

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN DE PILONES DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L) TIPO ICEBERG, VARIEDAD CARTAGENA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN LA EMPRESA LOS CINCO ELEMENTOS, PATZICÍA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA.

ANA ELISA CACATZI PICHYÁ

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN DE PILONES DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L) TIPO ICEBGER, VARIEDAD CARTAGENA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN LA EMPRESA LOS CINCO ELEMENTOS, PATZICÍA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA.

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

POR

ANA ELISA CACATZI PICHYÁ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERA AGRÓNOMA

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Maestro Walter Ramiro Mazariegos Biolis

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	Br. Carmen Aracely García Pirique
VOCAL V	Pr. Agr. Mynor Fernando Almengor Orenos
SECRETARIO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2022

Guatemala, octubre de 2022

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad, de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado: **“EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN DE PILONES DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L) TIPO ICEBGER, VARIEDAD CARTAGENA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN LA EMPRESA LOS CINCO ELEMENTOS, PATZICÍA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.”** como requisito previo a optar el título de Ingeniera Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de licenciada.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ana Elisa Cacatzi Pichiyá', enclosed within a faint, hand-drawn oval border.

ANA ELISA CACATZI PICHİYÁ

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS	Por brindándome perseverancia, fuerzas y sabiduría durante todo el ámbito académico, logrando culminar con una meta en mi vida profesional.
Mis padres	Claudio Cacatzí Gabriel e Ilaria Pichiyá Alonzo por ser mis ejemplos de vida, brindarme ánimos, amor y apoyo en todos los sentidos para lograr cumplir esta meta de mi vida.
Mis hermanos	Luis Emilio, Sergio Oswaldo, Marlen Ofelia, Manuel Antonio, Vivian Dalila, María Virginia, Byron Esteban, Mario Roberto y Fredy Gerardo, por cada uno de los momentos compartidos y brindarme su apoyo incondicional.
Mi novio	Por su amor, paciencia, confianza y apoyo incondicional, gracias por acompañarme en esta etapa de mi vida.
Mis sobrinos	Para que este logro en mi vida les sea de guía, tomando en cuenta que con esfuerzo y dedicación se pueden cumplir las metas y los sueños que se propongan.
A mis amigos y amigas (FAUSAC)	Gracias por tantos momentos compartidos, tantas enseñanzas, por su amistad y su apoyo.

AGRADECIMIENTO A:

Mi familia	Por apoyarme, animarme, motivarme y brindarme su cariño.
Mi casa de estudio:	Universidad de San Carlos de Guatemala, específicamente a la Facultad de Agronomía por todas las lecciones académicas y de vida.
Empresa Los Cinco Elementos	Por permitirme la oportunidad de realizar el Ejercicio Profesional Supervisado y por todo el apoyo recibido por parte de todo el personal.
Mi supervisor	Anibal Sacbajá por su apoyo en el transcurso del EPS
Mi asesor	Ing. Agr. Edgar Franco Rivera por su tiempo y consejo en la formulación y redacción del presente trabajo de graduación.

ÍNDICE GENARAL

	Página
RESUMEN	xii
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA PRODUCCIÓN DE CEPELLONES DE LECHUGA (<i>Lectuca sativa</i> L) TIPO ICEBERG LA EMPRESA LOS CINCO ELEMENTOS, PATZICÍA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA.	1
1.1. PRESENTACIÓN	3
1.2. MARCO REFERENCIAL	4
1.2.1. Aspectos geográficos de Patzicía, Chimaltenango.....	4
1.2.2. Colindancia.....	5
1.2.3. Estructura espacial	5
1.2.4. Condiciones climáticas	6
1.2.5. Zona de vida.....	6
1.3. OBJETIVOS	7
1.3.1. Objetivo general	7
1.3.2. Objetivos específicos.....	7
1.4. MEDODOLOGÍA	7
1.4.1. Fase 1: Recolección de información primaria.....	7
1.4.2. Fase 2: Recolección de información secundaria	8
1.4.3. Fase 3: Análisis de información.....	8
1.5. RESULTADOS	8
1.5.1. Proceso para la producción de cepellones de lechuga	8
1.5.2. Identificación de la problemática en cada una de las áreas productivas	14
1.5.3. Proceso de investigación (fase de semillero y vivero)	15
1.6. CONCLUSIONES.....	16
1.7. RECOMENDACIONES	17

