascua (<i>Euphorbia pulcherrima</i>)	24
4.1.3 Variedades comerciales	24
4.2 Nutrición mineral.....	25
4.2.1 El crecimiento y los factores que lo afectan	25
4.2.2 Elementos requeridos en la nutrición de la planta.....	26
A. Nitrógeno (N)	26
B. Fósforo (P)	27
C. Potasio (K)	28
D. Calcio (Ca):.....	30
E. Magnesio (Mg)	31
F. Azufre (S).....	31
G. Hierro (Fe).....	32
H. Manganeso (Mn)	33
I. Boro (B).....	33
J. Zinc (Zn).....	34
K. Cobre (Cu)	35
L. Molibdeno (Mo)	35

	Página
M. Cloro (Cl).....	35
4.3 Rangos nutrimentales para el cultivo de pascuas	36
4.4 Marco referencial	37
4.4.1 Topografía y orografía	37
4.4.2 Hidrografía.....	37
4.4.3 Suelos	37
4.4.4 Zonas de vida y clima	37
4.4.5 Antecedentes.....	38
5. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	39
6 OBJETIVOS	40
6.1 General.....	40
6.2 Específicos	40
7. HIPÓTESIS.....	41
8. METODOLOGÍA.....	42
8.1 Variedad utilizada	42
8.2 Parcela experimental	42
8.2.1 Diseño experimental	42
8.3 Distanciamiento entre plantas.....	43
8.4 Muestreo de suelo	43
8.5 Preparación de las muestras para el análisis.....	43
8.6 Muestreo de tejido vegetal.....	43
8.7 Análisis de tejido vegetal	45
8.7.1 Limpieza del material.....	45
8.7.2 Secado y molienda de las muestras	45
8.7.3 Molienda del material.....	45
8.7.4 Metodología de análisis de tejido vegetal	45
8.8 Manejo del experimento.....	46
8.8.1 Propagación de esqueje de pascua.....	46
8.8.2 Sustrato para enraizado	46
8.8.3 Preparación del invernadero previo al establecimiento del cultivo	46
8.9 Variables evaluadas	49
8.9.1 Biomasa aérea expresada en valor de materia seca	49
8.9.2 Biomasa radical expresada en valor de materia seca	49
8.9.3 Concentración de elementos expresada en valor de materia seca	50
8.9.4 Extracción de nutrientes	50
8.10 Análisis de la información.....	50

Página

9.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN:.....	51
9.1	Materia seca acumulada en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo de pascua.....	51
9.2	Extracción de nutrientes	53
9.2.1	Curva de extracción de Nitrógeno (N).....	55
9.2.2	Curva de extracción de Fósforo (P)	56
9.2.3	Curva de extracción de Potasio (K)	57
9.2.4	Curva de extracción de Calcio (Ca)	58
9.2.5	Curva de extracción de Magnesio (Mg)	59
10.	CONCLUSIONES	61
11.	RECOMENDACIONES	62
12.	BIBLIOGRAFÍA	63
	CAPÍTULO III	64
	INFORME DE SERVICIOS	
III.I	Evaluación de cobertura del sistema de riego Rondo Mist Sprayer, en el invernadero F-1 de Finca de Fuego, Paul Ecke de Guatemala, S.A.....	65
1.	PRESENTACIÓN	66
2.	OBJETIVOS.....	67
2.1	General.....	67
A.	Conocer la funcionalidad del sistema de riego Rondo Mist Sprayer.	67
2.2	Específicos	67
3.	UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	68
4.	METODOLOGÍA.....	69
4.1	Materiales.....	69
4.2	Metodología.....	69
4.2.1	Primera etapa.....	69
4.2.2	Segunda etapa	69

	Página
4.2.3 Tercera fase	70
4.2.4 Cuarta fase	70
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
6. CONCLUSIONES	76
7. RECOMENDACIONES	77
INFORME DE SERVICIOS	
III.II Caracterización del comportamiento del esqueje de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de post-cosecha, en la Finca Paul Ecke de Guatemala, S.A.....	
	78
1. PRESENTACIÓN	79
2. HIPÓTESIS.....	80
3. OBJETIVOS.....	81
3.1 Generales.....	81
3.2 Específicos	81
4. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	82
5. MATERIALES Y MÉTODOS	83
5.1 Materiales.....	83
5.2 Metodología.....	83
5.2.1 Tratamientos.....	84
5.2.2 Repeticiones.....	84
5.2.3 Manejo del experimento	84
5.2.4 Manejo post-cosecha.....	86
5.2.5 Evaluación post-plantado	87
5.2.6 Área de plantado	87
5.2.7 Escala de medición y evaluación	88

	Página
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	90
7. CONCLUSIONES.....	95
8. RECOMENDACIONES.....	97
9. Anexos.....	98
10. BIBLIOGRAFÍA.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO I	3
Figura 1: Colindancias de la Finca Tres Volcanes, Paul Ecke de Guatemala, S.A.....	5
Figura 2: Fertilización de planta en propagador por medio de pichacha.	12
Figura 3: Cinta de goteo utilizada para realizar riego convencional y fertirriego.	14
Figura 4: Deficiencia de Calcio (Ca).	15
Figura 5: Deficiencia de potasio(K).....	15
CAPÍTULO II	20
Figura 6: Curva generalizada de crecimiento de una planta anual.....	25
Figura 7: Ubicación de invernadero dentro de la Finca Tres Volcanes, Paul Ecke de Guatemala, S.A.....	39
Figura 8: Ubicación de la prueba de curvas de absorción de nutrientes dentro del invernadero 9 y casa 2.	39
Figura 9: Cama de producción en campo conformada por 594 plantas (unidad de muestreo)	42
Figura 10: Curva de acumulación de materia seca del cultivo por órganos y planta total, en las diferentes etapas de desarrollo de la planta.	53
Figura 11: Curva de extracción de N (mg/planta), para la variedad de pascua, Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.	56

Página

Figura 12: Curva de extracción de N (mg/planta) y acumulación de M.S. por planta para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.	56
Figura 13: Curva de extracción de P (mg/planta) para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.	57
Figura 14: Curva de extracción de P (mg/planta) y acumulación de M.S. por planta para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.	57
Figura 15: Curva de extracción de K (mg/planta) para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.	58
Figura 16: Curva de extracción de K (mg/planta) y acumulación de M.S. por planta para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.	58
Figura 17: Curva de extracción de Ca (mg/planta) para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.....	59
Figura 18: Curva de extracción de Ca (mg/planta) y acumulación de M.S. por planta para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.	59
Figura 19: Curva de extracción de Mg (mg/planta) para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.....	60
Figura 20: Curva de extracción de Mg (mg/planta) y acumulación de M.S. por planta para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.	60

Página

CAPÍTULO III	64
III.I Evaluación de cobertura del sistema de riego Rondo Mist Sprayer, en el invernadero F-1 de la Finca de Fuego, Paul Ecke de Guatemala, S.A.	65
Figura 21: Ubicación del invernadero F – 1 en Finca de Fuego, Paul Ecke de Guatemala, S.A.	68
Figura 22: Papel hidrosensible.....	69
Figura 23: % de cobertura al inicio de la cama en 5 segundos de apertura de riego.....	71
Figura 24: % de cobertura al medio de la cama en 5 segundos.	71
Figura 25: % de cobertura al final de la cama en 5 segundos.	72
Figura 26: % de cobertura en el medio de la cama en 10 segundos de apertura de riego.	73
Figura 27: % de cobertura en el medio de la cama en 15 segundos de apertura del riego.	73
Figura 28: Radio de mojado del emisor en condiciones de campo.....	75
Figura 29: Recomendaciones del fabricante para el radio de mojado del emisor.....	75

Página

INFORME DE SERVICIOS

III.II	Caracterización del comportamiento del esqueje de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de post-cosecha, en la Finca Paul Ecke de Guatemala, S.A.....	78
Figura 30:	Ubicación del invernadero F – 33 de la Finca de Fuego, Paul Ecke de Guatemala, S.A.	82
Figura 31:	Tray conformado por 2 bunches de 52 esquejes cada uno.	85
Figura 32:	Caja de cartón que contiene 5 trays.....	85
Figura 33:	Caja de cartón doble sin bolsa master con 2 hielos con doble celaide y Ethylblock.	86
Figura 34:	Amarillamiento en hoja.	92
Figura 35:	Ataque de botritis en apertura de empaque.	93
Figura 36:	Ataque de botritis en campo	93
Figura 37:	Pudrición en apertura de caja.....	93
Figura 38:	Desuniformidad de esqueje (largo de esqueje no uniforme).	94
Figura 39:	Desuniformidad de esqueje (esqueje inmaduro).	94

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
CAPÍTULO I	3
Cuadro 1: Número de fertilizaciones en cada etapa de desarrollo del cultivo.....	10
Cuadro 2: Fertilizantes utilizados durante el ciclo del cultivo.	11
Cuadro 3: Formulación 13 – 40 – 13 utilizada en pascua.	11
Cuadro 5: Formulación 20 – 10 – 20 utilizada en pascua.	13
Cuadro 6: Formulaciones 321 y 322 utilizadas en el cultivo de pascua.	13
Cuadro 7: Cantidad de cada elemento en miligramos, aplicado por planta, en cada etapa de desarrollo del cultivo.	16
CAPÍTULO II	20
Cuadro 8: Rangos nutrimentales para el cultivo de pascua.	36
Cuadro 9: Muestreos correspondientes a los análisis de tejido vegetal para cada una de las etapas fenológicas del cultivo de pascua.	44
Cuadro 10: Ingredientes activos para el control de patógenos	49
Cuadro 11: Acumulación de materia seca (M.S.) total de la planta y acumulada durante el desarrollo del cultivo.....	52

Página

Cuadro 12: Peso seco en gramos/planta y porcentaje de materia seca para cada órgano y por etapa de desarrollo.....	53
Cuadro 13: Cantidad de nutrientes extraídos en cada etapa de desarrollo para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.	54
Cuadro 14: Porcentaje de nutrientes extraídos por planta en cada etapa de desarrollo del cultivo de pascua	54
Cuadro 15: Diferencia entre los nutrientes aplicados y absorbidos (mg/planta) durante el ciclo de cultivo.	55
 CAPÍTULO III	 64
 INFORME DE SERVICIOS	
III.I Evaluación de cobertura del sistema de riego Rondo Mist Sprayer, en el invernadero F-1 de Finca de Fuego, Paul Ecke de Guatemala S.A	65
Cuadro 16: Diseño de operación	70
Cuadro 17: Diseño de operación en campo.....	74
Cuadro 18: Condiciones óptimas de manejo poscosecha.	89
Cuadro 19: Condiciones óptimas de manejo poscosecha.	89
Cuadro 20: Resumen de análisis de resultados (Condiciones óptimas de manejo poscosecha).....	91

RESUMEN

El presente trabajo es resultado de las actividades realizadas durante el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-, en el municipio de San Miguel Dueñas, Sacatepéquez, el mismo fue realizado de febrero a noviembre de 2007.

En el mismo se incluye diagnóstico de general de la empresa Paul Ecke de Guatemala S.A. Durante el desarrollo del mismo se realizaron caminamientos en el cultivo para evaluar las condiciones del cultivo, conociendo el estado de las plantas se determinó que se le provee el mismo manejo nutricional a todas las variedades de pascua que se cultivan en la empresa. En entrevistas realizadas a personal técnico y de producción, se llegó a la conclusión que el manejo nutricional se lleva a cabo únicamente con recomendaciones, esto se debe a que se desconocen realmente los niveles nutricionales a los que debe tener acceso las diversas variedades de pascua para su óptimo desarrollo.

Además, se realizó la investigación denominada “Determinación de curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pascua *Euphorbia pulcherrima* wild ex. Klotzsch Bajo condiciones de invernadero en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala, C.A.” Esta investigación se llevó a cabo en el área de producción de Paul Ecke de Guatemala S.A. en el municipio de San Miguel Dueñas, durante los meses de marzo a agosto de 2007, a una altitud de 1500 msnm. La unidad experimental neta fue de 64.8m^2 que contuvo 1,782 plantas divididas en tres camas de cultivo de 21.6m^2 con 594 plantas cada una, para poder tomar muestras de tejido vegetal y realizar análisis por etapa de cultivo y así obtener datos para poder realizar las curvas de extracción de nutrientes, el estudio comprendió del día 1 al día 190.

En base a los datos obtenidos en los análisis de tejido vegetal de realizaron las curvas de extracción de nutrientes, en las que se determinó que la cantidad de elementos aplicados sobrepasa a los absorbidos por la planta. Para el nitrógeno se absorben 22.9 mg/planta y se aplican 102.26 mg/planta en la etapa de propagación, en la etapa de establecimiento son absorbidos 69.95 mg/planta y son aplicados 978.85 mg/planta, durante la etapa de

formación son absorbidos 182.01 mg/planta y son aplicados 967.55 mg/planta y en la etapa de producción la planta extrae 213.43 mg/planta y le son aplicados 1527.71 mg/planta.

Los servicios prestados a la empresa se realizaron con el objetivo de mejorar los procesos productivos y evitar pérdidas en embarques de esquejes. En el proceso de propagación y de empaque la planta requiere mayor cuidado debido a la facilidad con que se deshidratan y son afectados por agentes patógenos.

Actualmente en los bancos de propagación se realiza el riego y fertilización manualmente como se observa en la Figura 2, esto se hace a pesar de contar con un excelente sistema de riego, Rondo Mist Sprayer. Este es un sistema que funciona como nebulizador, ayuda a reducir el uso de agua comparado con el riego manual, de la misma forma reduce la temperatura dentro del invernadero hasta en 2°C, reduce el tiempo de operación, y provee cobertura de riego más uniforme.

El manejo del esqueje en post cosecha se realiza en frío con el fin de evitar desarrollo de enfermedades fungosas y bacterianas; de la misma forma los envíos al extranjero se realizan, el esqueje se coloca dentro de papel manila húmedo, en el interior de una bolsa plástica perforada, llamado tray, como se muestra en la figura 32, dentro de una caja de cartón se colocan 5 trays con dos hielos y un gramo de un producto llamado Ethylblock (figura 33), el cual es utilizado para reducir la producción del etileno, causante de pudriciones y defoliaciones. En la prueba realizada se evaluaron dos tipos de empaque (con hielo y sin hielo) y una variación de temperatura (12 horas a 50°F y 12 horas a temperatura ambiente), todas las pruebas se evaluaron en el cuarto frío durante cuatro días. Posteriormente se plantaron en el propagador para evaluar los daños causados por el manejo en post cosecha. De las variables evaluadas presenta mejor resultado la que está todo el tiempo a 50°F y con dos hielos dentro de la caja, esta presenta menor amarillamiento, pudrición, botritis y defoliación.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DEL MANEJO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE PASCUA (*Euphorbia pulcherrima Willd ex. Klotzsch*) DE LA FINCA TRES VOLCANES, PAUL ECKE DE GUATEMALA S.A. EN EL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL DUEÑAS, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

1. PRESENTACIÓN

La empresa Paul Ecke de Guatemala, S.A., inició sus operaciones de producción y exportación en el año de 1,997 en el municipio de San Miguel Dueñas, Sacatepéquez, cultivando plantas de pascua (*Euphorbia pulcherrima* Wild. ex. Klotzsch), en la actualidad se dedica a la producción y exportación de esquejes de Pascua, de la misma manera otras plantas ornamentales, para las cuales se utilizan técnicas avanzadas, esto se hace con el fin de obtener productos de calidad y captar los mejores y mas grandes mercados internacionales. La Finca Tres Volcanes ubicada en el municipio de San Miguel Dueñas en el departamento de Sacatepéquez, cuenta con un área de producción bajo invernadero de 45 ha con estructuras de madera, metal y plástico, toda el área de producción cuenta con un sistema de fertirriego.

El manejo eficiente de la nutrición en el cultivo de pascua es uno de los pilares fundamentales para alcanzar rendimientos elevados sostenidos en el tiempo y para obtener resultados económicos positivos, no sólo en el mismo cultivo, sino en los que participan en su producción, por los elevados volúmenes de producción, por la calidad y el prestigio de los productos producidos en Paul Ecke de Guatemala, S.A. es necesario hacer que cada uno de los procesos que se llevan a cabo para la obtención de esquejes de pascua sean eficientes y adecuados al cultivo.

El objetivo de esta revisión es definir las principales ventajas y desventajas del manejo nutricional de la Pascua. Una planta mal nutrida es menos productiva, es más susceptible al ataque de plagas y enfermedades y menos resistente al manejo poscosecha al cual son sometidas todas las plantas de exportación.

El presente diagnostico fue elaborado en la Finca Tres Volcanes con el fin de conocer cual es la situación actual del manejo nutricional del cultivo de pascua (*Euphorbia pulcherrima*) y proponer alternativas o mejorar el manejo actual. La información fue recolectada por medio de entrevistas con la participación del personal de campo y técnico de la empresa.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Ubicación

La Finca Tres Volcanes se encuentra ubicada al Este del municipio de San Miguel Dueñas, a una distancia de 1 Km. del pueblo y a 10 Km. de Antigua Guatemala (cabecera departamental), y a 54 Km. de la ciudad capital. El municipio de San Miguel Dueñas, se encuentra localizado en las coordenadas latitud $14^{\circ}31'32''$ y longitud oeste $90^{\circ}47'54''$ y una altitud de 1500 msnm. Ver mapa en anexo.

Las colindancias de la finca son (Figura 1):

Al norte: Hermanos Baeza.

Al sur: Beneficio Panchoy.

Al este: Finca Valhalla.

Al oeste: Casco urbano del municipio de San Miguel Dueñas.



Figura 1: Colindancias de la Finca Tres Volcanes, Paul Ecke de Guatemala S.A.

2.2 Topografía

Su territorio es irregular, con extensas planicies y considerables alturas, pues se extienden en las faldas del volcán Acatenango. La población se encuentra asentada en las planicies.

2.3 Hidrografía

Son 3 ríos que irrigan San Miguel Dueñas, el Guacalate es el más caudaloso y largo, río Blanco y Ramuxyat que desembocan en el Guacalate.

2.4 Suelos

Fisiográficamente estos suelos pertenecen a las Tierras Altas Volcánicas y geomorfológicamente constituyen la Zona Volcánica, Cerros de Cima redonda y valle aluvial. Según Simmons (3), los suelos pertenecen a la Serie Alotenango. Su geología es de material de origen volcánico cuaternario.

2.5 Zonas de vida y clima

Según De La Cruz (1) el municipio se encuentra localizado en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical, su patrón de lluvias en promedio es de 1344 mm, biotemperatura 15°C, evapotranspiración es de 0.75 mm/día. La vegetación típica es de rodales de Quercus sp que hoy día se han reducido fuertemente por la influencia y presión agrícola habiendo sido sustituidos por cultivo bajo sombra; típicamente el café.

Se marcan 2 épocas: la lluviosa (de abril a octubre) con interrupciones (canículas) en el mes de junio y julio, en esta época la temperatura oscila entre los 15-22°C. La época seca que inicia en noviembre y se registran las temperaturas más bajas (12°C).

3. OBJETIVOS

3.1 General

- A.** Realizar el diagnóstico del manejo nutricional del cultivo de pascua en la Finca Tres Volcanes, Paul Ecke de Guatemala, S.A.

3.2 Específicos

- A.** Establecer la situación real del manejo de la nutrición del cultivo de pascuas a nivel de invernadero en la Finca Tres Volcanes, Paul Ecke de Guatemala, S.A.
- B.** Determinar la problemática actual de la empresa respecto al manejo nutricional del cultivo de pascua.

4. METODOLOGÍA

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

4.1 Fase de campo

En la fase de campo se realizó un reconocimiento del área de estudio, en el caminamiento se observaron las áreas productivas de la finca, durante el cual se recopiló información proveniente de diversas fuentes. En el recorrido se observaron las condiciones del cultivo, condiciones del manejo de la nutrición en el cultivo de pascua de la Finca Tres Volcanes de la Empresa Paul Ecke de Guatemala, S.A.

Durante el proceso del diagnóstico se realizaron entrevistas a personal de las distintas áreas de trabajo, personal de campo y personal técnico de la empresa.

Se realizó una búsqueda de literatura, historial y registros de la empresa Paul Ecke de Guatemala, S.A. para tener un panorama más amplio de la problemática presente y pasada de la misma.

4.2 Fase de gabinete

En la fase de gabinete se procedió a realizar un análisis de la información y de esta manera determinar cuáles son los principales problemas que afectan a la empresa.

4.3 Análisis de la Información

La información recabada durante la elaboración del diagnóstico, fue obtenida de fuentes primarias y secundarias, la cual fue analizada con la gerencia de producción y la gerencia de investigación, se analizaron cada uno de los factores, en el que se analizaron las entrevistas y la literatura recabada del historial sobre la nutrición.

4.4 Recursos

- A.** Computadora.
- B.** Libreta de campo.
- C.** Cámara Fotográfica
- D.** Biblioteca de la Empresa Paul Ecke de Guatemala, S.A. y la FAUSAC.
- E.** Personal de campo, técnico y administrativo.

5. RESULTADOS

A continuación son presentados los datos obtenidos durante el desarrollo de la investigación.

5.1 Manejo nutricional

Dentro de la finca existen diversas variedades de pascua, todas las variedades existentes se les suministran los mismos niveles de nutrición. Existen pequeñas variantes para las variedades en cuanto al manejo del cultivo (manejo de sombra, manejo de temperatura y manejo de humedad) y aplicación de nutrientes vía foliar, estas aplicaciones se realizan únicamente para corregir deficiencias nutricionales en la planta.

Según Ecke III, Faust, Higgins y Williams (2) la planta debe nutrirse constantemente para proveerle el alimento necesario para su desarrollo. Los intervalos de nutrición en el cultivo se realizan entre 3 o 4 días (ver cuadro 1), esto depende la humedad del suelo, la cual es monitoreada con tensiómetros de 15 y 30 cm. de profundidad. El fertirriego y el riego convencional en el cultivo de pascua en la Finca Tres Volcanes le son suministrados de dos a tres por semana.

Cuadro 1: Número de fertilizaciones en cada etapa de desarrollo del cultivo.

RIEGOS					
Etapa de desarrollo	Duración de la etapa	13 - 40 - 13	15 - 5 - 15	20 - 10 - 20	321 - 322
PROPAGACIÓN	6 semanas	2	10		
ESTABLECIMIENTO	7 semanas			12	6
FORMACIÓN	6 semanas				11
PRODUCCIÓN	8 semanas				16

La fertilización en el cultivo de pascua, se realiza utilizando distintas formulaciones químicas para cada etapa del cultivo las cuales se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2: Fertilizantes utilizados durante el ciclo del cultivo.

Etapa de desarrollo	Semana	Formulación
PROPAGACIÓN	1-2	13 - 40 - 13
	2-6	15 - 5 - 15
ESTABLECIMIENTO	7-10	20 - 10 - 20
	11-13	321 - 322
FORMACIÓN	14-19	321 - 322
PRODUCCIÓN	19 en adelante	321 - 322

El plan de nutrición para el cultivo de pascua se divide en cuatro fases, las que se describen a continuación:

5.1.1 Etapa 1

En la primera etapa de la nutrición, la planta se encuentra en la fase de propagación, la cual tiene una duración de 6 semanas. Durante la semana 1 y 2 se realizan 2 fertilizaciones manuales, por medio de una pichacha (ver figura 2), para lo cual se utiliza la formulación 13 – 40 – 13 (cuadro 3). Durante esta etapa se utiliza esta formulación especialmente para estimular el desarrollo de raíces. En las semanas 2 a la 6, se realizan 10 fertilizaciones manuales, por medio de una pichacha. En esta etapa se utiliza la formulación 15 – 5 – 15 (cuadro 4), esta formulación se utiliza para formación de raíces, biomasa y le provee de elementos menores que le son indispensables a la planta para llevar a cabo distintos procesos fisiológicos.

Cuadro 3: Formulación 13 – 40 – 13 utilizada en pascua.

Formulación 13 - 40 - 13	
Elemento	Porcentaje
Nitrógeno total	13%
Nitrógeno amoniacal	8.70%
Nitrógeno nítrico	4.30%
Fósforo (P2O5)	40%
Potasio (K2O)	13%
Azufre (S)	0.70%
Azufre (SO3)	1.80%
Magnesio (MgO)	0.10%
Boro (B)	0.01%
Cobre (Cu)	0.02%
Hierro (Fe)	0.05%
Manganeso (Mn)	0.05%
Molibdeno (Mo)	0.001%
Zinc (Zn)	0.02%

Cuadro 4: Formulación 15 – 5 – 15 utilizada en pascua.

Formulación 15 - 5 - 15	
Elemento	Porcentaje
Nitrógeno total:	15%
N. amoniacal:	1.20%
N. nítrico:	11.75%
N. ureico:	2.05%
Fósforo (P2O5):	5%
Potasio (K2O):	15%
Calcio (Ca):	5%
Magnesio (Mg):	2%
Boro (B):	0.02%
Cobre (Cu):	0.01%
Hierro (Fe):	0.08%
Manganeso (Mn):	0.04%
Molibdeno (Mo):	0.01%
Zinc (Zn):	0.04%



Figura 2: Fertilización de planta en propagador por medio de pichacha.

La cantidad de elementos aplicados al cultivo durante cada una de las etapas del cultivo son presentados en el cuadro 7.

5.1.2 Etapa 2

La segunda etapa de la nutrición se lleva a cabo durante la etapa de establecimiento, en las semanas 7 a la 13, durante este periodo se realizan 18 fertilizaciones por medio de una pichacha y fertirriego. De la semana 7 a la 10 se utiliza una formulación 20 – 10 – 20 (cuadro 5), esta formulación se utiliza cuando una nueva planta es trasplantada a campo definitivo, esta formulación ayuda a la planta a adaptarse a su nuevo medio de desarrollo. De la semana 11 a la 13 se utilizan dos nuevas formulaciones nuevas, dichas formulaciones son la 321 y 322, denominadas con esa numeración por el fabricante. Las formulaciones utilizadas durante esta etapa se detallan en los cuadros 5 y 6.

Cuadro 5: Formulación 20 – 10 – 20 utilizada en pascua.

Formulación 20 - 10 - 20	
Elemento	Porcentaje
Nitrógeno total	20%
N. amoniacal	7.94%
N. nítrico	12.06%
Fósforo (P ₂ O ₅)	10%
Potasio (K ₂ O)	20%
Magnesio (Mg)	0.15%
Boro (B)	0.01%
Cobre (Cu)	0.004%
Hierro (Fe)	0.05%
Manganeso (Mn)	0.03%
Molibdeno (Mo)	0.001%
Zinc (Zn)	0.003%

Cuadro 6: Formulaciones 321 y 322 utilizadas en el cultivo de pascua.

COMPOSICION		
Elemento	Formulación 321 (1)	Formulación 322 (2)
	Gramos / litro	Gramos / litro
Nitrógeno total	43	78.3
N - NH ₄	0	11
N - NO ₃	43	67.3
Fósforo (P ₂ O ₅)	0	33.3
Potasio (K ₂ O)	0	66.65
Cálcio (CaO)	0	75
Magnesio (MgO)	66.5	0
Azufre (S)	7	0
Manganeso (Mn)	13.3	0
Zinc (Zn)	4	0
Molibdeno (Mo)	0.13	0

5.1.3 Etapa 3

La tercer etapa de la nutrición se lleva a cabo durante la etapa de formación, durante la semana 14 a la 19, durante este periodo se realizan 11 fertilizaciones, las cuales se realizan por medio de fertirriego. Durante esta etapa de desarrollo del cultivo se utiliza la formulación 321 (fórmula 1) y 322 (fórmula 2). Las formulaciones utilizadas en esta etapa se detallan en el cuadro 6.

5.1.4 Etapa 4

La última etapa de nutrición de la planta se lleva a cabo en la etapa de propagación. La cuarta etapa de la nutrición se realiza de la semana 19 a la semana 26 ó lo que dure el ciclo del cultivo. De la semana 19 a la 26 se realizan 16 fertilizaciones por medio del fertirriego (ver figura 3). Durante esta etapa se utilizan dos formulaciones simultáneamente, estas formulaciones son la 321 (formulación 1) y 322 (formulación 2). Con estas formulaciones se pretende proveerle a la planta los nutrientes necesarios para su desarrollo. Dichas formulaciones se detalla en el cuadro 6.



Figura 3: Cinta de goteo utilizada para realizar riego convencional y fertirriego.

En el proceso de fertilización existe una etapa extra, con esta etapa nos referimos a las aplicaciones foliares en el cultivo. Con las aplicaciones foliares se corrigen las deficiencias (ver figura 4 y 5) que se presentan en el cultivo de pascua. Las aplicaciones se realizan periódicamente, hasta dos aplicaciones por semana en la etapa de producción.

Los productos y formulaciones utilizadas para las aplicaciones foliares son diversos, esto se debe a que los Ingenieros Agrónomos encargados del cultivo son quienes deciden la mayoría de ocasiones que productos utilizar para corregir las deficiencias observadas en el cultivo.



Figura 4: Deficiencia de Calcio (Ca).



Figura 5: Deficiencia de Potasio (K).

El manejo nutricional del cultivo de pascua en la finca Paul Ecke de Guatemala S.A. es hasta cierto punto deficiente, esto se debe a que la nutrición se realiza sin fundamentos científicos, esto se debe a que para esta región no se tienen registros de estudios sobre nutrición en pascua. La nutrición en la finca se ha realizado hasta la fecha basada en recomendaciones dadas por Paul Ecke Estados Unidos, con el inconveniente que las técnicas y el medio de cultivo es totalmente distinto al de la región de Guatemala. En la Empresa Ecke de Guatemala se han implementando diferentes planes de nutrición y empleando el que mejores resultados ha mostrado.

En un inicio la fertilización se realizaba únicamente por fertirriego y riego manual (pichacha). Se realizaban aplicaciones foliares como refuerzo, pero en la actualidad las aplicaciones foliares pasaron a formar parte del programa regular de nutrición del cultivo, lo que conlleva a que los costos de producción se eleven. La aplicaciones foliares se realizan periódicamente debido a que en el cultivo se presentaban deficiencias y disminuyen el rendimiento y la calidad de la planta.

Durante el ciclo del cultivo se lleva a cabo un historial de la cantidad de producto utilizado en cada riego, esto ayuda a conocer la cantidad de cada elemento aplicado a la planta en cada riego realizado. En el cuadro 7 se muestra la cantidad en gramos de cada elemento aplicado por planta, en cada etapa de desarrollo del cultivo. Las etapas del cultivo son 4 (propagación, establecimiento, formación y producción) y el ciclo total del cultivo tiene una duración de 26 semanas.

Cuadro 7: Cantidad de cada elemento en miligramos, aplicado por planta, en cada etapa de desarrollo del cultivo.

Etapa de desarrollo	Duración de la etapa	Miligramos del elemento										
		N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn	Fe	Mn	B
PROPAGACIÓN	7 semanas	102.26	115.55	54.83	108.78	63.31	83.01	0.10	0.17	1.16	0.17	0.35
ESTABLECIMIENTO	7 semanas	978.85	500.90	1029.44	413.70	171.29	189.12	0.20	5.90	3.45	20.19	0.41
FORMACIÓN	6 semanas	967.55	541.10	1118.89	1382.11	495.09	247.11	0.08	24.35	2.07	80.88	0.20
PRODUCCIÓN	8 semanas	1527.71	854.37	1766.66	2182.28	781.71	390.17	0.13	38.44	3.27	127.71	0.31

5.2 Limitaciones del manejo nutricional

En Paul Ecke de Guatemala S.A. no se tiene fundamentos científicos para respaldar el plan de nutrición que se realiza actualmente.

No se sabe si el plan de nutrición que se realiza actualmente está arriba o debajo de los requerimientos nutricionales del cultivo de pascua.

6. CONCLUSIONES

- 6.1** En la empresa Paul Ecke de Guatemala S.A. se lleva a cabo un plan de nutrición basado en experiencias y recomendaciones dadas por Paul Ecke Estados Unidos, quienes cultivan y experimentan con plantas de pascua con medios de cultivo distintos a los utilizados en Paul Ecke de Guatemala.
- 6.2** La nutrición en el cultivo de pascua se realiza sin conocer los requerimientos nutricionales propios del área a los que debe tener acceso la planta durante las diferentes etapas de desarrollo del cultivo.
- 6.3** En la finca Paul Ecke de Guatemala existe diversidad de variedades de pascua, de porte alto, porte bajo y distintos colores, a las cuales se les provee el mismo manejo nutricional.
- 6.4** Los requerimientos nutricionales para el cultivo de pascua no se han definido aún para Guatemala y en especial para el área donde Paul Ecke de Guatemala cultiva sus productos.
- 6.5** En el cultivo de pascua se pueden observar deficiencias nutricionales las cuales pueden estar relacionadas con antagonismo entre elementos o deficiencias de los elementos directamente.

7. RECOMENDACIONES

- 7.1** Determinar los requerimientos nutrimentales para el cultivo de pascua en nuestra región, específicamente para San Miguel Dueñas, Sacatepéquez.
- 7.2** Ante la notable necesidad de producir esquejes de pascua de alta calidad, es recomendable estudiar la dinámica de los elementos en los suelos de San Miguel Dueñas, Sacatepéquez.
- 7.3** Al determinar los requerimientos nutrimentales del cultivo de pascua, es necesario establecer un plan de nutrición para la finca Paul Ecke de Guatemala, tomando en cuenta las características del suelo, agua y ambiente.

8. BIBLIOGRAFIA

1. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
2. Ecke III, P; Faust, JE; Higgins, A; Williams, J. 2004. The Ecke poinsettia manual. Singapore, Imago. p. 99-111.
3. Simmons, CS; Tarano T, JM; Pinto, JH: 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, José De Pineda Ibarra. p 55-78.

CAPÍTULO II

DETERMINACIÓN DE CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE PASCUA *Euphorbia pulcherrima* Willd ex. Klotzsch BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO, EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA C.A.

DETERMINATION OF NUTRIENTS ABSORPTION CURVES IN POINSETTIA (*Euphorbia pulcherrima* Willd ex. Klotzsch) GROWING UNDER GREENHOUSE CONDITIONS IN THE DEPARTMENT OF SACATEPEQUEZ, GUATEMALA C.A.

1. PRESENTACIÓN

La presente investigación se realizó en la Finca Tres Volcanes, Paul Ecke de Guatemala S.A., ubicada en el municipio de San Miguel Dueñas, departamento de Sacatepéquez. Esta finca se dedica a la producción y exportación de esquejes de pascua (*Euphorbia pulcherrima*) a destinos como Estados Unidos, Canadá, Europa y Asia. También se cultiva variedad de flores, dentro de las cuales se encuentran las Chatías (*New Guinea inpatiens*), Margaritas (*Ostospermum eclonis*), Portulacas (*Portulaca oleracea*), etc.

Siendo la pascua el cultivo de mayor producción (80 % de la producción total) para la empresa, existe gran inquietud en cuanto a la producción de esquejes. En el proceso existen limitantes que podrían representar pérdidas para la empresa, esto se debe a que un esqueje mal nutrido no puede formar una planta nueva, o en otros casos los esquejes no soportan las condiciones de embarque, por lo que la empresa tiene que reponer el material perdido. Otra de las limitantes que presenta el cultivo de pascua es que no se tiene información del consumo nutricional de la planta para la región, por lo que fue necesario realizar análisis de tejido vegetal en distintas etapas del cultivo para conocer la extracción de nutrientes por parte de la planta en el tiempo, para producir un rendimiento dado.

Uno de los pilares fundamentales para alcanzar rendimientos elevados sostenidos en el tiempo y para obtener resultados económicos positivos, es el manejo eficiente de la nutrición. Durante el desarrollo del experimento se realizaron muestreos de tejido vegetal en hojas, tallo, raíz y esqueje, los que mostraron variaciones importantes de la extracción de nutrientes de la planta en relación a los aplicados a la planta.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La empresa Paul Ecke de Guatemala S.A. se caracteriza por sus productos de calidad. En la actualidad el cultivo de Pascua (*Euphorbia pulcherrima*) representa el mayor ingreso económico para la empresa por lo que se ha convertido en un cultivo intensivo y de gran demanda. Actualmente la demanda y las exigencias del mercado internacional aumentan día con día para el cultivo de pascua, lo que hace necesario mejorar las técnicas de producción para aumentar el rendimiento del cultivo.

En nutrición vegetal se conocen 17 elementos esenciales para las plantas de los mas de 100 elementos químicos existentes, según Ecke III, Faust Higgins y Williams (1) en el manual de pascuas de Paul Ecke recomienda que la planta sea nutrida de una forma balanceada, lo cual se logra por medio de estudios sobre los requerimientos nutricionales del cultivo en cada una de sus etapas de desarrollo, logrando de esa manera un óptimo desarrollo para la planta.

El manejo nutricional para el cultivo de pascua en la Finca Paul Ecke de Guatemala S.A. no es 100% eficiente, esto se debe a que se desconocen los requerimientos nutricionales a los que debe tener acceso la planta. La nutrición se basa únicamente en programas recomendados por la finca matriz, esto se debe a que no existen estudios que respalden el programa de nutrición que se realiza actualmente para la región de Guatemala, San Miguel Dueñas, Sacatepéquez, específicamente.

3. JUSTIFICACIÓN

La visión de la empresa Paul Ecke de Guatemala S.A. es producir esquejes de pascua de la mejor calidad, debido a que las exigencias de los mercados internacionales aumentan año con año.

Para la producción de un esqueje de pascua es necesario realizar una serie de procesos dentro de los cuales se encuentra la nutrición, siendo este de mayor importancia. Cuando el estado nutricional de la planta es deficiente su desarrollo se verá limitado y el esqueje extraído no tendrá las reservas suficientes para poder desarrollarse y formar una nueva planta.

Dentro del manejo de la nutrición, existe el inconveniente de que en la región no existen registros de investigaciones previas sobre la cantidad de nutrientes que requiere la pascua para su desarrollo. En Estados Unidos específicamente en Paul Ecke Ranch, Encinitas California se han realizado estudios de este tipo pero con el inconveniente que para Paul Ecke Guatemala S.A. las condiciones climáticas y edáficas no son las mismas. Otra limitante en cuanto a las investigaciones realizadas es que en Paul Ecke Ranch las plantas son cultivadas en macetas y no en el suelo directamente como se realiza en Paul Ecke de Guatemala.

Durante años se ha realizado la nutrición en el cultivo de pascua en Paul Ecke de Guatemala S.A. sin antecedentes, únicamente con la experiencias no fundamentadas en estudios previos y criterio de los agrónomos. El desconocer el requerimiento nutricional en pascua puede producir pérdidas en la producción de esqueje.

4. MARCO TEORICO

4.1 Marco conceptual

4.1.1 Taxonomía

La clasificación taxonómica del cultivo de pascua (*Euphorbia pulcherrima*) se describe de la siguiente manera.