Página

1.8.	REFERENCIAS.....	18
CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN DE CEPELLONES DE LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i> L.) TIPO ICEBGER, VARIEDAD CARTAGENA EN LA EMPRESA LOS CINCO ELEMENTOS, PATZICÍA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.....		
		19
2.1.	INTRODUCCIÓN	21
2.2.	MARCO TEÓRICO	23
2.2.1.	Marco Conceptual	23
2.2.2.	Marco Referencial	40
2.3.	OBJETIVOS	46
2.3.1.	Objetivo general	46
2.3.2.	Objetivos específicos	46
2.4.	HIPÓTESIS	46
2.5.	METODOLOGÍA	47
2.5.1.	Tratamientos evaluados	47
2.5.2.	Unidad experimental	47
2.5.3.	Diseño experimental	48
2.5.4.	Cálculo de repeticiones	48
2.5.5.	Distribución de las unidades experimentales	49
2.5.6.	Modelo estadístico	49
2.5.7.	Variables de respuesta.....	50
2.5.8.	Análisis de datos	53
2.5.9.	Prueba múltiple de medias de Tukey	54
2.5.10.	Análisis económico	54
2.5.11.	Manejo agronómico.....	54

	Página
2.6. RESULTADO Y DISCUSIÓN	57
2.6.1. Emergencia	57
2.6.2. Altura de la planta.....	60
2.6.3. Peso de materia seca de la parte aérea	63
2.6.4. Peso de materia seca del sistema radicular	66
2.6.5. Relación tallo/raíz	69
2.6.6. Compactación.....	71
2.6.7. Resistencia.....	73
2.6.8. Calidad de adobe	76
2.6.9. Análisis económico.....	80
2.7. CONCLUSIONES.....	83
2.8. RECOMENDACIONES	84
2.9. BIBLIOGRAFÍA.....	85
2.10. ANEXOS.....	90
CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN LA EMPRESA LOS CINCO ELEMENTOS, PATZICÍA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA.	95
3.1. PRESENTACIÓN	97
3.2. SERVICIO I: PLANIFICACIÓN DE SIEMBRA.....	98
3.2.1. Objetivo	98
3.2.2. Metodología.....	98
3.2.3. Resultados.....	98
3.2.4. Evaluación	99
3.2.5. Recomendaciones.....	100
3.3. SERVICIO II: IDENTIFICACIÓN Y ROTULACIÓN DE LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN	101

	Página
3.3.1. Objetivo	101
3.3.2. Metodología	101
3.3.3. Resultado	101
3.4. SERVICIO III: COSTO DE PRODUCCIÓN DE CEPELLONES DE HORTALIZAS DE LA EMPRESA LOS CINCO ELEMENTOS	104
3.4.1. Objetivos	104
3.4.2. Metodología	104
3.4.3. Cálculos para determinar los costos de producción	106
3.4.4. Resultados	109
3.4.5. Conclusiones.....	117
3.4.6. Recomendaciones	117
3.4.7. Bibliografía	119
3.4.8. Anexos	120

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Lugares poblados Patzicía, Chimaltenango	5
Cuadro 2. Clasificación básica de los materiales usados como sustratos, origen y ejemplos de los tipos de sustratos.	24
Cuadro 3. Ventajas y desventajas de los diferentes sustratos.	26
Cuadro 4. Interpretación de los niveles de la salinidad de un sustrato de cultivo, expresada como la conductividad eléctrica del extracto de saturación. .	31
Cuadro 5. Niveles óptimos en las propiedades físicas y químicas de un sustrato. ...	33
Cuadro 6. Propiedades físicas de las turbas. Influencia de la composición botánica y el grado de descomposición.....	35
Cuadro 7. Propiedades químicas de las turbas. Influencia de la composición botánica y el grado de descomposición.....	36
Cuadro 8. Características fisicoquímicas de los cinco sustratos cuya base es turba empleados en la evaluación en el vivero de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango 2020.....	43
Cuadro 9. Tratamientos (sustratos) evaluados en la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.....	47
Cuadro 10. Categorías para establecer el grado de compactación y resistencia del cepellón de cinco sustratos comerciales en la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.....	52
Cuadro 11. Escala para determinar la calidad de adobe de cinco sustratos comerciales en la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.....	53