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Euphorbiales
Familia:	Euphorbiaceae
Género:	Euphorbia
Especie:	E. pulcherrima

4.1.2 Fenología del cultivo de pascua (*Euphorbia pulcherrima*)

Ecke III, Faust, Higgins y Williams (6) describen la pascua; como una planta arbustiva que comúnmente crece de 1 a 4 metros de altura, con pocas ramas corpulentas; sus hojas son alternas, las de la parte alta opuestas o verticiladas, pecíolos largos, delgados y membranosos. Esta familia de plantas se distingue por su producción de savia lechosa (látex). El género *Euphorbia* contiene entre 1,600 a 2,000 especies las cuales se identifican por un pistilo femenino simple, la carencia de pétalos y usualmente de sépalos.

4.1.3 Variedades comerciales

Ecke III, Faust, Higgins y Williams (6) describen que a mediados del 1,950 se inició el programa de selección y mejoramiento de variedades de pascua en los Estados Unidos. Actualmente esta tarea ha dado origen a muchas variedades que han acaparado la admiración de clientes, originando diferencias en la altura de las plantas, en diferentes formas de hojas que van desde ovuladas a dentadas y lanceoladas, con bordes lisos o

aserrados, colores que van desde el rojo, blanco, rosa y salmón y combinadas. Las variedades comerciales más vendidas desde el año 2,000 a la presente fecha son: familia Prestige Red, Freedom, familia Winter Rose, familia Reinassence y familia Peterstar, entre otras.

4.2 Nutrición mineral

4.2.1 El crecimiento y los factores que lo afectan

El éxito de las empresas agrícolas se basa en la producción de cultivos sanos, de calidad y de alto rendimiento, si las plantas crecen, y los rendimientos son buenos, la empresa alcanza el éxito como productor.

Según Tisdale y Nelson (9), el crecimiento se refiere al desarrollo de uno o mas órganos específicos de la planta, o las plantas consideradas en su conjunto.

4.2.1.1 Crecimiento en relación al tiempo

Si el crecimiento de una planta se da con el incremento de materia seca, existe una relación constante entre la medida de crecimiento empleada y el tiempo. El modelo general es de unos pequeños crecimientos iniciales en tamaño, seguido de un rápido crecimiento, y después otro periodo durante el cual la planta crece lentamente o deja de hacerlo. Este tipo de crecimiento se encuentra representado en la figura 6.

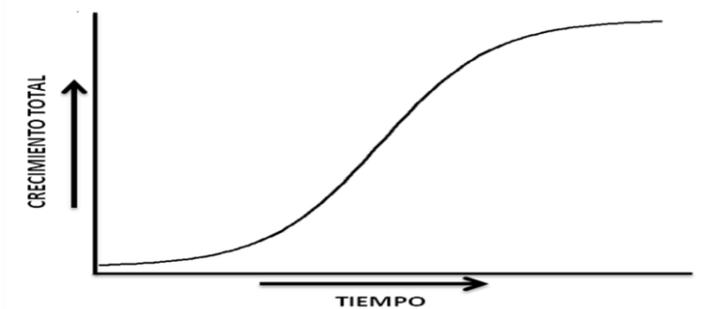


Figura 6: Curva generalizada de crecimiento de una planta anual.

Según Tisdale y Nelson (9) las curvas de crecimiento son útiles para una mejor comprensión del proceso de desarrollo de las plantas, como la disponibilidad de elementos minerales, luz, dióxido de carbono y agua. El crecimiento de las plantas está en función del factor ambiente o factores de crecimiento que pueden ser considerados como variables, cuya magnitud y condición determinan el crecimiento que puede obtenerse.

Al conocer el comportamiento de las curvas de absorción de nutrientes se pueden establecer las etapas del cultivo en la cual se absorbe la mayor cantidad de nutrientes, al mismo tiempo se puede determinar los niveles de nutrición y la etapa en la que se necesitan dichas aplicaciones de nutrientes para un desarrollo óptimo de la planta.

4.2.1.2 Factores que afectan el crecimiento de las plantas

El crecimiento máximo de las plantas, según las teorías de Mitscherlich-Spillman, de Tisdale y Nelson (9), se alcanza por la planta cuando ninguno de los factores de crecimiento está en menor cantidad de la requerida, con lo que se obtiene un rendimiento del 100 por ciento.

4.2.2 Elementos requeridos en la nutrición de la planta

A. Nitrógeno (N)

Ecke III, Faust, Higgins y Williams (6) describen que el nitrógeno es absorbido principalmente como nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). Según Tisdale y Nelson (9), no importando la forma en la que es absorbida, éste 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.

Forma parte esencial de todo ser vivo. Además de su papel en la formación de proteínas, el nitrógeno es parte integral de la molécula de clorofila. Un adecuado suministro está relacionado con crecimientos vegetativos e intenso color verde en las plantas.

Según California Plant Health Association (3) El nitrógeno en forma de NO_3^- es móvil en el suelo y se desplaza en el agua hacia las raíces de las plantas, donde es absorbido. Por otra parte, el amonio se adhiere a la superficie de las partículas de suelo y no es alcanzado por las raíces de las plantas. Hacen mención de que cuando existen las condiciones adecuadas de temperatura, humedad, aireación y pH del suelo, los organismos del suelo transforman todas las formas de nitrógeno en el suelo en nitrato.

a. Deficiencia

Según Tisdale y Nelson (9), cuando las plantas poseen bajos niveles a los requeridos presentan un desarrollo bajo 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.

b. Toxicidad

Según el Ecke III, Faust, Higgins y Williams (6), las pascuas reaccionan desfavorablemente a altos niveles, dando como resultado un pobre desarrollo de raíces, amarillamiento de las hojas y defoliación.

Según Tisdale y Nelson (9) 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 (5), el fósforo es absorbido por la planta en forma de fosfato monovalente (H_2PO_4^-) y fosfato divalente ($\text{HPO}_4^{=}$). California Plant Health Association (3) menciona que la mayor parte del total existente en el suelo se encuentra ligado químicamente a compuestos muy poco solubles. Lo anterior limita su solubilidad y hace que sea lixiviado.

Ecke III, Faust, Higgins y Williams (6) 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 (3) 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, mayor transferencia del fósforo a través de las membranas de la raíz al xilema y disminución del pH del suelo como resultado de la nitrificación del nitrógeno amoniacal.

Según Tisdale y Nelson (9), se ha reconocido que un adecuado suministro en las primeras etapas de vida de la planta es importante en el retraso del crecimiento de las partes reproductivas. Se le considera esencial en la formación de las raíces y se le encuentra en grandes cantidades en frutos y semillas.

La calidad de ciertos frutos, forrajes, hortalizas y cultivos de grano incrementa y también aumenta la resistencia a las enfermedades.

a. Deficiencia

Ecke III, Faust, Higgins y Williams (6) mencionan que la deficiencia no es muy común en pascuas. Los niveles bajos hacen más lento el crecimiento de la planta, no se desarrollan las raíces, se presenta un amarillamiento de las hojas viejas y necrosis.

b. Toxicidad

Las aplicaciones altas al follaje o al suelo pueden ocasionar antagonismos con ciertos microelementos como el Zn y el Fe siendo la causa de las deficiencias de estos elementos.

C. Potasio (K)

Ecke III, Faust, Higgins y Williams (6) 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 (3) las células oclusivas de las 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 (9), a diferencia del nitrógeno, azufre, fosforo entre otros, el potasio no forma una parte primordial de los componentes de la planta tales como protoplasma, grasa y celulosa. 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 del crecimiento de los tejidos meristemáticos.
- VII. Ajuste de la apertura de los estomas y relaciones con el agua.

El papel del potasio también es ayudar a darle turgencia a las plantas lo cual es esencial para el correcto funcionamiento de los procesos fotosintéticos y metabólicos.

a. Deficiencia

Según Tisdale y Nelson (9), los principales efectos de una deficiencia sobre el crecimiento de la planta y calidad del producto resultan de malformaciones fisiológicas en el interior del sistema de la planta. La fotosíntesis disminuye con una insuficiencia de potasio, mientras al mismo tiempo la respiración puede incrementarse. Esto reduce seriamente la formación de carbohidratos y, por consiguiente, el crecimiento de la planta.

La deficiencia de potasio resulta en un amarillamiento y necrosis del margen de las hojas maduras, crecimiento lento, tallos débiles.

b. Toxicidad

El exceso puede acentuar la deficiencia de calcio o magnesio.

D. Calcio (Ca):

El calcio es absorbido por las plantas en forma de ión calcio (Ca^{2+}). Según California Plant Health Association (3) describe que 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 (9), favorece la formación y el incremento de la proteína contenida dentro de la mitocondria. La función de la mitocondria en la respiración aeróbica, y de aquí en la asimilación de sales.

Se relaciona a la síntesis de proteínas por su incremento sobre la asimilación de nitrógeno nítrico y se asocia con la actividad de ciertos sistemas enzimáticos. Otro papel importante que juega, es el alargamiento de las células y por tanto el desarrollo de los tejidos meristemáticos.

a. Deficiencia

Según Ecke III, Faust, Higgins y Williams (6) el síntoma más común en pascuas es el enrollamiento de las hojas, tejido vegetal más delgado, tallos debilitados, muerte de los ápices de crecimiento, caída prematura de flores y yemas. La deficiencia se incrementa con evapotranspiración limitada, alta humedad, movimiento bajo de aire, alto contenido de sal en el medio de crecimiento y baja radiación solar.

b. Toxicidad

Exceso de calcio puede provocar deficiencia de magnesio y boro.

E. Magnesio (Mg)

El magnesio es absorbido en forma de ión magnesio (Mg^{2+}), según Ecke III, Faust, Higgins y Williams (6) hacen mención que las moléculas de clorofilas, esencial para la fotosíntesis contiene este elemento. Tiene como función activar muchas enzimas vegetales que son necesarios para los procesos de crecimiento.

Según California Plant Health Association (3) “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 (9) hacen mención que es el único constituyente mineral de la molécula de clorofila, la importancia es notable, ya que la ausencia de la clorofila impediría a las plantas llevar a cabo la fotosíntesis.

Este elemento se requiere para la activación de muchas enzimas relacionadas con el metabolismo de los hidratos de carbono y es muy importante en el ciclo del ácido cítrico, de mucha importancia en la respiración celular.

a. Deficiencia

Según Ecke III, Faust, Higgins y Williams (6) la deficiencia causa clorosis intervenal de las hojas maduras, enrollamiento foliar ascendente a lo largo de los bordes de las hojas. En estado más avanzado el tejido de la hoja se vuelve uniformemente amarillo pálido, luego café y necrótico.

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 (9), las funciones específicas en el crecimiento de la planta y metabolismo son numerosas e importantes:

- I. Se requiere para la síntesis de los aminoácidos, y para la síntesis de proteína.
- II. Es un constituyente de ciertas vitaminas, de coenzima A, y del glutatión.
- III. Incrementa el contenido de aceite de cultivos tales como lino y soja.
- IV. Los enlaces (---S---S---) se han asociado recientemente con la estructura del protoplasma, y la cantidad de grupos sulfhídrido (---SH) en las plantas se ha relacionado en algunos casos con la resistencia al frío.

a. Deficiencia

Según Tisdale y Nelson (9), una deficiencia de azufre, tiene un efecto pronunciado de retardar el crecimiento de las plantas, se caracteriza por plantas uniformemente cloróticas y de troncos delgados.

b. Toxicidad

El exceso de este elemento puede causar deficiencia de potasio, calcio o magnesio.

G. Hierro (Fe)

Según Ecke, Faust, Higgins y Williams (6) 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 suma importancia. Otra función atribuida es su evidente necesidad para la enzima flavina que reduce el citocromo-c.

a. Deficiencia

La deficiencia resulta en amarillamiento de hojas jóvenes, clorosis intervenal, las venas permanecen de color verde salvo en casos de salvo en casos graves de deficiencia, muerte descendente de brotes, en caso grave de deficiencia se da una muerte de ramas o plantas enteras.

Según Tisdale y Nelson (9), la deficiencia se muestra de primero en hojas jóvenes. Las hojas jóvenes presentan una clorosis intervenal que progresa rápidamente sobre la hoja entera. En casos muy avanzados las hojas toman una coloración blanca.

H. Manganeso (Mn)

Es absorbido por la planta como ión manganeso (Mn^{2+}). Según California Plant Health Association (3) 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 deficiencia de hierro.

Según Tisdale y Nelson (9), 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.

a. Deficiencia

Según Tisdale y Nelson (9), la deficiencia por lo regular se muestra primero en las hojas jóvenes caracterizado inicialmente por una clorosis intervenal.

b. Toxicidad

Tisdale y Nelson (9), mencionan que, un exceso en la planta provoca un enrollamiento de las hojas, reduciendo el área foliar expuesta a la luz para realizar fotosíntesis.

I. Boro (B)

California Plant Health Association (3) 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, Higgins y Williams (6) 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.

Tisdale y Nelson (9) hacen mención que el boro tiene parte en el metabolismo de los carbohidratos y facilita el movimiento de los azúcares. Mencionan también, que el boro tiene influencia en el desarrollo de las células por el control que ejerce en la formación de los polisacáridos.

a. Deficiencia

Según Tisdale y Nelson (9), el primer síntoma visual es el cese del crecimiento de la planta, seguido después de la muerte de las hojas jóvenes. La deficiencia de boro resulta en menor floración, muerte de yemas terminales, lo que da una apariencia de escoba de bruja, hojas, engrosadas, enrolladas, marchitas y cloróticas. Otro síntoma que se observa es un cese de la división celular acompañado por un alargamiento de las células apicales de las raíces.

b. Toxicidad

El boro puede estar presente con niveles muy altos en el agua. El exceso de boro da como resultado en amarillamiento de las hojas y necrosis de los bordes de las hojas, comenzando con las hojas más viejas.

J. Cinc (Zn)

El cinc es absorbido por las plantas como ión cinc (Zn^{2+}). Según Ecke, Faust, Higgins y Williams (6) el cinc es requerido por muchas enzimas y particularmente por las encargadas de la transferencia de hidrogeno. California Plant Health Association (3) describe que el cinc controla la síntesis de ácido indolacético, el que es un regulador del crecimiento de las plantas.

a. Deficiencia

La deficiencia de cinc causa clorosis intervenal de las hojas y detiene el crecimiento de las hojas nuevas (figura 12).

K. Cobre (Cu)

El cobre es absorbido como ión cobre (Cu^{2+}). Según California Plant Health Association (3) el cobre es un activador de varias enzimas vegetales.

a. Deficiencia

Los investigadores Ecke III, Faust, Higgins y Williams (6) describen que la deficiencia de cobre provoca una clorosis intervenal en las hojas jóvenes y pueden causar eventualmente necrosis en las hojas.

b. Toxicidad

El exceso del elemento cobre puede causar la muerte de las raíces y declinamiento de las plantas.

L. Molibdeno (Mo)

El molibdeno es absorbido por las plantas como ión molibdato (MoO_4^{2-}). Según Ecke III, Faust, Higgins y Williams (6) el molibdeno es requerido por las pascuas como catalizador en la reducción de nitrato y de otros sistemas enzimáticos.

a. Deficiencias:

La deficiencia de este elemento causa amarillamiento de las hojas recién maduras, enrollamiento hacia arriba de las hojas, necrosis de los bordes de las hojas.

M. Cloro (Cl)

El elemento cloro es absorbido por las plantas como ión cloruro (Cl^-). Según Ecke III, Faust, Higgins y Williams (6) el cloro es elemento fundamental para que se lleven a cabo las reacciones fotosintéticas, y regular el potencial de la turgencia de las células.

a. 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.

b. Toxicidad:

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

4.3 Rangos nutrimentales para el cultivo de pascuas

Según Ecke III, Faust, Higgins y Williams (6) los niveles nutrimentales para el cultivo de pascua son presentados en el cuadro 8.

En el cuadro se determinan cuales son los elementos que se necesitan en mayor cantidad por el cultivo de pascua y estos son: N, K, Ca, Fe y Mn. Es necesario hacer mención que los demás elementos, aunque son necesarios en menor cantidad son de la misma forma, indispensables en el desarrollo de la planta para poder alcanzar el balance nutricional óptimo del cultivo.

Cuadro 8: Rangos nutrimentales para el cultivo de pascua.

Elemento	Nivel bajo	Nivel aceptable	Nivel alto
Nitrógeno %	3.5	4.0 – 6.0	7.0
Fósforo %	0.2	0.3 – 0.6	0.8
Potasio %	1.0	1.5 – 3.5	4.0
Calcio %	0.5	0.7 – 1.8	
Magnesio %	0.2	0.3 – 1.0	
Azufre %	0.05	0.1 – 0.3	
Hierro ppm	50	100 – 300	
Manganeso ppm	40	60 – 300	650
Zinc ppm	20	25 – 60	
Boro ppm	15	25 – 75	100
Cobre ppm	1.0	2 – 0	
Molibdeno ppm	0.5	1 – 5	

Fuente: Manual de pascuas de Paul Ecke.

Los análisis de tejido son una herramienta valiosa para la determinación de la fertilidad de los cultivos. El uso del análisis de tejido en combinación con el análisis de la media de

crecimiento del cultivo provee un panorama del estado nutricional del cultivo de pascua. Cuando el cultivo no presenta problemas notables es necesario realizar análisis de tejido vegetal para conocer el estado nutrimental de la planta para optimizar su desarrollo y rendimiento.

4.4 Marco referencial

El municipio de San miguel Dueñas está ubicado al suroeste del departamento de Sacatepéquez, en las coordenadas siguientes: latitud 14°31'32", longitud oeste 90°47'54" y altitud de 1,500 msnm.

4.4.1 Topografía y orografía

Su territorio es irregular, con extensas planicies y considerables alturas, pues se extienden en las faldas del volcán Acatenango. La población se encuentra asentada en las planicies.

4.4.2 Hidrografía

Son 3 ríos que irrigan San Miguel Dueñas, el Guacalate es el más caudaloso y largo, río Blanco y Ramuxyat que desembocan en el Guacalate.

4.4.3 Suelos

Fisiográficamente estos suelos pertenecen a las tierras altas volcánicas y geomorfológicamente constituyen la Zona volcánica, cerros de cima redonda y valle aluvial. Según Simmons (8), lo suelos pertenecen a la serie Alotenango. Su geología es de material de origen volcánico cuaternario.

4.4.4 Zonas de vida y clima

Según De La Cruz (4) el municipio se encuentra localizado en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical, su patrón de lluvias en promedio es de 1344 mm, biotemperatura 15°C, evapotranspiración es de 0.75 mm/día. La vegetación típica es de

rodales de *Quercus sp* que hoy día se han reducido fuertemente por la influencia y presión agrícola habiendo sido sustituidos por cultivo bajo sombra; típicamente el café.

Se marcan 2 épocas: la lluviosa (de abril a octubre) con interrupciones (canículas) en el mes de junio y julio, es esta época la temperatura oscila entre los 15-22°C. La época seca que inicia en noviembre y se registran las temperaturas más bajas (12°C).

4.4.5 Antecedentes

González y Bertsch en la Revista Agronomía Costarricense (2), publicaron que el K y el N son los elementos que mas son absorbidos en el cultivo del crisantemo, las cantidades son hasta tres veces mayor que el Ca, P y el Mg Los mg.

Molina, Salas y Castro publicaron en la Revista Costarricense (2) que, durante las primeras nueve semanas, el crecimiento y la absorción del cultivo de fresa fue muy lento. Posterior a este periodo la planta incrementó la producción de materia seca y la acumulación de elementos nutritivos.

5. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El estudio se realizó en el municipio de San Miguel Dueñas, se encuentra ubicado al suroeste del Departamento de Sacatepéquez, localizado en las coordenadas latitud $14^{\circ}31'32''$ y longitud oeste $90^{\circ}47'54''$ y una altitud de 1500 msnm (mapa en anexo). La prueba se realizó específicamente en la Finca Tres Volcanes de la Empresa Paul Ecke de Guatemala S.A. en el invernadero G-9 ver ubicación en figura 7, para su establecimiento en campo definitivo, la propagación del material vegetal (esquejes) para el estudio se realizó en el invernadero G-14, el invernadero de pruebas tiene un área total de $4,492 \text{ m}^2$, de esta área se utilizaron 64.8 m^2 que contuvo 1,782 plantas divididas en tres camas con 594 plantas cada una ver ubicación en figura 8.

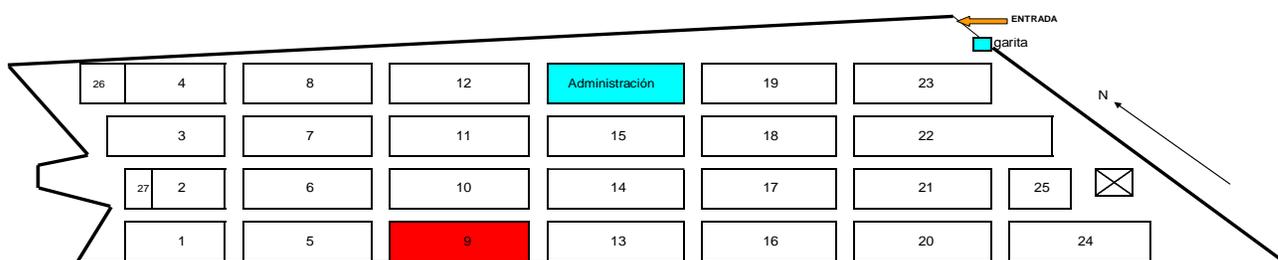


Figura 7: Ubicación de invernadero dentro de la Finca Tres Volcanes, Paul Ecke de Guatemala S.A.

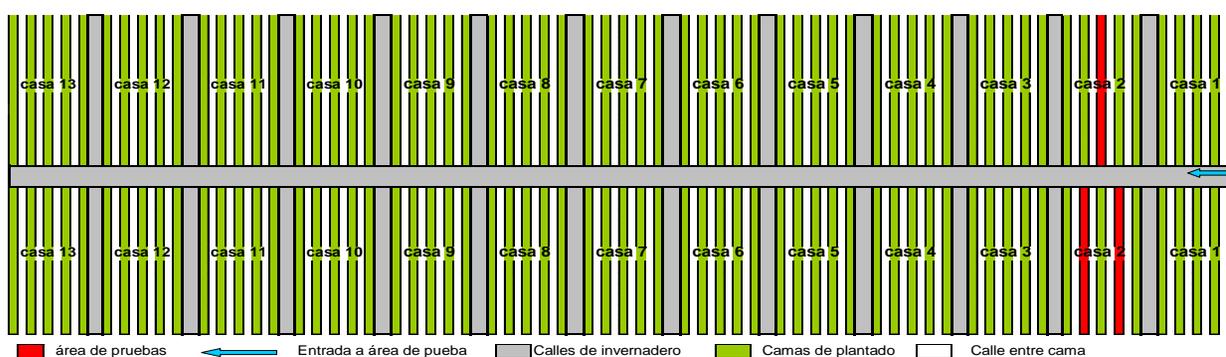


Figura 8: Ubicación de la prueba de curvas de absorción de nutrientes dentro del invernadero 9 y casa 2.

6 OBJETIVOS

6.1 General

6.1.1 Generar información sobre la nutrición del cultivo de pascua (*Euphorbia pulcherrima* Willd ex. Klotzsch) bajo condiciones de invernadero en la Finca Tres Volcanes, Paul Ecke de Guatemala S.A. San Miguel Dueñas, Sacatepéquez.

6.2 Específicos

6.2.1 Determinar la etapa de desarrollo del cultivo de pascua, (*Euphorbia pulcherrima*), que tiene la mayor demanda de nutrientes para su desarrollo, bajo condiciones de invernadero en la Finca Tres Volcanes, Paul Ecke de Guatemala S.A. San Miguel Dueñas, Sacatepéquez.

6.2.2 Determinar la cantidad de nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, B que extrae el cultivo de pascua por órgano (raíz, tallo, hoja) durante su ciclo de desarrollo.

6.2.3 Determinar la extracción de nutrientes en la etapa de producción para el cultivo de pascua.

7. HIPÓTESIS

- 7.1** Durante la etapa de producción es donde se da la mayor extracción de elementos por la planta.

- 7.2** El Nitrógeno es el elemento que más se extrae por el cultivo de pascua durante su ciclo de desarrollo.

8. METODOLOGÍA

8.1 Variedad utilizada

En la investigación se utilizó una de las variedades de mayor demanda en el mercado de pascuas, Prestige Early Red, variedad de porte alto, hojas verde oscuro, flor color rojo oscuro.

8.2 Parcela experimental

La unidad experimental consistió de 3 surcos de 24 m lineales y 0.9 m de ancho cada uno, cada uno de los surcos constaba con 594 plantas. La unidad experimental total fue de 64.8 m^2 . Cada uno de los surcos constaba de 21.6 m^2 . Ver figura 9.

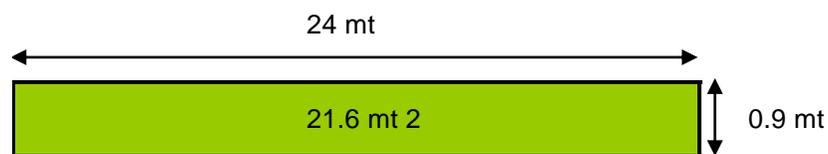


Figura 9: Cama de producción en campo conformada por 594 plantas (unidad de muestreo).

8.2.1 Diseño experimental

El diseño experimental que fue utilizado en este experimento fue de bloques completamente al azar (DBA), las unidades experimentales se distribuyeron en grupos homogéneos, se tomaron en cuenta los tres principios básicos de la experimentación: repetición, aleatorización y control local.

Debido a la naturaleza de la investigación solo se utilizó el diseño experimental con fines de repetición, aleatorización y control local; no se utilizó un modelo estadístico ya que se realizaron promedios de las réplicas, para determinar la extracción de nutrientes, y la acumulación de materia seca en cada etapa de desarrollo.

8.3 Distanciamiento entre plantas

La siembra de las plantas se realizó al tresbolillo con un distanciamiento de 0.18m. por 0.18m entre plantas, con una densidad de siembra de 594 plantas por surco (réplica).

8.4 Muestreo de suelo

Durante el desarrollo del experimento se realizó un análisis de suelo correspondiente al área de estudio para conocer las características y la disponibilidad de nutrientes en el suelo para la planta. Para realizar el muestreo se utilizó un barreno para extraer las muestras, obteniendo 15 submuestras para obtener una muestra compuesta, las extracciones se realizaron a una profundidad de 0 – 0.30m de profundidad.

8.5 Preparación de las muestras para el análisis

A. Secado, tamizado y homogeneizado

El secado se realizó a la sombra sobre una superficie de papel kraft, luego se hizo pasar toda la muestra por un tamiz con diámetro de 2mm y por último se realizó el homogeneizado.

B. Análisis de suelo

La muestra de suelo fue analizada utilizando la solución extractora de Mehlich 1, en el extracto obtenido se determinó los índices de disponibilidad P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn, el pH se determinó por el método potenciométrico relación agua : suelo 2.5:1 y la conductividad eléctrica se utilizó por el método del conductímetro relación agua: suelo 5:1.

8.6 Muestreo de tejido vegetal

El muestreo se realizó siguiendo el procedimiento realizado por Bertsch (2), el cual consistió en muestrear plantas representativas dentro de cada replica. Las plantas

muestreadas fueron tomadas al azar variando el número de plantas de acuerdo a la etapa de desarrollo. Para el muestreo se obtuvieron plantas completas de cada repetición (biomasa aérea y biomasa radical) La biomasa aérea fue separada en tallo, hojas y esquejes. En la etapa de propagación se muestrearon 100 plántulas, en la etapa de establecimiento se muestrearon 15 plantas y en las etapas de formación y producción se tomaron 15 plantas.

En el cuadro 9. Se presentan los muestreos de tejido vegetal según la etapa de desarrollo.

Cuadro 9: Muestreos correspondientes a los análisis de tejido vegetal para cada una de las etapas fenológicas del cultivo de pascua.

ETAPA	SEMANA	ANÁLISIS DE TEJIDO No.	DDT	PARTE ANALIZADA	ANÁLISIS REALIZADO	
PROPAGACION	1		7			
	2		14			
	3		21			
	4		28			
	5		35			
	6	Análisis de tejido 1	42	raíz, tallo y hojas	1	14/03/2007
ESTABLECIMIENTO	7		49			
	8		56			
	9		63			
	10		70			
	11		77			
	12		84			
13	Análisis de tejido 2	91	raíz, tallo y hojas	2	25/04/2007	
FORMACION	14		98			
	15		105			
	16		112			
	17		119			
	18		126			
	19		133			
PRODUCCION	20	Análisis de tejido 3	140	raíz, tallo, hojas	3	20/06/2007
	21		147			
	22	Analisis de tejido 4	155	raíz, tallo, hojas y esqueje	4	05/07/2007
	23	Analisis de tejido 5	167	raíz, tallo, hojas y esqueje	5	17/07/2007
	24		168			
	25		175			
	26		182			
	27	Análisis de tejido 6	190	raíz, tallo, hojas y esqueje	6	09/08/2007

Fuente: Paul Ecke de Guatemala S. A.

8.7 Análisis de tejido vegetal

8.7.1 Limpieza del material

Las muestras obtenidas en el campo fueron lavadas con agua destilada, previo a ser secadas y analizadas, esto se realizó con el objetivo de eliminar partículas de polvo o residuos de sustancias químicas.

8.7.2 Secado y molienda de las muestras

Las muestras fueron secadas en un horno de convección forzada a una temperatura de 60 a 65 °C hasta que alcanzaron peso constante.

8.7.2.1 Biomasa aérea y radical expresada en materia seca

Posterior al proceso del secado se pesaron las muestras de los diferentes órganos para conocer la producción de materia seca del cultivo de pascua. Los resultados obtenidos se expresaron en gr.planta^{-1} en base seca

8.7.3 Molienda del material

Antes de realizar el análisis del material fue necesario moler el material para reducir el tamaño del material y lograr una homogeneidad en su composición. Para realizar la molienda del material se utilizó un molino de acero inoxidable marca Wiley.

8.7.4 Metodología de análisis de tejido vegetal

El método utilizado para el análisis de tejido vegetal fue el de combustión seca el cual consistió en pesar 0.5 g en un crisol de porcelana y luego se sometió a alta temperatura 450°C durante 4 horas, luego se recuperaron las cenizas con una solución de HCl 1N. del extracto obtenido se cuantificó por el método colorimétrico el P el K Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Na y Mn se cuantificaron por Espectrofotometría de Absorción Atómica. El Nt se determinó utilizando el método semi-micro Kjeldhal.

8.8 Manejo del experimento

8.8.1 Propagación de esqueje de pascua

Las plantas madres deben de tener un alto grado de pureza genética. El esqueje que se utilizó para propagación tenía las características siguientes:

- A. Estado de madurez del esqueje adecuado entre 5 y 8 semanas de edad después de la poda.
- B. El esqueje debe estar libre de plagas, enfermedad y daño mecánico que pueda afectar la calidad del esqueje.
- C. El esqueje debe de tener tres hojas maduras fisiológicamente.
- D. El diámetro del esqueje debe de ser de 0.5 a 0.8 cm y 5 cm de longitud.

8.8.2 Sustrato para enraizado

Los esquejes fueron colocados en un sustrato inerte llamado oasis, el cual fue saturado con agua que contenía una solución de fertilizante soluble 20-10-20; 15-5-15. Para aumentar el porcentaje de enraizado se utilizó regulador de crecimiento llamado ácido indolbutírico a 2,500 ppm.

8.8.3 Preparación del invernadero previo al establecimiento del cultivo

A. Trazo de camas y aplicación de aditivos

Cuando se tiene el invernadero totalmente nivelado, se procede al trazo inicial de las camas lo que permite en el caso del cultivo de pascuas delimitar el área para el momento de la aplicación de los aditivos y fertilizantes: cal dolomítica, sulfato de calcio, triple superfosfato.

El proceso inicia con marcar las medidas a utilizar para el ancho de las camas y calles (0.90m y 0.43m respectivamente), ya con las marcas establecidas se procede a la aplicación de las aditivos cuyas cantidades son definidas en base a los resultados de análisis de las muestras de suelo tomadas durante la nivelación del invernadero.

B. Emplastado y aplicación de bromuro

Un día antes de colocar el plástico que sirve para cobertura del bromuro, es necesario humedecer el suelo para un mejor efecto del bromuro. Para llevarse a cabo es necesario el funcionamiento exacto del equipo de aplicación de bromuro, para evitar fugas de producto.

La cantidad de bromuro que se utiliza fue de 11kg por casa completa, en casos especiales, donde existe una mayor presencia de enfermedades se aumenta un 50%.

El tiempo que tarda la cobertura después de la aplicación de bromuro es 72 hrs. Después de retirar la cobertura de plástico se procede a humedecer el suelo para realizar el trazado y tallado de camas.

C. Retallado, rayado y ahoyado de camas

Después del trazado de las camas, se procede a tallarlas. El tallado tiene como objetivo, nivelar las camas completamente. Al tener las camas terminadas se procedió al rayado y ahoyado, para luego realizar el trasplante.

D. Trasplante

Un día antes del trasplante se desinfectó el invernadero con Timsen, a una dosis de 1 cc/lit. Los esquejes enraizados fueron transportados hacia campo definitivo, donde fueron sembrados con el oasis, el cual es el medio de enraizamiento utilizado en propagación.

E. Poda (Triming)

Después de dos semanas de trasplantados los esquejes se les realizó la poda inicial (Pinch), la que consistió en eliminar el meristemo apical con la finalidad de obtener nuevos brotes laterales. Posterior a esto se les realizó una poda de formación (Triming) la cual se realizó una por semana, de la semana 8 a la 11 después de trasplantados. Esta poda se realizó con el fin de proporcionarle una buena estructura a la planta y prepararla para la producción de esquejes.

F. Riego

El riego que se utilizó fue por goteo, durante los primeros 30 a 40 días se regó dos veces por día, la cantidad aplicada era variable, dependía de las condiciones ambientales, incluyendo en cada riego los fertilizantes hidrosolubles.

G. Fertilización

La nutrición de la planta se realizó al suelo por medio de un sistema de inyección. La mezcla de fertilizantes que se aplicó, varió de acuerdo a la fase del cultivo. En la fase de propagación se utilizó la formulación 15 – 5 – 15 (N, P y K), en la etapa de de establecimiento se utilizó la formulación 20 – 10 – 20 (N, P y K) y la formulación denominada con la numeración del fabricante 321 y 322, en la etapa de formación y producción se utiliza la formulación denominada 321 y 322, estas formulaciones están hechas especialmente para este cultivo.

Las cantidades de nutrientes aplicadas en cada etapa de desarrollo se observan en los cuadros 9, 10, 11 y 12, etapa de propagación, establecimiento, formación y producción respectivamente.

H. Manejo ambiental dentro del invernadero

Las temperaturas que se manejaron dentro del invernadero oscilaron entre los 25 a 30°C. para lograr esto se utilizaron las cortinas del invernadero las que se podían abrir y cerrar.

I. Control de plagas y enfermedades

Las plagas y enfermedades que atacan al cultivo de pascua se presentan a en el cuadro 10, en el que se presentan los productos que permiten controlarlas; se incluyen los ingredientes activos de los productos que se utilizan en el control.

Cuadro 10: Ingredientes activos para el control de patógenos

INGREDIENTE ACTIVO	CONTROL
Abamectina	<i>Araña roja</i>
Metil Thiophanato	<i>Botrytis</i>
Micolobutani	<i>Scab</i>
Metalaxil	<i>Damping off</i>
Dicofol	<i>Acaros</i>
<i>Sulfato de cobre pentahidratado</i>	<i>Bacterias y hongos</i>

Fuente: Departamento de Protección Vegetal Finca Paul Ecke de Guatemala S.A..

8.9 Variables evaluadas

8.9.1 Biomasa aérea expresada en valor de materia seca

Se evaluó el contenido de biomasa aérea, expresada en materia seca (tallo, hoja esqueje). El contenido de biomasa se obtuvo por medio del contenido de materia seca en la planta durante 27 semanas, periodo en el cual se realizaron 6 muestreos en las cuatro etapas principales del cultivo. Los valores fueron expresados en gramos. Ver cuadro 3.

8.9.2 Biomasa radical expresada en valor de materia seca

Se evaluó el contenido de biomasa radical, expresada en materia seca (raíz). Para obtener el contenido de biomasa radical se realizó el mismo procedimiento que el que se realiza al de biomasa aérea.

8.9.3 Concentración de elementos expresada en valor de materia seca

La concentración de N, P, K, Ca, Mn, Cu, Zn, Fe, Mn, B y S se determinó por órgano y planta completa, en la biomasa aérea y radical. La concentración de los elementos por la planta se realizó por medio de análisis de tejido vegetal. Ver inciso 9.6.5.

8.9.4 Extracción de nutrientes

La extracción de nutrientes se determinó utilizando el promedio de los datos obtenidos de las replicas de materia seca de la planta y la concentración de nutrimentos de la misma.

8.10 Análisis de la información

A los datos generados durante el desarrollo de la investigación, materia seca y extracción de nutrientes de las tres replicas, se le realizó un promedio, el cual sirvió de base para realizar gráficos de producción de materia seca y extracción de nutrientes por el cultivo de pascua, durante las diferentes etapas de desarrollo.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Los datos de la presente investigación fueron obtenidos en el cultivo de pascua (*Euphorbia pulcherrima Willd ex. Klotzsch*) bajo condiciones de invernadero en la Finca Tres Volcanes, Paul Ecke de Guatemala S.A., ubicada en San Miguel Dueñas, Sacatepéquez, Guatemala, C.A.

A continuación se presentan y discuten los resultados obtenidos en las variables estudiadas en el cultivo de Pascua, durante un periodo de 190 días.

9.1 Materia seca acumulada en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo de pascua

La cuantificación de la acumulación de materia seca (M.S.) en la planta, se realizó en cuatro etapas, las que corresponde a las principales etapas de desarrollo del cultivo, propagación, establecimiento, formación y producción. La planta presentó un aumento de biomasa en todas las etapas de desarrollo, como se observa en la figura 10, donde se muestra la acumulación de materia seca por órgano y la planta total.

Durante la etapa de propagación la planta generó 1.64 gr de biomasa, en la etapa de establecimiento la planta generó 3.47 gr, en la etapa de formación la planta generó 6.72 gr y en la etapa de producción generó 55.39 gr. Esto es representado en el cuadro 11 de acumulación de materia seca.

El mayor aumento de biomasa observado durante el desarrollo del cultivo se presenta en la etapa de producción, en el que en un periodo de 50 días la planta acumuló 55.39gr. de materia seca por planta. 43.35 gr que corresponden a la parte aérea (tallo, hojas y esquejes) de la planta y 12.04 gr que corresponden a la parte radical. Durante la etapa de producción hay un mayor aumento en la biomasa esto se debe a que esta etapa es en la que la planta es modificada mediante podas, con la finalidad de generar nuevos brotes (esquejes), siendo este la producción final de la planta.

Cuadro 11: Acumulación de materia seca (M.S.) total de la planta y acumulada durante el desarrollo del cultivo.

ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA/ ÓRGANO Y PLANTA TOTAL						
Etapas de desarrollo del cultivo	RAÍZ	TALLO	HOJA	ESQUEJE	Total acumulado (gr)	Diferencia por etapa (gr)
Propagación	0,24	0,33	1,06		1,64	1,64
Establecimiento	1,33	1,59	2,19		5,11	3,47
Formación	3,31	3,44	5,08		11,82	6,72
Producción	14,61	18,24	16,45	17,92	67,22	55,39

Para entender de una mejor manera la acumulación de materia seca se elaboró una gráfica donde se muestra una curva de acumulación de biomasa. El objetivo de crear una curva de acumulación de M.S. fue graficar la acumulación de biomasa en el tiempo (ver figura 10).

La materia seca total se acumula progresivamente desde la etapa de propagación hasta la etapa de producción. La parte aérea de la planta muestra un incremento mayor de biomasa comparado con la parte radical de la planta, en todas las etapas de desarrollo.

Los valores obtenidos corresponden, en la etapa de propagación 0.24 gr/planta (15%) de la parte radical y 1.4 gr/planta (85%) de la parte aérea. Etapa de establecimiento 1.33 gr/planta (26%) de la parte radical y 3.78 gr/planta (74%) para la parte aérea. Etapa de formación, 3.31 gr/planta (28%) de la parte radical y 8.52 gr/planta (72%) que corresponde a la parte aérea, por último en la etapa de producción se obtuvieron 14.62 gr/planta (22%) de la parte radical y 52.61 gr/planta (78%) correspondiente a la parte aérea.

En el cuadro 6 se muestra el peso seco en gramos por planta y el porcentaje de materia seca por planta, en cada una de las etapas de desarrollo del cultivo. En el cuadro 12 se observa una distribución bastante homogénea en la biomasa de la planta, en promedio se estima un 23% para la parte radical y 77% para la parte aérea.

Cuadro 12: Peso seco en gramos/planta y porcentaje de materia seca para cada órgano y por etapa de desarrollo.

Órgano	Prpagación	%	Establecimiento	%	Formación	%	Producción	%
	gr/planta		gr/planta		gr/planta		gr/planta	
Parte radical	0,24	15%	1,33	26%	3,31	28%	14,62	22%
Parte aérea	1,4	85%	3,78	74%	8,52	72%	52,61	78%
Total	1,64	100%	5,11	100%	11,83	100%	67,23	100%

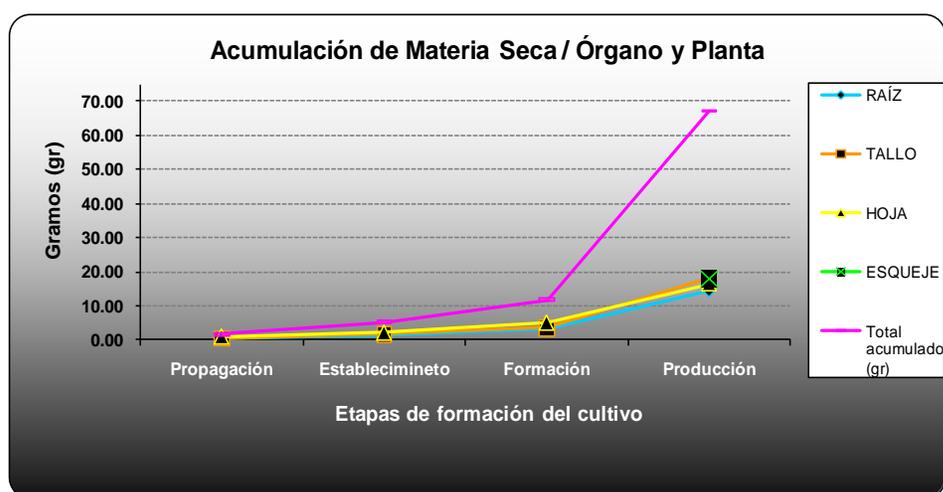


Figura 10: Curva de acumulación de materia seca del cultivo por órganos y planta total, en las diferentes etapas de desarrollo de la planta.

9.2 Extracción de nutrientes

Durante el desarrollo del cultivo a la planta se le provee los nutrientes requeridos para su desarrollo, de los cuales la planta extrae lo necesario para su desarrollo. La cantidad de nutrientes extraídos por planta durante el desarrollo del cultivo se muestran en el cuadro 13 y 14. Durante las diferentes fases de desarrollo la planta extrae nutrientes acorde a su biomasa, extrayendo en la fase de propagación la menor cantidad, 22.92 mg de Nitrógeno que corresponde al 2.3 % de nutrientes extraídos y en la fase de producción la mayor cantidad, 615.57 mg de Nitrógeno lo que corresponde al 61 % de nutrientes extraídos, debido a que es la etapa madura de la planta y de mayor volumen de biomasa. Es importante mencionar que la demanda de nutrientes por parte de la planta aumenta, debido a la constante formación de nuevos tejidos vegetales, provocado por las constantes

podas y extracción de nutrientes. El cuadro 14 muestra el porcentaje (%) de nutrientes extraídos por planta en cada etapa de desarrollo del cultivo de pascua.

Cuadro 13: Cantidad de nutrientes extraídos en cada etapa de desarrollo para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.

EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES / PLANTA (mg)												
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	Cobre	Zinc	Hierro	Manganeso	Boro	
Propagación	22,92	4,74	24,53	17,23	6,67	6,50	0,02	0,04	0,07	0,05	0,03	
Establecimiento	92,87	10,29	104,01	64,10	25,35	35,72	6,91	0,17	2,17	0,45	0,34	
Formación	274,88	24,03	407,25	123,76	50,79	53,23	6,54	0,44	3,19	1,27	0,67	
Producción	Estructura	355,46	34,27	453,79	157,6	61,36	55,67	0,034	0,55	3,36	1,75	7,6
	Esquejes	260,11	24,69	225,46	62,32	34,11	5,03	0,01	0,26	0,78	0,71	0,89
Total/Ciclo	1006,24	98,03	1215,05	425,01	178,27	156,15	13,52	1,47	9,58	4,23	9,52	

Cuadro 14: Porcentaje de nutrientes extraídos por planta en cada etapa de desarrollo del cultivo de pascua

% DE EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES												
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	Cobre	Zinc	Hierro	Manganeso	Boro	
Propagación	2,3	4,8	2,0	4,1	3,7	4,2	0,2	3,0	0,8	1,2	0,3	
Establecimiento	9,2	10,5	8,6	15,1	14,2	22,9	51,1	11,8	22,7	10,6	3,5	
Formación	27,3	24,5	33,5	29,1	28,5	34,1	48,4	30,0	33,3	30,0	7,0	
Producción	Estructura	35,3	35,0	37,3	37,1	34,4	35,7	0,3	37,6	35,1	41,4	79,8
	Esquejes	25,8	25,2	18,6	14,7	19,1	3,2	0,1	17,6	8,1	16,8	9,3
Total/Ciclo	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

Durante el desarrollo del cultivo la planta recibe la aplicación de nutrientes necesarios para su desarrollo, la aplicación de los nutrientes esenciales, debe realizarse de una manera balanceada para que la planta se desarrolle adecuadamente. La diferencia entre los nutrientes aplicados y absorbidos (mg/planta) durante el ciclo de cultivo es presentado en el cuadro 15.

Cuadro 15: Diferencia entre los nutrientes aplicados y absorbidos (mg/planta) durante el ciclo de cultivo.

Elemento	Consumido (mg)	Aplicado (mg)	Eficiencia (%)
N	1006,24	3576,37	28,14
P	84,28	2011,92	4,19
K	1215,05	3969,82	30,61
Ca	425,01	4086,87	10,40
Mg	178,32	1511,4	11,80
Na	156,14	909,41	17,17
Cu	13,52	0,51	2651,17
Zn	1,46	68,86	2,13
Fe	9,57	13,88	68,97
Mn	4,23	228,95	1,85
B	9,54	10,75	88,75

En el cuadro 15 se muestran los elementos aplicados en los que se nota claramente que la cantidad de nutrientes sobrepasa lo consumido por la planta durante todo el ciclo de desarrollo de la misma, del cual existe una eficiencia del 26% promedio. De los elementos analizados se puede notar que el nitrógeno, potasio y calcio son los elementos requeridos en mayor cantidad por la planta.

9.2.1 Curva de extracción de Nitrógeno (N)

La absorción de N por la planta alcanza su máxima absorción en la etapa de producción, que es donde la planta presenta la mayor acumulación de materia seca, debido a la formación de nuevos tejidos vegetales y por ende demanda una mayor cantidad del elemento (figura 11 y 12). Es notable en la figura 11 que la mayor concentración del N se da en la parte aérea de la planta. En la figura 12 se observa que la extracción de nitrógeno aumento gradualmente, alcanzando sus niveles máximos en la etapa de producción.

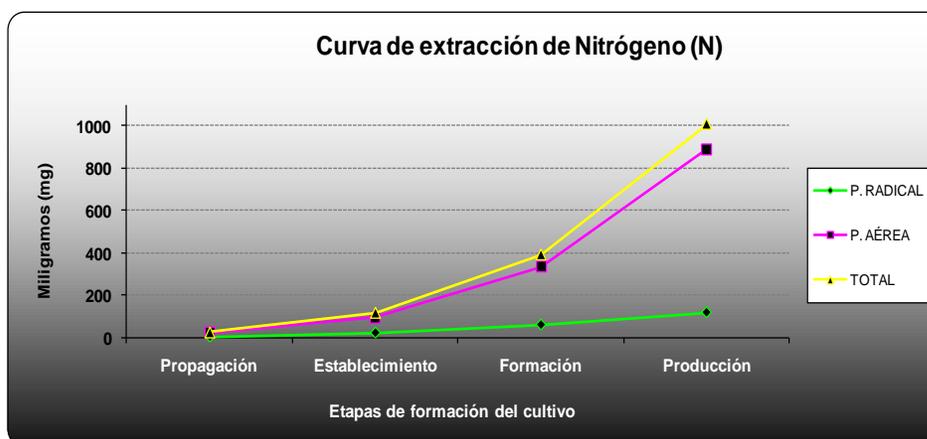


Figura 11: Curva de extracción de N (mg/planta), para la variedad de pascua, Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.

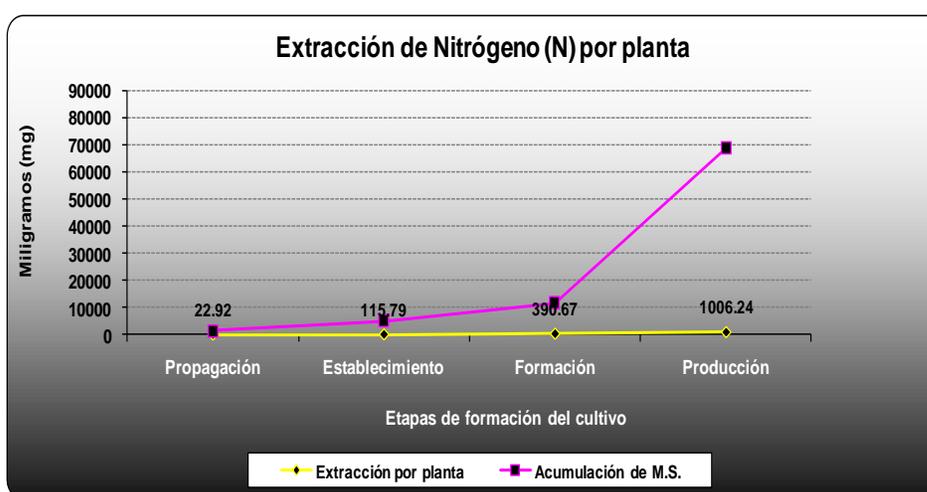


Figura 12: Curva de extracción de N (mg/planta) y acumulación de M.S. por planta para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.

9.2.2 Curva de extracción de Fósforo (P)

El fósforo es extraído de manera incremental por la planta, alcanzando su máxima extracción en la etapa de producción y concentrándose mayormente la parte aérea de la planta (ver figura 13 y 14).

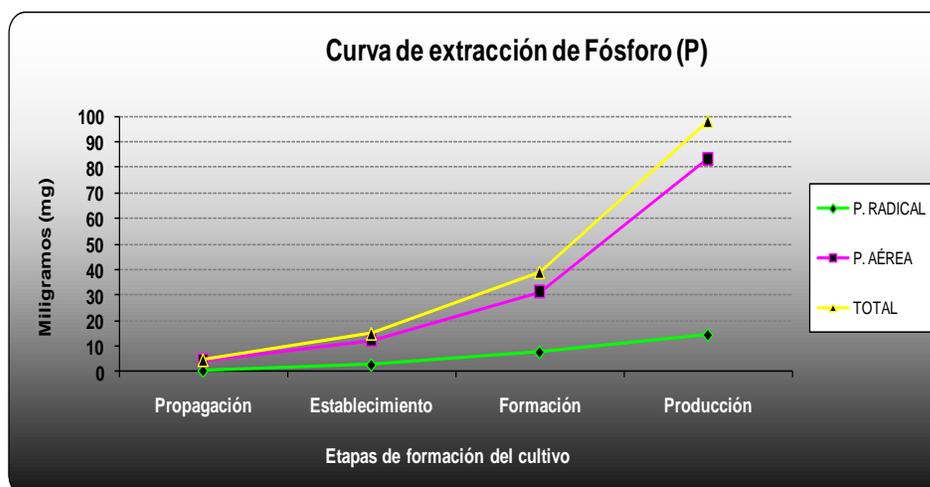


Figura 13: Curva de extracción de P (mg/planta) para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.

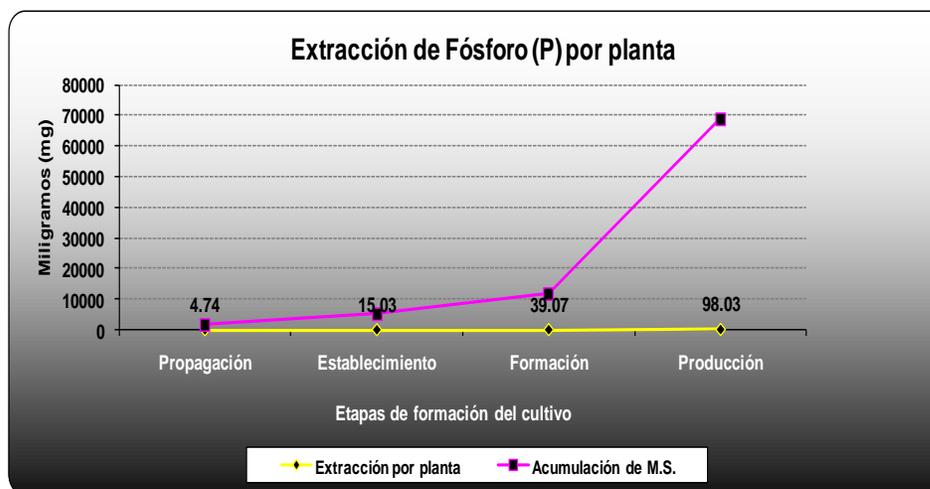


Figura 14: Curva de extracción de P (mg/planta) y acumulación de M.S. por planta para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.

9.2.3 Curva de extracción de Potasio (K)

La extracción de K se observa un incremento marcado al inicio de la fase de establecimiento y alcanza su máximo en la etapa de producción. Dicho comportamiento se observa en las figuras 15 y 16.

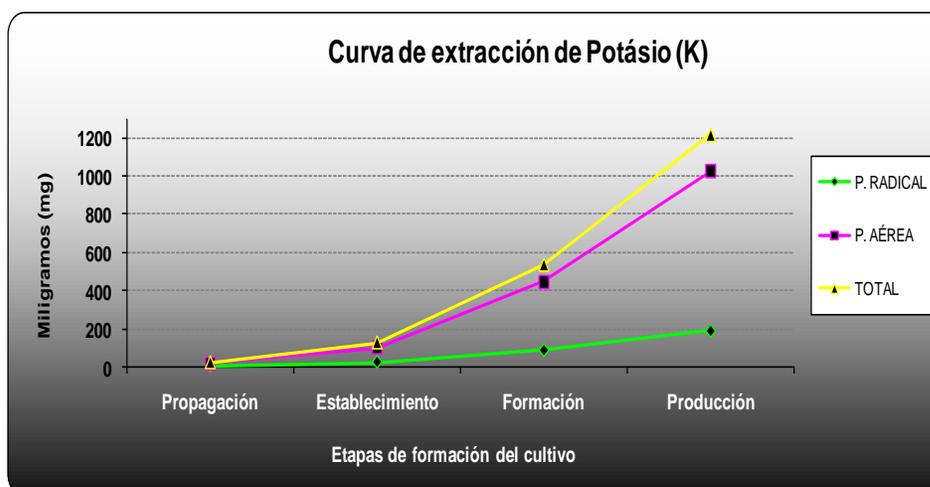


Figura 15: Curva de extracción de K (mg/planta) para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.

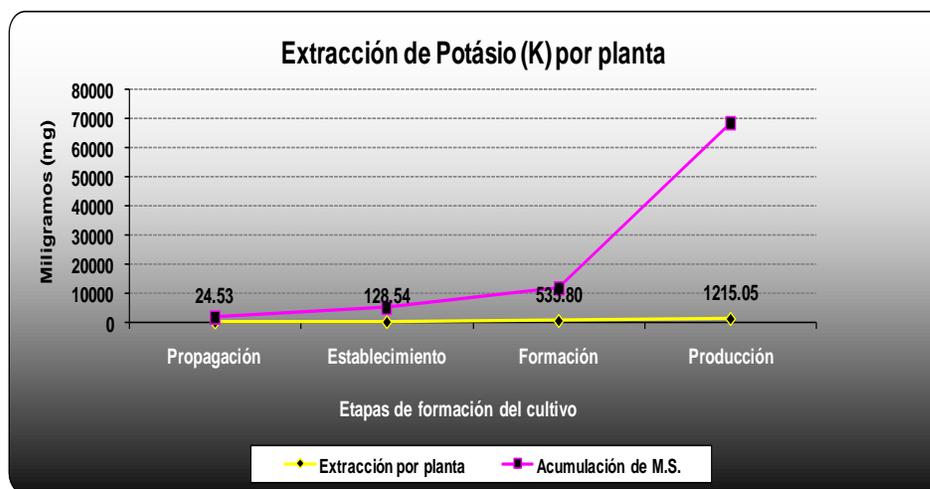


Figura 16: Curva de extracción de K (mg/planta) y acumulación de M.S. por planta para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.

9.2.4 Curva de extracción de Calcio (Ca)

La curva de extracción de Calcio, muestra como la extracción incrementa gradualmente hasta alcanzar su máximo en la etapa de producción. En la parte aérea de la planta se da la mayor extracción nutricional (ver figuras 17 y 18).

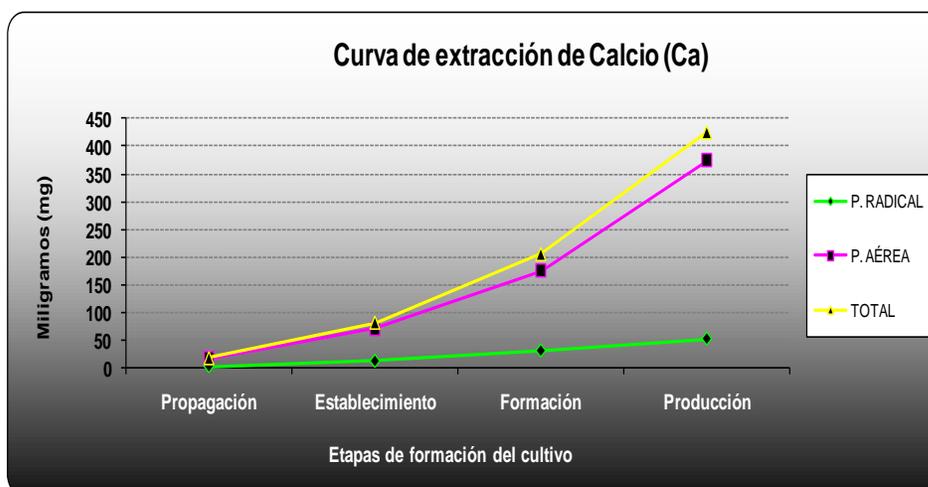


Figura 17: Curva de extracción de Ca (mg/planta) para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.