Página

Cuadro 12. Resultados del análisis de ANDEVA de la emergencia en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.....	58
Cuadro 13. Resultados del análisis de medias de la emergencia en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.....	59
Cuadro 14. Resultados del análisis de ANDEVA de la altura de las plántulas (cm) en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.....	61
Cuadro 15. Análisis de medias de altura de las plántulas (cm) en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.....	61
Cuadro 16. Resultados del análisis de ANDEVA del peso de materia seca (g) de la parte aérea de las plántulas para la evaluación de cinco sustratos comerciales en la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.....	64
Cuadro 17. Análisis de medias del peso de materia seca (g) de la parte aérea de las plántulas en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	65
Cuadro 18. Resultados del análisis de ANDEVA del peso de materia seca (g) del sistema radicular en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	67

Página

Cuadro 19. Análisis de medias del peso (g) de materia seca del sistema radicular en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	67
Cuadro 20. Resultados del análisis de ANDEVA de la relación tallo/raíz de las plántulas en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	70
Cuadro 21. Resultado del análisis de ANDEVA del grado de compactación en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	72
Cuadro 22. Resultado del análisis de ANDEVA del grado de resistencia de los cepellones en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	74
Cuadro 23. Análisis de medias del grado de resistencia (%) de las plántulas de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	75
Cuadro 24. Resultados del análisis de ANDEVA de la calidad de adobe de los cepellones de lechuga en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.....	77
Cuadro 25. Análisis de medias de la calidad de adobe en la evaluación de los cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	78

Página

Cuadro 26. Resultados obtenidos de las variables en la evaluación de cinco sustratos comerciales en la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.....	79
Cuadro 27. Resumen de costos de producción de cepellones de lechuga variedad Cartagena en cinco sustratos comerciales en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	80
Cuadro 28. Análisis de presupuestos parciales y dominancia de cinco sustratos comerciales en la producción de cepellones de lechuga variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	81
Cuadro 29A. Resumen de los datos cuantitativos.	92
Cuadro 30. Descripción del programa de siembra del mes de enero del año 2020 de las distintas variedades que trabaja la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango. 2020	99
Cuadro 31. Presupuesto de la identificación y rotulación de las áreas de producción de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango. 2021.	102
Cuadro 32. Hortalizas y sus variedades a los que se les determinó el costo de producción para la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	106
Cuadro 33. Resumen del costo de producción de cepellones de apio, variedad Mambo de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	110
Cuadro 34. Indicadores financieros del costo de producción de cepellones de apio, variedad Mambo de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	110
Cuadro 35. Resumen del costo de producción de cepellones de cebolla, variedad Santamaría de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	111

Página

Cuadro 36. Indicadores financieros del costo de producción de cepellones de cebolla, variedad Santamaría de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	112
Cuadro 37. Resumen del costo de producción de cepellones de variedad Skywalker de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	113
Cuadro 38. Indicadores financieros del costo de producción de cultivo de coliflor, variedad Skywalker de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	113
Cuadro 39. Resumen del costo de producción de cepellones de hierba mora criolla la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	114
Cuadro 40. Indicadores financieros del costo de producción de cepellones de hierba mora criolla de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	115
Cuadro 41. Resumen del costo de producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	116
Cuadro 42. Indicadores financieros del costo de producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación geográfico de Patzicía Chimaltenango.	4
Figura 2. Sustrato peat-moss.	10
Figura 3. Proceso de siembra manual.	10
Figura 4. Proceso de tapado de semilla.	11
Figura 5. Proceso de germinación a campo abierto.	12

Página

Figura 6. Mezclas de sustratos y su relación de porosidad total y sólido.....	28
Figura 7. Delimitación de la parcela neta y parcela bruta, para la evaluación de cuatro sustratos comerciales en la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	48
Figura 8. Distribución aleatoria, tratamiento y repeticiones en la evaluación de cinco sustratos comerciales en la producción de plántulas de lechuga Cartagena, en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020... ..	49
Figura 9. Porcentaje de emergencia en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	58
Figura 10. Altura de las plántulas (cm) en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	61
Figura 11. Peso de materia seca (gr) de la parte aérea de las plántulas en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	64
Figura 12. Peso de materia seca (g) del sistema radicular en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	66
Figura 13. Relación tallo/raíz de las plántulas de lechuga en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	69

Página

Figura 14. Grado de compactación en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.....	72
Figura 15. Grado de resistencia de los cepellones en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	74
Figura 16. Calidad de adobe de los cepellones de lechuga en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.	77
Figura 17A. Proceso del establecimiento de la investigación.....	90
Figura 18A. Lectura de los datos para las variables de respuesta.	91
Figura 19A. Ubicación geográfica del municipio de Patzicía.	93
Figura 20A. Análisis de laboratorio de los sustratos evaluados.	94
Figura 21. Rótulos de las áreas de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía Chimaltenango, 2020.	102
Figura 22. Colocación de los rótulos en las áreas de producción en la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.....	103
Figura 23A. Cepellones de apio variedad Mambo.....	120
Figura 24A. Cepellones de cebolla variedad Santamaría	120
Figura 25A. Cepellones de coliflor variedad Skywalker.....	121
Figura 26A. Cepellones de hierba mora o quilete.	121
Figura 27A. Cepellones de lechuga variedad Cartagena.	122

EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN DE PILONES DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L) TIPO ICEBGER, VARIEDAD CARTAGENA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN LA EMPRESA LOS CINCO ELEMENTOS, PATZICÍA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA.

RESUMEN

El Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, se ejecutó en coordinación con la empresa Los Cinco Elementos ubicada en el municipio de Patzicía, en el departamento de Chimaltenango, Guatemala. Se detallan los pormenores de las tres macro actividades realizadas donde se ejecutó el presente documento consta de tres capítulos: Primero: el diagnóstico de la producción de pilones de lechuga (*Lactuca sativa* L), Segundo: la investigación relacionada con la evaluación de cuatro sustratos comerciales en la producción de pilones de lechuga (*Lactuca sativa* L) tipo Icebger, variedad Cartagena. Tercero: los servicios realizados en el área de vivero de hortalizas.

El diagnóstico se realizó en las áreas de producción de cepellones de lechuga en la empresa Los Cinco Elementos, tuvo como finalidad identificar los procesos que se llevan a cabo para la producción de cepellones de lechuga, desde la etapa de semillero hasta la etapa de cosecha y comercialización, identificando también la problemática que existente en cada una de las áreas donde se desarrolla la producción de pilones de lechuga; lo que permitió sistematizar dicha información para la implementación de la investigación y servicios.

Basado en el diagnóstico se realizó la investigación “Evaluación de cuatro sustratos comerciales en la producción de pilones de lechuga (*Lactuca sativa* L) tipo Icebger, variedad Cartagena”, cuyo fin fue determinar el sustrato comercial que presenta las mejores características de los pilones (cepellones) de lechuga Cartagena evaluadas por las variables definidas y un análisis económico.

Dicha investigación se desarrolló en el área de viveros de la empresa Los Cinco Elementos, en el cual se evaluó por medio del diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, constituyendo así 20 unidades experimentales, con una parcela neta de 48 pilones de lechuga. Para la investigación se utilizaron cinco sustratos comerciales, siendo estos los siguientes: tratamiento A (TKL), tratamiento B (KEK), tratamiento C (AWT), tratamiento D (RMI) y por último el tratamiento E (FAG) quien fue el testigo que se utilizó.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se determinó que el sustrato TKL presentó mejores resultados en la mayoría de variables evaluadas en cuanto al crecimiento y desarrollo de los cepellones de lechuga Cartagena; presentándose plántulas con 4.58 cm de altura, 0.45 g de materia seca aérea foliar, 0.23 g de materia seca sistema radícula, 97 % en resistencia y 96 % en calidad de adobe. También presentó un 97.92 % de emergencia, una relación

tallo raíz de 1.96 y una compactación de 95.75 %; presentándose en valores óptimos para la producción de los cepellones de lechuga sin haberse mostrado como los mejores resultados.