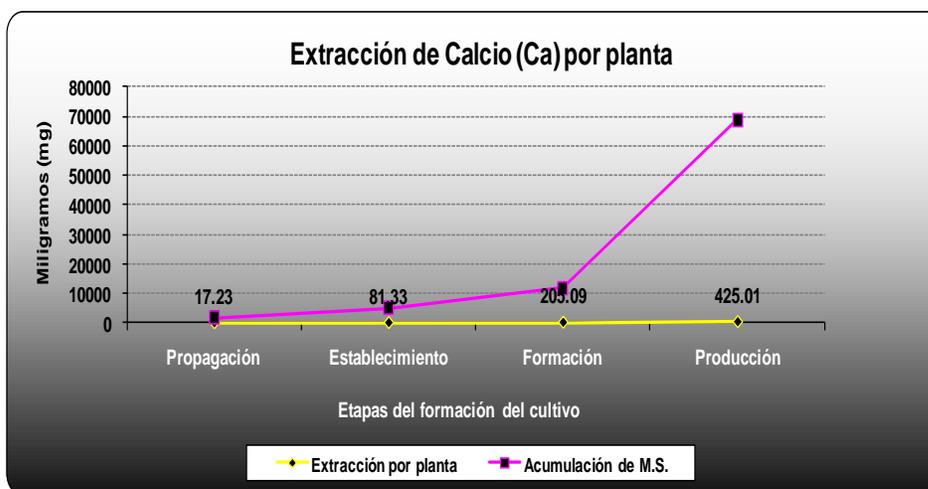


Figura 18: Curva de extracción de Ca (mg/planta) y acumulación de M.S. por planta para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.

9.2.5 Curva de extracción de Magnesio (Mg)

El Mg, muestra un incremento gradual en la cantidad extraída por el cultivo. La extracción de Mg varía en la parte aérea de la planta. La mayor concentración de este elemento se presenta en la parte aérea de la planta en comparación con la parte radical (ver figuras 19 y 20).

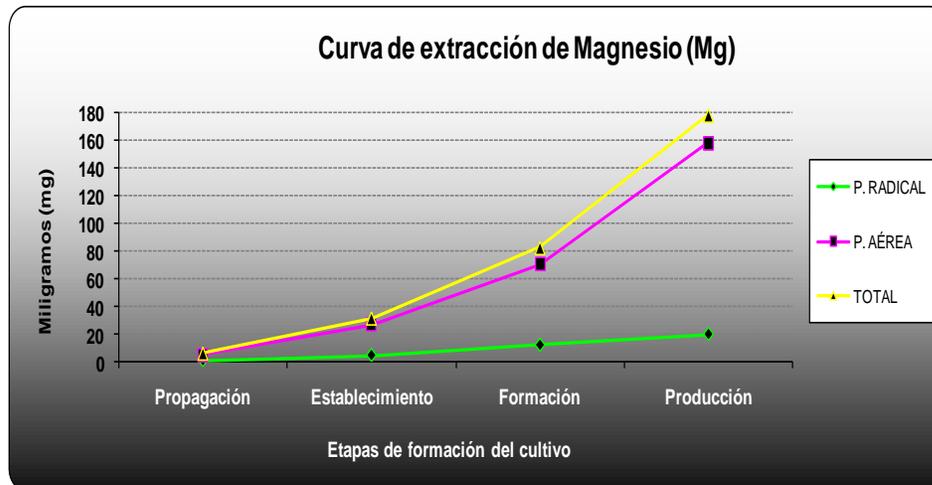


Figura 19: Curva de extracción de Mg (mg/planta) para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.

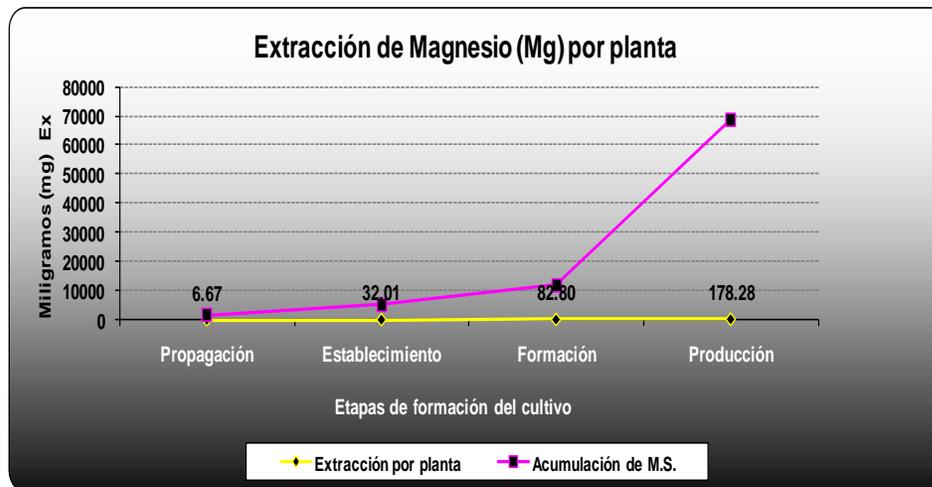


Figura 20: Curva de extracción de Mg (mg/planta) y acumulación de M.S. por planta para la variedad de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de invernadero en Sacatepéquez.

10. CONCLUSIONES

- 10.1** La planta absorbió una mayor cantidad de nutrientes durante la etapa de producción, de los 140 hasta los 190 días después del plantado (ddp).
- 10.2** En base a los resultados obtenidos en esta investigación, se concluye que la cantidad de elementos aplicados sobrepasa a los absorbidos por la planta. Para el nitrógeno se absorben 22.9 mg/planta y se aplican 102.26 mg/planta en la etapa de propagación, en la etapa de establecimiento son absorbidos 69.95 mg/planta y son aplicados 978.85 mg/planta, durante la etapa de formación son absorbidos 182.01 mg/planta y son aplicados 967.55 mg/planta y en la etapa de producción la planta extrae 213.43 mg/planta y le son aplicados 1527.71 mg/planta.
- 10.3** La etapa de producción es donde la planta absorbió en mg. /planta: 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.
- 10.4** Tanto macro como micronutrientes, presentan su mayor concentración en la parte aérea de la planta en la etapa de producción, con excepción del Na, Fe y B, los cuales se concentran mayormente en la raíz de la planta.

11. RECOMENDACIONES

- 11.1** Basado en los resultados obtenidos durante el desarrollo de esta investigación, es necesario realizar un estudio para establecer los requerimientos adecuados para el cultivo de pascua.
- 11.2** Es necesario realizar investigaciones como esta, en las variedades de mayor venta en el mercado y en las variedades con un desarrollo vegetativo distinto a la variedad estudiada en esta investigación.
- 11.3** Es recomendable realizar un estudio completo de la dinámica de los elementos en el suelo donde se cultiva la pascua actualmente en la finca Paul Ecke de Guatemala S.A.
- 11.4** Analizando las pérdidas de nutrientes, basado en la extracción versus lo aplicado, se recomienda, tomar en cuenta la lixiviación para este tipo de suelos.

12. BIBLIOGRAFÍA

- a. Alcántar González, G; Sandoval Villa M; 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal: guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Naturales, Nutrición Vegetal. 156 p. (Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, publicación especial no. 10).
- b. Bertsch, F. 2005. Estudio de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización (en línea). Informaciones Agronómicas no. 57: 10 p. Consultado 12 mar 2007. 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)
- c. California Plant Health Association, Soil Improvement Committee, US. 2004. Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento. Trad. por Manuel Guzmán Ortiz. México, Limusa. 366 p.
- d. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
- e. Devlin, RM. 1982 Fisiología vegetal. Trad. Xavier Limena. 4 ed. México, Omega. 517 p.
- f. Ecke III, P; Faust, JE; Higgins, A; Williams, J. 2004. The Ecke poinsettia manual. Singapore, Imago. p. 99-111.
- g. Primo Yúfera, E; Carrasco Dorrien, JM; 1973. Química agrícola: I suelos y fertilizantes. Madrid, España, Alambra. 472 p.
- h. Simmons, CS; Tarano T, JM; Pinto, JH; 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, José De Pineda Ibarra. p. 55-78.
- i. Tisdale, SL; Nelson, WL. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. por Jorge Balasch y Carmen Piña. México, UTHEA. 760 p.

CAPÍTULO III

- III.I Evaluación de cobertura del sistema de riego Rondo Mist Sprayer, en el invernadero F-1 de Finca de Fuego, Paul Ecke de Guatemala S.A.

- III.II Caracterización del comportamiento del esqueje de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de post-cosecha, en la Finca Paul Ecke de Guatemala S.A.

INFORME DE SERVICIOS

- III.I Evaluación de cobertura del sistema de riego Rondo Mist Sprayer, en el invernadero F-1 de Finca de Fuego, Paul Ecke de Guatemala S.A.

1. PRESENTACIÓN

En la actualidad a nivel de campo se observan una serie de situaciones que ocurren en la fase de propagación de los esquejes de pasca (*Euphorbia pulcherrima*) específicamente, tales situaciones pueden causar pérdidas parciales o totales de los esquejes, disminuir su calidad o incrementar los costos de producción. Las pérdidas que se pueden presentar en los bancos de propagación son muy elevadas, esto se debe a los altos volúmenes de esquejes que se manejan en los invernaderos. Uno de los problemas observados en la fase de propagación es la ineficiencia del riego Rondo Mist Sprayer no aplica un riego uniforme, provocando áreas anegadas (susceptibilidad a *Alternaria*, *Botritis*, *Erwinia* y *Fungus gnats*), y áreas con deficiencia de agua (puede provocar marchites y deficiencia de crecimiento radicular). El uso del riego Mist paso a ser prácticamente discontinuado ya que en la actualidad se utiliza el riego Fog, el cual se le coloca una boquilla a punta de la manguera y es aplicada una brisa fina directamente sobre las plantas y de una manera uniforme.

2. OBJETIVOS

2.1 General

A. Conocer la funcionalidad del sistema de riego Rondo Mist Sprayer.

2.2 Específicos

A. Analizar el porcentaje de cobertura del riego Rondo Mist Sprayer.

B. Determinar si el riego instalado en el invernadero F – 1 de Finca de Fuego se adapta a las recomendaciones del fabricante.

3. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

La evaluación del sistema de riego Rondo Mist Sprayer se llevo a cabo en el invernadero F-1 de la Finca II (Finca de Fuego) Paul Ecke de Guatemala S.A. (ver figura 21).



Figura 21: Ubicación del invernadero F – 1 en Finca de Fuego, Paul Ecke de Guatemala S.A.

4. METODOLOGIA

4.1 Materiales

- a. Sistema de riego.
- b. Manómetro.
- c. Papel hidrosensible.
- d. Cronometro.
- e. Duelas de madera.
- f. Probeta graduada de 1 litro.

4.2 Metodología

4.2.1 Primera etapa

Se inicio tomando al azar una cama de todo el invernadero para poder realizar la prueba de cobertura.

4.2.2 Segunda etapa

Ya establecida el área de pruebas, la cama se dividió en tres áreas; inicio, medio y final de la cama. En cada una de las áreas se instalaron dos duelas formando una cruz (ver croquis en anexo 1) para poder colocar 13 unidades de lectura las cuales fueron conformadas por trozos de papel hidrosensible de 1" X 1" (ver figura 22).

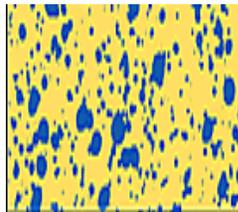


Figura 22: Papel hidrosensible

4.2.3 Tercera fase

Para poder realizar la prueba se colocó papel hidrosensible a lo largo de toda la cama (inicio, medio y final de la cama) durante un periodo de tiempo de 5 segundos, esto se hizo con el motivo de observar la cobertura del riego, al finalizar el tiempo se hicieron lecturas de cada una de las tarjetas. Posteriormente se hicieron pruebas con tiempos de 10 y 15 segundos, en estos tiempos se realizaron lecturas de la misma manera que a los 5 segundos.

La lectura de las tarjetas se realizó de una manera individual y en forma porcentual. Obtenidos los datos de los porcentajes de cobertura se analizó para poder determinar cuál es el comportamiento del riego en cada uno de los intervalos de tiempo.

4.2.4 Cuarta fase

Para conocer las características de manejo del sistema se hicieron mediciones de presión de operación del sistema, cantidad de litros descargados por emisor por minuto, altura del emisor a la cama y espaciamiento entre emisores.

En el cuadro 16 podemos observar las características del sistema de riego Rondo Mist Sprayer.

Cuadro 16: Diseño de operación

Presión de operación	Descarga	Radio de mojado	Altura a cama	Espaciamiento entre emisores	Diam. De manguera	Max. No. De emisores por lateral
43,5 PSI	61 LPH	1,2 mts	1 mts.	1,2 mts.	16 mm	19

Fuente: Manual Plastro de Sistemas de Irrigación.

El sistema de riego instalado en campo tiene algunas variaciones, las cuales serán presentadas en los resultados.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la prueba de cobertura realizada en un tiempo de apertura del riego de 5 segundos a lo largo de toda la cama se obtuvieron diferentes resultados, tales resultados serán mostrados en las figuras 23, 24 y 25.

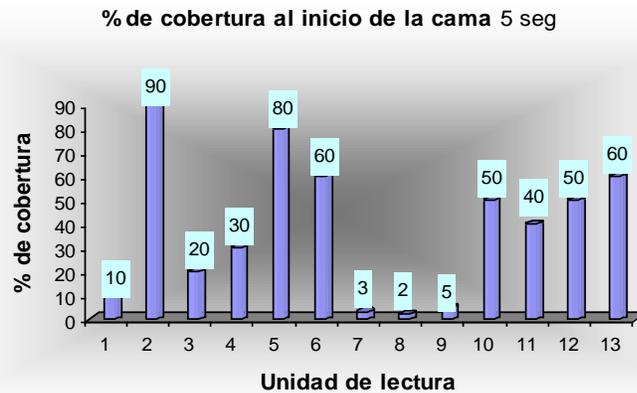


Figura 23: % de cobertura al inicio de la cama en 5 segundos de apertura de riego.

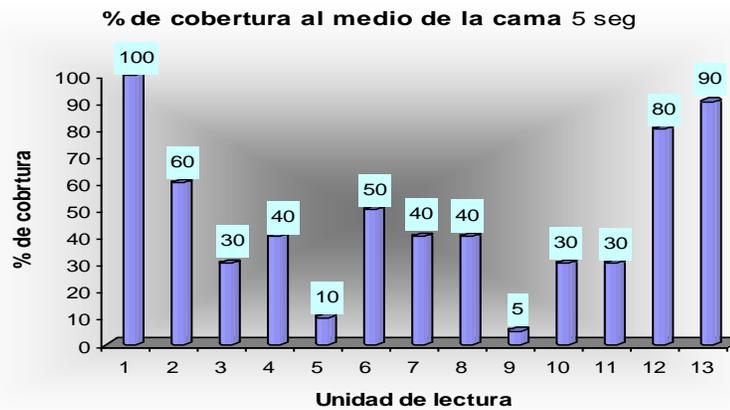


Figura 24: % de cobertura al medio de la cama en 5 segundos.

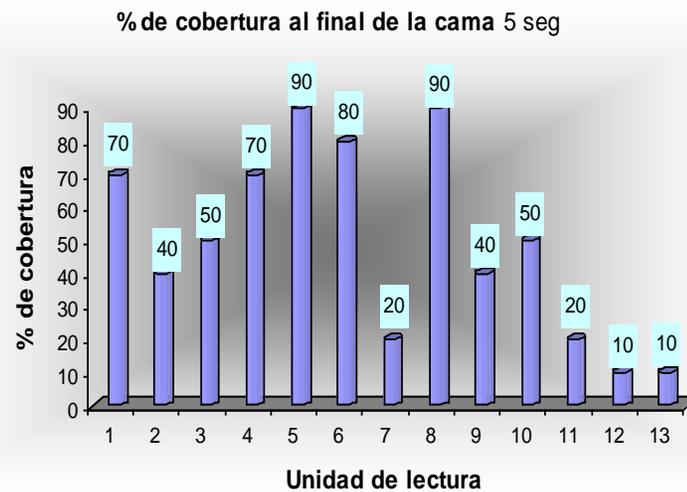


Figura 25: % de cobertura al final de la cama en 5 segundos.

Observamos en las figuras 23, 24 y 25 que la cobertura a lo largo de la cama es totalmente desuniforme, esto se atribuye al mal estado en que se encuentran los emisores que componen el sistema de riego, tales emisores tienen una acumulación de sales en sus componentes que impiden que la distribución del agua sea uniforme y por ende no funcionan con normalidad y no hay una adecuada distribución del agua sobre la cama, esto lo podemos atribuir a que el periodo de tiempo de apertura del riego es muy poco, esto nos hizo realizar pruebas con periodos de tiempo más prolongados.

Posterior a esta prueba se realizaron lecturas de la cobertura del riego en periodos de tiempo de 10 y 15 segundos, pero en estas pruebas se realizó el muestreo únicamente en la parte media de la cama, los resultados obtenidos en estas pruebas se muestran en las figuras 26 y 27.

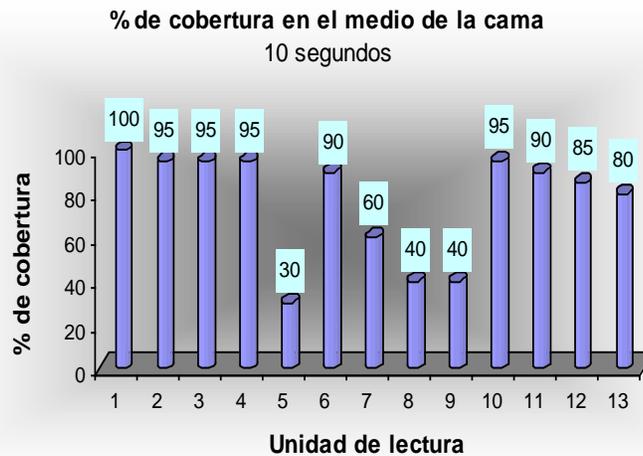


Figura 26: % de cobertura en el medio de la cama en 10 segundos de apertura de riego.

Se puede observar que la cobertura del sistema de riego mejora, aunque no es totalmente uniforme. Se observa algo que llama la atención, la desuniformidad de cobertura no se encuentra enfocada en las mismas áreas.

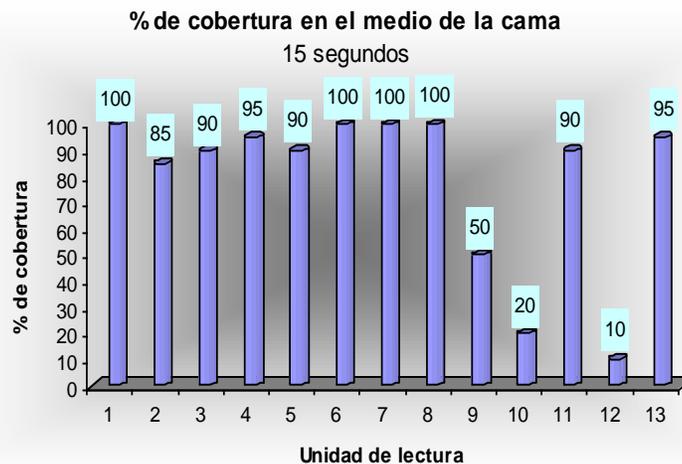


Figura 27: % de cobertura en el medio de la cama en 15 segundos de apertura del riego.