Los servicios realizados fueron: a) planificación de siembra, en el área de siembra de la empresa Los Cinco Elementos.

El primer servicio se trató de realizar un formato para la planificación de siembra por un año teniendo en cuenta la época del año, demanda de las variedades e historiales de los años anteriores con el fin de facilitar el trabajo y poder obtener un equilibrio entre la oferta y demanda y evitar las pérdidas en la producción.

El segundo servicio consistió en la identificación y rotulación de las subáreas de producción en una posición estratégica para que sea visible y poder generar un orden dentro de infraestructura de los viveros de la empresa.

Como tercer servicio se determinó los costos de producción de cinco variedades de cepellones de hortalizas que ofrece la empresa, las cuales son: apio Mambo, cebolla Santamaría, coliflor Skywalker, hierba mora o quilete y lechuga Cartagena. Con el fin de realizar un análisis económico por medio de indicadores financieros sobre la producción y ventas de dichas plántulas de hortalizas.



CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA PRODUCCIÓN DE CEPELLONES DE LECHUGA (*Lectuca sativa* L) TIPO ICEBERG LA EMPRESA LOS CINCO ELEMENTOS, PATZICÍA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA.

1.1. PRESENTACIÓN

La empresa Los Cinco Elementos está ubicada en el municipio de Patzicía, Chimaltenango, inicio operaciones hace aproximadamente ocho años, se dedica a la producción de cepellones (plántula en sustrato peat moss) de diferentes especies hortícolas entre ellos: brócoli, lechuga, repollo, coliflor, apio, cebolla entre otros. Actualmente, cuenta con cuatro áreas de producción y un semillero ubicadas en distintos puntos geográficos del municipio.

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado se realizó un diagnóstico con el objetivo de adquirir información y conocer la situación actual de la empresa en la cual se identificaron y jerarquizaron los problemas que tiene la empresa y en base a estos se llevaron a cabo los proyectos a realizar en el transcurso del EPS.

Durante el diagnóstico se obtuvo información proporcionada por los encargados de cada área, así mismo con la ayuda del personal que labora en la empresa, nos brindaron información sobre todo el proceso productivo de cepellones de lechuga desde la siembra hasta la cosecha y el resto de información se obtuvo de documentos sobre el personal y tecnologías de producción.

Con el estudio realizado se obtuvo información de la situación actual de la empresa, en el cual se detectó una serie de problemas que con el paso del tiempo van siendo una desventaja como: reducción en la producción, pilones de menor calidad, incremento de costos, mal uso de equipo y deterioro de recursos, que es lo que actualmente sucede con la producción de cepellones lechuga, tanto en la etapa de semillero como en la etapa de almácigo.

1.2.2. Colindancia

El límite territorial del municipio está configurado con las siguientes colindancias: al Norte con Santa Cruz Balanyá, al Sur con Acatenánigo y San Andrés Itzapa, al Este con Zaragoza y al Oeste con Patzún. También se localiza en la parte central de la región Kaqchikel (SEGEPLAN, 2010).

1.2.3. Estructura espacial

El municipio está integrado por cinco aldeas, siete caseríos, además cuenta con tres colonias y cuatro fincas, (cuadro 1).

Cuadro 1. Lugares poblados Patzicía, Chimaltenango

Lugares Poblados	
Aldeas	El Caman, Cerritos Asunción, la Canoa, Pahuit, El Sitán.
Caseríos	Esperanza, Cerro Alto, La Sierra, El Chuluc, San Lorenzo, El Paraíso, Xejuyú.
Colonias	Sajcap, Sarahemla, Nueva Esperanza.
Fincas	La Muchacha, Chuaxil, Edén y Las Victorias

Fuente. SEGEPLAN (2010).

Por su ubicación geográfica y altura sobre el nivel del mar, se logra disfrutar de un clima frío el cual se ha convertido en un factor fundamental para el desarrollo de determinadas actividades agrícolas. El cultivo de una diversidad de productos no tradicionales y hortalizas, los cuales se han constituido en la base de la economía de las familias de este municipio (SEGEPLAN, 2010).

1.2.4. Condiciones climáticas

Según De la Cruz, basado en el método de Holdridge reporta una humedad relativa promedio del 80 % (Cruz 1982). El régimen de lluvias aproximado es de 2,065 mm a 3,900 mm por año, con un promedio de 2,730 mm; las temperaturas oscilan entre los 15 °C a 23 °C, con una temperatura media anual de 18.9 °C, la evapotranspiración estimada es de 0.35. Según el sistema de clasificación de Thorntwhite, el área de Patzicía pertenece a la clase B2, B, Bi, cuyas características son: clima templado con invierno benigno, húmedo (IGN 1980).

1.2.5. Zona de vida

Según la clasificación de Holdridge, esta área corresponde a la zona de vida (bh-MB-(s)) Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical. La vegetación natural que es típica de la parte central del altiplano, donde predomina *Pinus pseudostrobus* y *Pinus montezumae* encontrándose también *Alnus jorullensis*, *Ostrya sp.*, *Carpinus sp.*, *Prunus capulí* y *Arbutos sp.* (De la Cruz ,1982).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Conocer el proceso de la producción de pilones de lechuga tipo Iceberg (*Lactuca sativa L*) en la empresa Los Cinco Elementos en el municipio de Patzicía departamento de Chimaltenango.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Identificar las principales problemáticas que se presentan en cada etapa de la producción de cepellones de lechuga tipo Iceberg.
2. Recopilar información sobre el manejo en la producción de cepellones de lechuga, desde la etapa de semillero hasta la etapa de almácigo.

1.4. MEDODOLOGÍA

Para la elaboración del diagnóstico en la empresa Los Cinco Elementos se realizó de la siguiente manera.

1.4.1. Fase 1: Recolección de información primaria

- Se recolectó de información primaria que se encuentra registrada por la empresa y dialogando con los encargados de cada área productiva.
- Se visitó el área de germinación donde se conoció el proceso de siembra, observando el manejo que se realiza para la adecuada germinación e identificación de los lotes.
- Se dio un recorrido en las cuatro áreas productivas observando y charlando con los encargados de cada área para identificar los problemas que se presentan.

1.4.2.Fase 2: Recolección de información secundaria

- Se investigó en fuentes alternas la información para conocer el proceso de producción de pilones de lechuga, marco referencial, documentos de interés (consulta de bibliografía).

1.4.3. Fase 3: Análisis de información

- Contrastación de información primaria y secundaria, para priorización de problemas en los procesos de producción de pilones de lechuga.

1.5. RESULTADOS

1.5.1. Proceso para la producción de cepellones de lechuga

A. Etapa de semillero

La producción de pilones inicia en el área de semillero, utilizamos bandejas de plástico de 288 celdas, en la cual esta bandeja se llena de sustrato, se hacen agujeros (2 veces el tamaño de la semilla), se siembra de forma manual y se deja en la cámara de incubación durante 3 día. Posteriormente se traslada las bandejas a las áreas de producción para entarimarlas en tarimas de madera y block.

La empresa produce pilones a campo abierto, de esta manera las plántulas se adaptan mejor al campo definitivo y se obtenga un mayor porcentaje de supervivencia en el trasplante. Por lo tanto, los agricultores tienen cierta preferencia al adquirir los estos pilones producidos ya que han trabajado con otras piloneras de hortalizas que cuentan con el sistema de tradicional bajo condiciones controladas.

a. Desinfección de bandejas

Las bandejas cuentan con celdas de forma piramidal (no redonda ya que tiende a hacer que las raíces se enrollen, dificulta la cosecha del pilón y el establecimiento al campo definitivo); cada celda tiene un volumen de 7 cm³.