Se observa mayor uniformidad en comparación con el de 5 segundos, pero se observa en comparación con el de 10 segundos, que el agua se encuentra focalizada, esto podría

causar anegamiento en ciertas áreas (susceptibilidad a *Alternaria*, *Botritis*, *Erwinia* y *Fungus gnats*) y áreas con deficiencia de agua (puede provocar marchites y deficiencia de crecimiento radicular). Otra observación que es importante mencionar es que las unidades de lectura 7, 8, 9, y 10 (ver ubicación en croquis de campo en anexo 1) son los que presentan mayor problema con la cobertura y no siempre es el mismo comportamiento; esto se le atribuye a la presencia de corrientes de viento dentro del invernadero, esto podría estar provocando que las gotas de agua sean arrastradas, las gotas que produce el emisor son de alrededor de 150 micrómetros según el manual Plastro de Sistemas de Irrigación.

Debido al comportamiento errante del riego realizamos pruebas del sistema para verificar que se cumplieran las recomendaciones del fabricante, se verifico si existía o no la presencia de corrientes de viento dentro del invernadero que pudieran afectar el comportamiento del riego.

Luego de realizar las verificaciones correspondientes al sistema de riego se obtuvieron los resultados que se presentan en el cuadro 17, estos datos fueron comparados con los recomendados por el fabricante que fueron presentados en el cuadro 16.

Cuadro 17: Diseño de operación en campo.

Presión de operación	Descarga	Radio de mojado	Altura a cama	Espaciamiento entre emisores	Diam. De manguera	Max. No. De emisores por lateral
38-40 PSI	50,24 LPH	0,79 mts	1.5	1,2 mts	16 mm	19

Fuente: Pruebas en propagador de finca de fuego, Paul Ecke de Guatemala S.A.

Los datos obtenidos en campo se puede observar que se asemeja mucho con las recomendaciones del fabricante con excepción del radio de mojado (ver figura 28 y 29) y la altura de la cama. El radio de mojado se observa que se encuentra bien en proporción a la cama de propagación ya que la cama en su mitad mide 67 centímetros, son 12 cm. menos que el radio de mojado del emisor.

La presión de operación se obtuvo por medio de un manómetro. La prueba de descarga del emisor se realizó colocando bolsas plásticas en los emisores, se colocaron bolsas en

los emisores 1, 2, 9, 10, 18 y 19, de una cama tomada al azar, cuando se tenía todo listo para la prueba se abrió la llave de paso durante un periodo de un minuto, este paso se repitió en tres ocasiones para poder tener un dato mas aproximado.

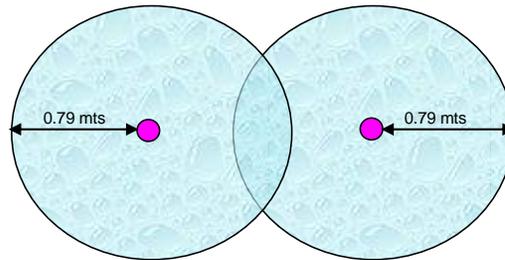


Figura 28: Radio de mojado del emisor en condiciones de campo.

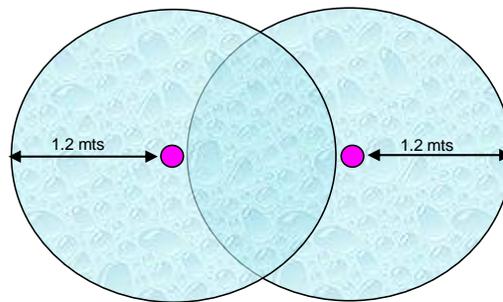


Figura 29: Recomendaciones del fabricante para el radio de mojado del emisor.

La altura del emisor hasta la cama de propagación es 50 centímetros mayor a la recomendada. Anteriormente se mencionó el comportamiento errado del riego y las corrientes de viento dentro del invernadero, debido al tamaño tan pequeño de las gotas y la altura del emisor, se observó que cualquier corriente de viento las arrastraba y en especial la corriente que entraba por el lado de la puerta del invernadero, se observó que hasta con un soplido las gotas podían ser arrastradas, lo que explica su comportamiento errado, esto puede presentar un grave problema para el sistema de riego, ya que aunque este se encuentre en perfectas condiciones, el viento puede ser un factor adverso para la eficiencia del sistema de riego.

6. CONCLUSIONES

- 6.1 El sistema de riego Rondo Mist Sprayer es un sistema de riego muy efectivo utilizado con las recomendaciones del fabricante, para áreas de propagación.
- 6.2 La cobertura del riego Rondo Mist Sprayer es muy dispareja, se atribuye a que principalmente los emisores se encuentran completamente cubiertos de sedimentos de sales. Las corrientes de viento que se encuentran dentro de los invernaderos afectan directamente a la correcta distribución del riego sobre la cama de propagación. La altura de los emisores sobre la cama de propagación afecta en que la gota puede ser arrastrada con mayor facilidad y provocar un comportamiento erróneo del sistema de riego.
- 6.3 El sistema de riego Rondo Mist Sprayer instalado en el invernadero F1 de Finca de Fuego se adapta en algunos aspectos como máximo de emisores por lateral (19), diámetro de manguera (16mm), espaciamiento entre emisores (1.2 m). existen factores que aunque la variación es leve es diferente con la recomendada del fabricante, estas variantes son altura a cama (1.5 en campo y 1 mt. recomendado), radio de mojado (0.79 mt en campo y 1.2 mts recomendados). Descarga del emisor (50.24 LPH en campo y 61 LPH recomendados) y la presión de operación (40 PSI en campo y 43.5 PSI recomendados). Las variantes en un sistema de riego aunque sean mínimas pueden afectar en óptimo funcionamiento.

7. RECOMENDACIONES

- 7.1 Es recomendable realizar una limpieza de todo el sistema y eliminar las sales sedimentadas en los componentes del emisor para mejorar la distribución del agua sobre la cama de propagación.
- 7.2 Es necesario corregir las variantes del sistema de riego respecto a las que son recomendadas por el fabricante. Estas variantes aunque sean mínimas pueden hacer que el sistema de riego sea deficiente y obsoleto.
- 7.3 Se recomienda controlar las corrientes de viento dentro del invernadero para evitar el arrastre de las gotas producidas por el sistema de riego, esto se puede lograr colocando paredes fijas de plástico a cada dos o tres casas de distancia.

INFORME DE SERVICIOS

- III.II Caracterización del comportamiento del esqueje de pascua Prestige Early Red bajo condiciones de post-cosecha, en la Finca Paul Ecke de Guatemala S.A.

1. PRESENTACIÓN

La producción de plantas por reproducción asexual, es una manera conveniente de generar progenies idénticas al material original (madre). Este procedimiento también requiere de una serie de cuidados especiales para la producción de explantes (esquejes, vástago, etc) libres de plagas y enfermedades y tomar ventaja de la totipotencia.

Este potencial se ve afectado grandemente cuando los explantes no contienen un manejo adecuado de empaque, luz, temperatura, riego, nutrición o el uso de sustancias para control de plagas y enfermedades antes de ser cortados de la planta madre, pero más perjudicial suele ser el manejo post-cosecha, especialmente, condiciones de temperatura superiores a aquellas que mantienen las tasa de respiración mas bajas preservando las condiciones de los explantes aptas para el desarrollo de raíces y formación de nuevas plantas. De esta manera un esqueje de buena calidad tendrá un alto desempeño bajo condiciones de propagación si el tiempo después de cortado de la planta madre se reduce al mínimo posible, por el contrario, el almacenamiento de esquejes por períodos largos aun, con temperaturas bajas, provocan el consumo de las reservas energéticas disminuyendo su capacidad y desempeño en el propagador por la pérdida parcial de hojas (defoliación) y en el peor de los casos la pérdida total de los esquejes por pudriciones antes y después de plantados.

Entre los diferentes cultivares de ornamentales que se reproducen asexualmente ocurren diferencias en cuanto a la preferencia en el manejo postcosecha, así, cultivos que presentan mejor desempeño cuando son almacenados a temperaturas entre los 38-42 °F y otros que mantienen sus características en mejores condiciones cuando son transportados y almacenados a temperaturas entre los 50-55 °F. También ocurren diferencias en cuanto al tiempo máximo de almacenamiento. La variedad Prestige Early Red es nueva en el plan de producción de esquejes de pascuas y su respuesta al manejo poscosecha es no esta completamente determinado, por lo que es necesario realizar pruebas de almacenamiento para caracterizar estos materiales.

2. HIPÓTESIS

Las variaciones de temperatura y tiempo de almacenamiento afectan la calidad y la capacidad de desempeño a nivel de propagación de los esquejes de pascua de la variedad Prestige Early Red.

3. OBJETIVOS

3.1 Generales

- A.** Evaluar el comportamiento del esqueje de pascua Prestige Early Red en condiciones de post-cosecha.

3.2 Específicos

- A.** Caracterizar el desempeño a nivel de propagación de esquejes de la variedad Prestige Early Red manejados bajo tres diferentes condiciones de temperatura.
- B.** Determinar el período máximo de almacenamiento en post-cosecha en esquejes de poinsettias de la variedad Prestige Early Red que permitan mantener las condiciones de adecuado desempeño en propagación hasta el enraizamiento.

4. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

La prueba del comportamiento del esqueje de pascua en condiciones de post-cosecha tuvo lugar en el invernadero de pruebas (F – 33) de la Finca de Fuego, Paul Ecke de Guatemala (ver figura 30). Los esquejes fueron almacenados en cuarto frío de la finca Tres Volcanes durante periodos distintos, según el tratamiento, y finalmente los esquejes fueron plantados y enraizados en propagador de la Finca de Fuego.



Figura 30: Ubicación del invernadero F – 33 de la Finca de Fuego, Paul Ecke de Guatemala S.A.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

- a. 75 trays de esqueje de pascua de la variedad Prestige Early Red.
- b. 173 tiras de oasis el plantado.
- c. Cuarto frío a una temperatura de 50°C.
- d. Hormona de enraizamiento a 3000 ppm (ácido indolbutirico).
- e. Área en propagadores para el plantado de pruebas.
- f. 44 charolas plásticas para colocar tiras de base para plantado de esqueje.
- g. 4 personas para realizar el corte de esqueje (tiempo estimado = 4.5 horas).
- h. 2 personas para empaque (tiempo estimado = 1 hora)
- i. 15 cajas pequeñas para empaque.
- j. 75 bolsas para empaque.
- k. 150 papeles para empaque de pascua.
- l. 1 persona para plantado (tiempo estimado = 1 hora)

5.2 Metodología

Variedad para las pruebas

La variedad que se utilizó para las pruebas fue, Prestige Early Red. Se utilizó esta variedad debido a la necesidad de generación de información acerca del comportamiento poscosecha de esta variedad por ser nueva introducción al mercado así mismo por su promisoriedad en el mercado.

5.2.1 Tratamientos

- A.** Esqueje sin empaque y sin hielo (**T1**). Almacenado permanentemente en el cuarto frío a una temperatura de 50°F.
- B.** Esqueje con empaque y dos hielos (cajas de 5 trays cada una) (**T2**). Almacenado permanentemente en el cuarto frío a una temperatura de 50°F.
- C.** Esqueje con empaque y dos hielos (cajas de 5 trays cada una) (**T3**). El almacenaje de este tratamiento se realizó de una manera rotativa, 12 horas expuesto a temperatura ambiente y 12 horas expuesto a una temperatura de 50°F en cuarto frío durante las primeras 96 horas y posteriormente almacenamiento continuo a 50°F.

5.2.2 Repeticiones

La prueba contó con un total de 3 repeticiones para cada uno de los tres tratamientos. Cada repetición consistió en una muestra de 50 esquejes tomados de cada charola (unidad de empaque que consiste en 104 esquejes) que fueron plantados en el propagador.

5.2.3 Manejo del experimento

5.2.3.1 Corte de esqueje

Personal de campo realizó el corte de 75 trays que corresponden a los utilizados en la prueba realizada. El corte de los esquejes utilizados en la prueba debía de llenar las características siguientes:

- A.** Especificaciones de corte: esquejes estándar (2" largo, 4-6 mm diámetro de tallo, 3 hojas maduras y 2 en desarrollo y el meristemo apical, diámetro del esqueje de 18-20 cm tomada a los extremos de los ápices de las hojas maduras de las hojas)

5.2.3.2 Empaque de campo y post-cosecha

- A.** Empaque de campo: 2 bunches de 52 esquejes por tray en un papel y con bolsa perforada de 16 agujeros (figura 31).



Figura 31: Tray conformado por 2 bunches de 52 esquejes cada uno.

- B.** Empaque post-cosecha: 25 trays fueron almacenados en estanterías del cuarto frío (que son los que no recibieron variaciones fuertes de temperatura, se empacaron 5 trays en caja de cartón doble sin bolsa master con 2 hielos con doble celaire (figura 33). Cada caja contenía 5 trays (figura 32).



Figura 32: Caja de cartón que contiene 5 trays.



Figura 33: Caja de cartón doble sin bolsa master con 2 hielos con doble celaire y Ethylblock.

5.2.4 Manejo post-cosecha

5.2.4.1 Tratamiento 1

Se constituyó de 25 trays solo con el empaque de campo (figura 31) que fue almacenado en las estanterías del cuarto frío a temperatura de 50-55 °F pasadas 96 horas de almacenamiento se procedió a retirar del cuarto frío a razón de cinco trays cuyos esquejes fueron evaluados antes del plantado. El plantado se realizó con la toma de 3 muestras de 52 esquejes de 3 trays retirados por día durante 5 días después de las primeras 96 horas de almacenamiento en cuarto frío.

5.2.4.2 Tratamiento 2

5 cajas de cartón sin bolsa master (figura 32) con 25 trays, fueron almacenadas en cuarto frío desde el inicio de la simulación del envío. Después de la simulación del envío (12 horas dentro del cuarto frío 12 horas a temperatura ambiente durante 96 horas) las cajas fueron almacenadas en cuarto frío y cada 24 horas se retiró 1 caja del cuarto frío y se evaluaron las condiciones de los esquejes antes de realizar el plantado en propagación. El plantado consistió en una muestra de 50 esquejes tomados de tres trays de los 5 que componen la caja. Se retiró una caja por día durante 5 días posteriores.

5.2.4.3 Tratamiento 3

5 cajas de cartón sin bolsa master (figura 32) fueron almacenadas en cuarto frío sin variaciones de temperatura y pasadas 96 horas de almacenamiento se procedió a retirar 1 caja del cuarto frío, y evaluadas las condiciones de los esquejes en tres trays antes de realizar el plantado en propagación. Se plantaron 3 muestras de 50 esquejes tomados de tres trays de los 5 que componen la caja en cada día de plantado. Esta operación se repitió por 5 días de plantado.

5.2.5 Evaluación post-plantado

Después de 96 horas de plantado, cada lote fue evaluado en:

- A. Presencia de amarillamiento (no. de hojas con amarillamiento/50 esquejes)
- B. Defoliación (no. de hojas caídas/50 esquejes)
- C. Presencia de botritis (no. de hojas con botritis de 50 esquejes plantados y un aproximado de 250 hojas en total)
- D. Perdidas de esquejes por pudriciones (total de esquejes podridos /50 esquejes plantados).

5.2.6 Área de plantado

El plantado se realizó en el invernadero de pruebas (F – 33) de la Finca de Fuego, Paul Ecke de Guatemala S.A (ver figura1).

5.2.6.1 Recursos

- a. Personal para corte de esquejes 75 trays: 5 personas por 4 horas.
- b. Personal para conteo y plantado por día de plantado.
- c. Cuarto frío finca I para almacenamiento de esquejes.
- d. Material de propagación (oasis tira de 13 cubos).
- e. Espacio en propagación para instalación de pruebas.
- f. Personal de propagación para manejo de riego, foga y fertilización.

- g. Área de corte para la variedad Prestige Early Red F10 h8-11 factor de corte de 0.5 esquejes por planta (total 75 trays).

Para caracterizar el comportamiento del esqueje de pascua de la variedad Prestige Early Red se realizaron evaluaciones antes y después del plantado. La evaluación se realizó en las variables que mas afectan la calidad de los esquejes en la poscosecha, éstas fueron:: hojas defoliadas, esquejes podridos, hojas con síntomas de amarillamiento y hojas con botritis.

Las variables, amarillamiento, defoliación y botritis fueron evaluadas por la cantidad de hojas dañadas por el tray completo, a diferencia de la variable pudrición, esta fue evaluada por la cantidad de esquejes dañados por tray. Los datos obtenidos de la evaluación se transformaron valores porcentuales para facilitar su análisis y comprensión.

5.2.7 Escala de medición y evaluación

El resumen general de los resultados se muestra a través de un cuadro representativo que califica la calidad de los esquejes evaluados en la poscosecha en la que se concentran las cuatro principales variables en observación.

Para realizar la calificación final fue necesario establecer escalas ordinales de medición identificadas por colores, variables diferenciadas en grados basadas rangos porcentuales de daños de las variables evaluadas, asignándole para éstos fines valoraciones de acuerdo a los niveles de degradación de la calidad de los esquejes calificativos como: muy buenos bueno, regular, malo y severo. Estas escalas se presentan en los cuadros 18 Y 19.

Cuadro 18: Condiciones optimas de manejo poscosecha.**DAÑO POR HOJA**

Defoliación	Botritis	Escala de medición	%	hojas dañadas/ esqueje	hojas dañadas / 10 esquejes
d1	b1	muy bueno	< 4	< 0.2	< 2
d2	b2	bueno	4 -- 10	0.2 -- 0.5	2 -- 5
d3	b3	regular	10 -- 20	0.5 -- 1	5 -- 10
d4	b4	malo	20 -- 30	1 -- 1.5	10 -- 15
d5	b5	severo	> 30	> 1.5	> 15

Fuente: Departamento de Investigacion y Desarrollo, Paul Ecke de Guatemala S.A.

Cuadro 19: Condiciones optimas de manejo poscosecha.**DAÑO POR ESQUEJE**

Pudrición	Escala de medición	%	No. de esq dañados / tray
p1	muy bueno	0	0
p2	bueno	1	1.04
p3	regular	1 -- 2	1.04 -- 2.08
p4	malo	2 -- 4	2.08 -- 4.16
p5	severo	> 4	> 4.16

Fuente: Departamento de Investigación y Desarrollo, Paul Ecke de Guatemala S.A.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cuadro 20 presenta un resumen de los resultados de las mediciones realizadas en la poscosecha en dos momentos diferenciados como **a.** momento de apertura de cajas o del empaque y mediciones de las variables que afectaron la calidad de los esquejes almacenados justo en el momento antes del plantado; y el momento **b.** evaluación de los esquejes 96 horas después del plantado en el propagador.

Del cuadro 20, se determina que los esquejes de la variedad Prestige Early manejados bajo las tres condiciones de poscosecha descrita evaluados a los cuatro días de manejo poscosecha no mostraron síntomas sensibles de amarillamiento en el momento de apertura de los empaques, pero si se presenta amarillamiento a nivel de propagación (plantado) en niveles bajos (hasta 1 hoja con amarillamiento por cada dos esquejes plantados). Puede considerarse que sería normal encontrar este tipo de daño en esquejes que han sido cortados de la planta madre y sometidos al estrés que producen las condiciones de poscosecha (por uso de energía para mantener las funciones metabólicas de los esquejes, cambios de temperatura y condiciones de oscuridad). La evaluación de la defoliación en este mismo período de tiempo no mostró niveles sensibles de igual forma no se presentaron problemas por botritis.