Previo a iniciar la elaboración de semilleros, se desinfectan las bandejas, para lo cual las bandejas son trasladadas al área de desinfección, donde se cepilla y lava con hipoclorito de calcio al 65% granulado, se recomienda usar una concentración de cloro de 200 ppm (equivale a 62 gramos de hipoclorito de calcio al 65% / barril de 200 litros). Esta agua a 200 ppm de cloro nos va durar aproximadamente para 300 bandejas dependiendo la suciedad que tengan las bandejas.

b. Preparación de sustratos

Consiste en desempacar y desmenuzar el sustrato (pacas comerciales) de forma manual, para desmenuzar el sustrato se utilizan palas en donde se manipula el sustrato hasta que no contenga terrones, al momento de llenar las bandejas el sustrato no se humedece; se utiliza tal como viene empacado. El sustrato se humedece únicamente en el tapado de las bandejas ya con semillas para activar el proceso de germinación; para el control de humedad se utiliza el método del tacto que consiste en exprimir el sustrato en la palma de la mano, se puede obtener una estimación bastante aproximada de la humedad en el sustrato con una proporción 50%. La empresa utiliza el peat-moss de diferentes marcas comerciales, no se cuenta con una marca en específica ya que por la demanda en el mercado, los altos precios y la escasez de la misma y esa es la razón que se trabaja con varias empresa pero cada vez que se utiliza una nueva marca se toma en cuenta sus características físicas como textura, porosidad, aireación y la retención de humedad y en la propiedades químicas se toma en cuenta el contenido de nutriente, pH, conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico.



Figura 2. Sustrato peat-moss.

c. Siembra

Consiste en la colocación de la semilla en cada celda de la bandeja con su respectivo sustrato; se realiza de forma manual. Se realiza según los programas de clientes fijos y la proyección de las demandas de años anteriores. Para ello se cuenta con un rodillo que realiza los agujeros de las celdas antes de la siembra, este rodillo esta calibrado a la profundidad específica para la semilla del cultivo (2 veces su tamaño).

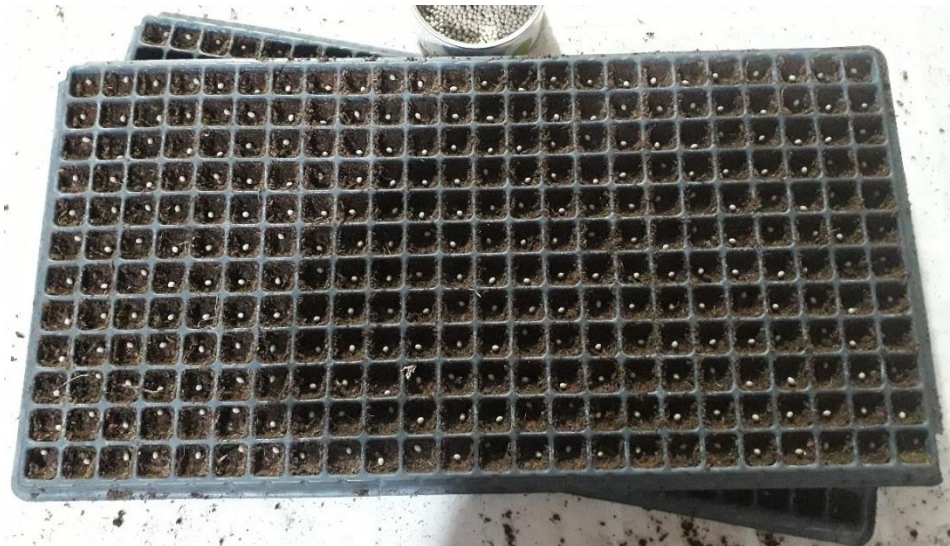


Figura 3. Proceso de siembra manual.



Figura 4. Proceso de tapado de semilla.

Se supervisa la siembra para que sea únicamente una semilla por celda. Al finalizar la siembra, se cuenta personal encargado para tapar la semilla con sustrato húmedo, este procedimiento se basa en incorporar sustrato por encima semilla para lograr cubrirla (3.00 – 3.50 mm del tamaño de la semilla peletizada) de una manera uniforme.

d. Germinación y emergencia

Luego que se realiza la siembra en la bandeja de plástico, se lleva a la cámara de incubación para promover la germinación de la semilla, dándole las condiciones de humedad relativa alta y una temperatura óptima, que permita una adecuada germinación, este proceso tarda aproximadamente de 3 a 4 días. Posteriormente la bandeja se coloca sobre una tarima; identificando el lote de la siguiente manera: fecha de siembra, variedad, cantidad en millares y fecha de salida para el área de pilonera.