En la evaluación de la pudrición se presenta en el cuadro 20 del resumen, determinándose que no existe una tendencia correlacionable entre los niveles de pudrición con el tiempo y forma de empaque utilizados en la prueba hasta este momento. El típico daño se observa en la figura 37 y para este caso se encuentra asociado directamente con la madurez del esqueje y la tonificación de los mismos. Ha de mencionarse que en esta prueba el esqueje se mostró bastante succulento, así mismo se determinó desuniformidad en los esquejes cortados (Figura 38).

Del análisis del resumen (cuadro 20) en lo que corresponde a la evaluación de los esquejes en propagación se determinó que a partir del quinto día de condiciones de poscosecha se observan niveles de amarillamiento perceptibles (de 0.1 a 1 hoja por

esqueje con síntomas de amarillamiento) lo cual requería de actividad extra para la realización del saneo. En los dos tratamientos que se manejaron permanentemente dentro del cuarto frío no fueron observados síntomas fuertes de amarillamiento aun en los trays que permanecieron almacenados hasta por 8 días excepto por el tratamiento en el que se alternó el almacenamiento de los esquejes dejando 12 horas al ambiente externo y 12 horas dentro del cuarto frío; en este se presentaron síntomas visuales de amarillamiento en los esquejes a partir del séptimo día de tratamiento, probablemente son niveles de amarillamiento que han dado lugar a reclamos de clientes especialmente de PER cuyo extremo fue encontrar de 10 – 15 hojas con síntomas de amarillamiento por cada 10 esquejes. Otro aspecto importante de resaltar fue el apareamiento y desarrollo de problemas de botritis junto al amarillamiento, sin embargo se determina que este problema es mas frecuente cuando los envíos tardan mas de 5 días en llegar a los clientes (ver los niveles b3 de botritis en todos los tratamientos a partir del sexto día de almacenamiento en la tabla 3 y figuras 18 y 19 en el anexo).

En todos los tratamientos como se mencionó anteriormente se observa una tendencia creciente al apareamiento de botritis a partir del sexto día (ver figura 21).

Cuadro 20: Resumen de análisis de resultados (Condiciones optimas de manejo poscosecha).

Amarillamiento

CONDICIONES DE MANEJO	Lectura en apertura de caja o empaque					Lecturas al cuarto día de plantado				
	4 ddc*	5 ddc*	6 ddc*	7 ddc*	8 ddc*	4 ddc*	5 ddc*	6 ddc*	7 ddc*	8 ddc*
Empaque con caja en cuarto frío todo el tiempo	d1-b1-p5	d1-b1-p4	d1-b1-p3	d1-b1-p3	d1-b2-p3	d1-b1-p1	d1-b1-p1	d1-b3-p1	d1-b3-p1	d1-b3-p1
Sin empaque todo el tiempo en cuarto frío	d1-b1-p3	d1-b1-p1	d1-b1-p5	d1-b2-p3	d1-b2-p1	d1-b1-p1	d1-b1-p1	d1-b3-p1	d1-b3-p1	d1-b3-p1
Empaque con caja 12 horas en cuarto frío	d1-b1-p1	d1-b1-p4	d1-b1-p5	d1-b1-p1	d1-b3-p1	d1-b1-p1	d1-b2-p1	d1-b3-p1	d1-b3-p1	d1-b3-p1

* días de manejo en poscosecha

Fuente: Departamento de Investigación y Desarrollo, Paul Ecke de Guatemala S.A.

Un análisis más profundo de los resultados ofrece entender la fisiología del amarillamiento en esquejes a través de los efectos observados. Es frecuente encontrar algunos problemas de amarillamiento en esquejes después de ser manejados bajo condiciones “óptimas” especialmente de temperatura, las que se logran cuando los explantes presentan las tasas de respiración mas bajas, sin embargo esto no precisamente se refiere a una total suspensión de las funciones filológicas, por lo que es lógico que el consumo de energía contenida en los carbohidratos almacenados en los organelos celulares se produzca continuamente. Si las condiciones poscosecha persisten el esqueje obligadamente recurrirá a nuevas fuentes de energía para sobrevivir, pero las fuentes de energía ahora serán aquellas que se almacenan en tejidos especiales de los explantes y que normalmente se encuentran en tallos y hojas.

Ahora, será necesario desdoblar carbohidratos mas estructurados y de mayor tamaño por lo que en estos proceso participarán nuevos componentes, especialmente el etileno que primeramente actuará afectando y ablandando la membrana y pared celular (celulasas y pectinasas) y finalmente diluyendo los contenidos celulares que son la fuente de energía que posteriormente será traslocada a los puntos de crecimiento en los esquejes y las partes que han constituido estas fuentes mostrarán los síntomas de amarillamiento y zonas necróticas que han iniciado la descomposición de los materiales estructurales de los órganos que al final constituirán sustrato idóneo para el crecimiento y desarrollo de hongos de la poscosecha especialmente de botritis.



Figura 34: Amarillamiento en hoja.



Figura 35: Ataque de botritis en apertura de empaque.



Figura 36: Ataque de botritis en campo



Pudrición causada por maduración fisiológica, no asociada a patógenos exógenos.

Figura 37: Pudrición en apertura de caja.



Figura 38: Desuniformidad de esqueje (largo de esqueje no uniforme).



Figura 39: Desuniformidad de esqueje (esqueje inmaduro).

7. CONCLUSIONES

- 7.1 Los esquejes de la variedad Prestige Early manifiestan un adecuado comportamiento y buena respuesta a las tres condiciones de manejo en poscosecha hasta por 96 horas después que los esquejes fueron cortados y almacenados. En este período no fueron detectados problemas de amarillamiento al momento de apertura de los empaques pero si a las 96 horas después del plantado en el propagador. En esta etapa los niveles de amarillamiento no sobrepasaron a las 5 hojas por cada 10 esquejes plantados.
- 7.2 A partir del quinto día de manejo poscosecha (120 horas) se presentaron niveles de amarillamiento en un orden de 10-20% (5-10 hojas con síntomas de amarillamiento por cada 10 esquejes plantados). Estos niveles de amarillamiento permite un desempeño aceptable del esqueje en condiciones de propagación, aunque en definitiva requerirá de algunas labores para retirar los tejidos y órganos dañados. Esta constituye una segunda etapa en la vida poscosecha en la que los esquejes requieren de nueva carga energética la cual es tomada de los órganos de almacenamiento en la que lleva implícitas reacciones de desdoblamiento típicas de la senescencia reguladas principalmente por el etileno lo que provoca el amarillamiento de las hojas y en los casos mas agudos por la presencia de defoliaciones. Niveles críticos de esta condición se observa en los embarque cuyo manejo de temperatura sobrepasa los límites críticos de almacenamiento por períodos prolongados (50-55 °F), este fenómeno se observa en el tratamiento que consistió en el almacenamiento en poscosecha en 12 hora a temperatura mayor a los 55 °F.
- 7.3 El aparecimiento de botritis es frecuente especialmente en follajes almacenados. En la variedad Prestige Early se encontró después de las 96 horas en manejo poscosecha daños ocasionados por botritis en niveles inferiores al 4 % (< de 2 hojas por cada 10 esquejes), sin embargo, después de las 120 horas (mas de 5

días) los daños observados si impactaron en la calidad de los esquejes (hasta niveles del 15% ver figura 19).

- 7.4 La presencia de pudriciones se dejó notar y en niveles que en ocasiones mostró valores un tanto mayores a los 4% (relación de esquejes podridos encontrados en un tray de 104 esquejes). Sin embargo, esta pudrición se relacionó con la presencia de esquejes inmaduros que a presencia de etileno iniciaron tempranamente la senescencia. Como evidencia a este fenómeno se observa en la tabla 3 que la distribución de las pudriciones no contó con un patrón específico que pudiera ligarse a la temperatura de almacenamiento o tipo de empaques evaluados o presencia de patógenos.

8. RECOMENDACIONES

- 8.1 Es altamente recomendable que los envíos de esquejes desde Guatemala a los clientes en USA y otros países en otros continentes no sobrepasen a las 96 horas (4 días), en este período se ha demostrado que los esquejes y especialmente los de la variedad Prestige Early considerablemente soportan las condiciones de envío sin mostrar pérdida significativa en la calidad y capacidad para desarrollar nuevas plantas cuando los esquejes son llevados a condiciones de propagación.
- 8.2 Condiciones variables de temperatura y especialmente superiores a los 55 °F permitirán que los daños y degradación de la calidad de los esquejes sea mayor por lo en todos los envíos debe velarse por mantener lo mas homogéneo y cercano al rango de los 50-55°F.
- 8.3 Períodos de almacenamiento superiores a los cuatro días aun bajo condiciones de temperatura óptima mostrarán daños con un comportamiento directamente proporcional a los daños provocados por botritis (*Botrytis* sp).

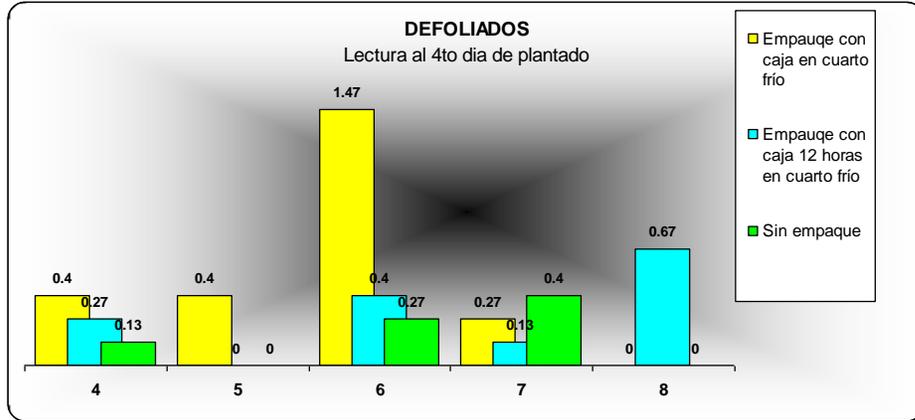


Figura 40. Desuniformidad de esqueje (esqueje inmaduro).

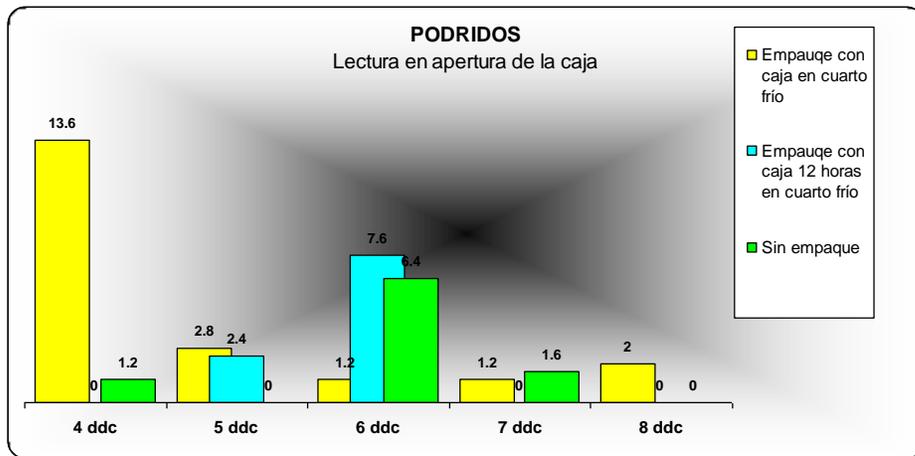


Figura 41: Desuniformidad de esqueje (esqueje inmaduro).

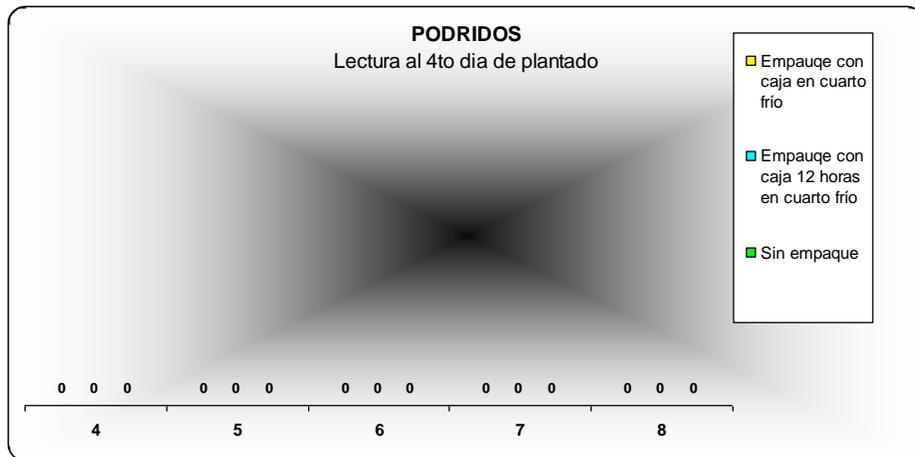


Figura 42: Desuniformidad de esqueje (esqueje inmaduro).

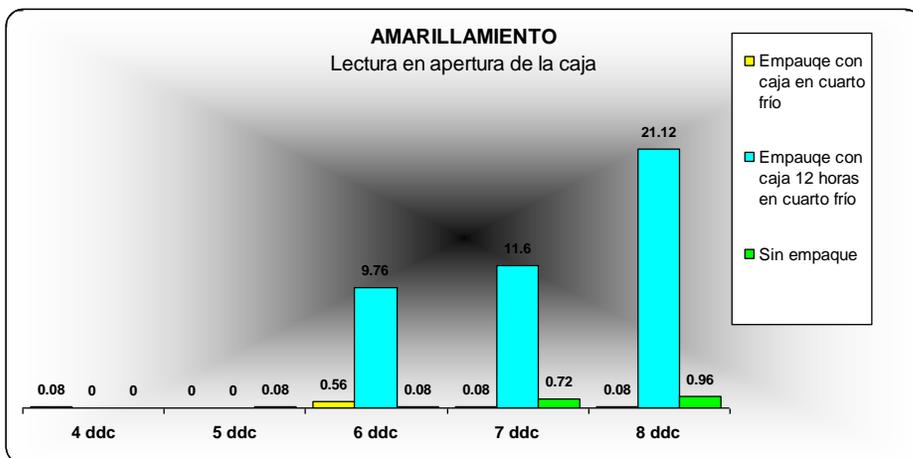


Figura 43: Desuniformidad de esqueje (esqueje inmaduro).

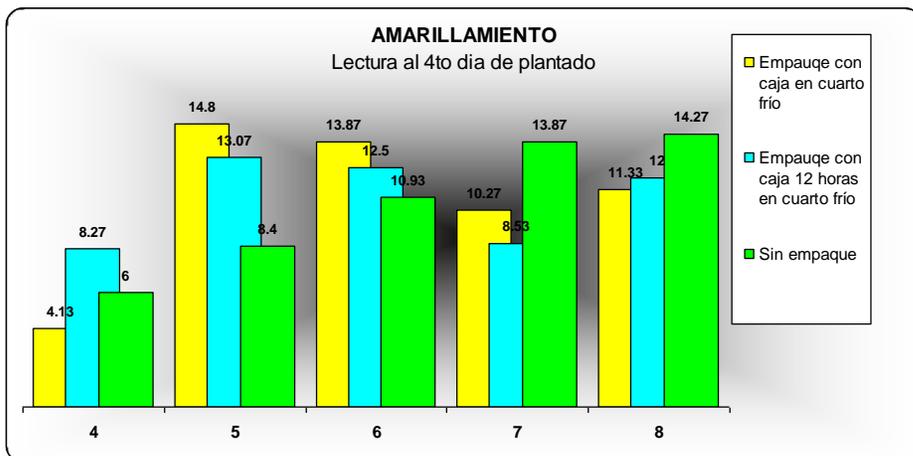


Figura 44: Desuniformidad de esqueje (esqueje inmaduro).

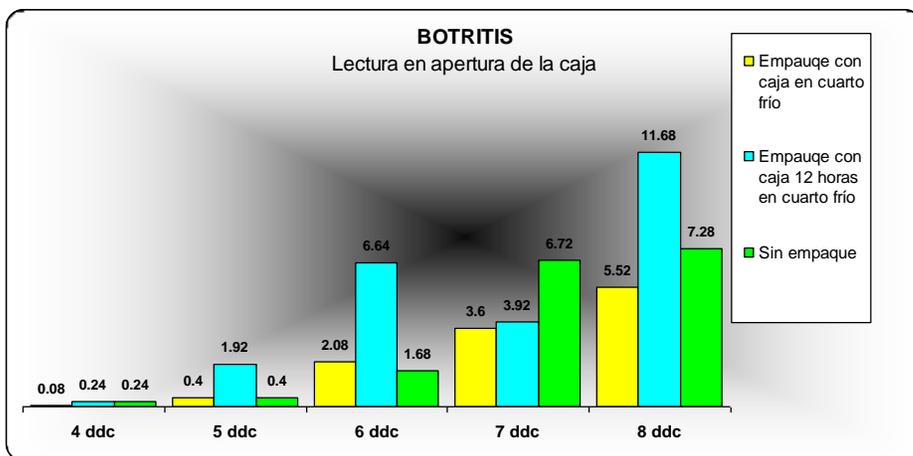


Figura 45: Desuniformidad de esqueje (esqueje inmaduro).

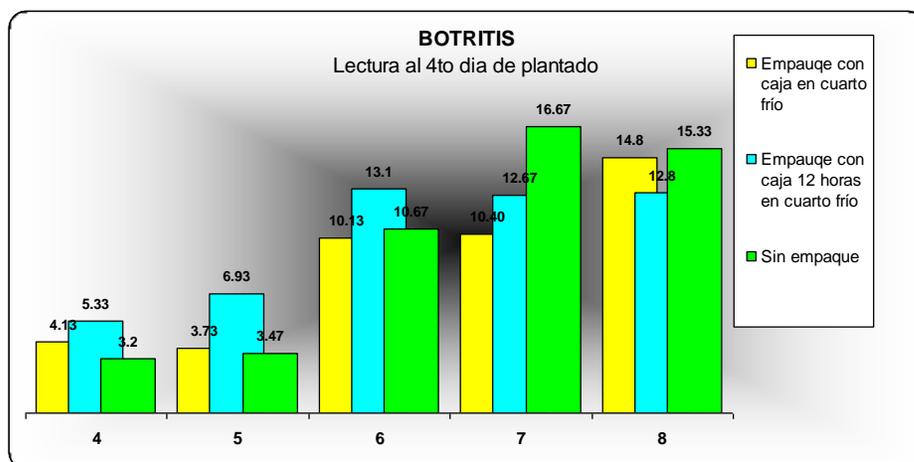


Figura 46: Desuniformidad de esqueje (esqueje inmaduro).

10. BIBLIOGRAFIA

1. Gómez Anzueto, RD. 2007. Experiencias del manejo y uso del Ethylblock en el control de los efectos del etileno en esquejes de plantas ornamentales en poscosecha. Guatemala, Paul Ecke de Guatemala, Departamento de Investigación y Desarrollo Paul Ecke de Guatemala. 12 p.
2. Paulin, A. 1997. Poscosecha de las flores cortadas: bases fisiológicas. 2 ed. Santa Fe, Bogotá, Colombia. Ediciones HortiTécnia. p. 15-56
3. Zoffoli, JP. 2002 Control de la acción del etileno: una novedosa alternativa para prolongar la conservación de frutas. Santiago Chile, Universidad Católica de Chile, Departamento de Fruticultura y Enología. 4 p. Consultada 20 ene 2011. Disponible en http://www.uc.cl/agronomia/c_extension/Revista/Ediciones/16/tecnologia2.pdf.