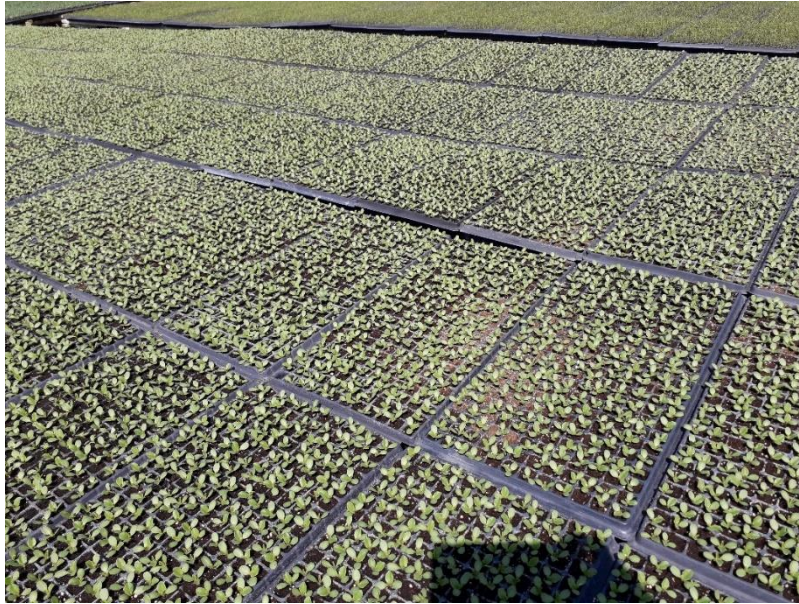


Figura 5. Proceso de germinación a campo abierto.

B. Etapa de vivero:

a. Riego

Los riegos se realizan diariamente, debido a la altitud en el que se encuentra las áreas de producción solamente se realiza una vez al día que se da a vasto al umbral de riego; si el día caluroso se realizan 2 riegos ya que la evapotranspiración del cultivo se incrementa; en la época de lluvia no se riega ya que el ambiente y el sustrato se encuentran húmedos, se riega solamente si las plántulas lo demandan. El sistema de riego que se utiliza en la producción es manual; con una manguera y pichacha cuyo funcionamiento es a través de una bomba.

La fuente de abastecimiento de agua para riego en las áreas productivas es por medio de pozos someros y a través de bombas sumergibles impulsa el agua que abastece dichas áreas.

Dentro del equipo que utiliza la empresa para el riego se encuentran pozos, bombas de diferentes caballos de fuerza, energía eléctrica, tuberías y mangueras.

b. Fertilización

Se utiliza un programa de fertilización establecido por la empresa, una planta en un vivero es igual a una planta en el campo, requiere de un balance de nutrición. Los elementos críticos que deben tener un balance adecuado son: N (nitrógeno), P (fósforo), K (potasio), Ca (calcio) y Mg (magnesio). El programa está en base al análisis foliar y a la experiencia que se ha tenido trabajando con pilones de hortalizas a lo largo del funcionamiento de la empresa; ya que en la demanda requiere de pilones con un buen sistema radicular y buena zona vegetativa que resista el manipuleo; además de la adecuada edad para el trasplante. El programa se aplica dos veces por semana por medio de fertirriego manual a través de una manguera y pichacha impulsado por una bomba con una capacidad de ½ Hp.

c. Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas y enfermedades la empresa cuenta con un encargado de llevar los registros y realizar los muestreos semanales en cada área de producción, y con ello contrarrestar la incidencia de estos en la plántula.

Dentro de las actividades de los muestreos, el trabajador al momento de realizar dicha práctica debe llenar un registro con los insectos que vaya visualizando y las enfermedades percibidas, esto sirve planificar las aplicaciones de fungicidas, insecticidas y/o otro producto, dependiendo del agente causal.

C. Etapa de comercialización

En la producción de pilones de lechuga, la etapa de vivero se realiza a campo abierto; etapa que dura entre 30 y 35 días, después de ese tiempo transcurrido se comercializa según el programa de los clientes fijos y la demanda estimada.

Para el proceso de venta y comercialización de los cepellones de lechuga, la empresa sostiene relación directa con los clientes que se ubican en la región central del País, específicamente los departamentos de Guatemala, Chimaltenango y Sacatepéquez.

Para la distribución de occidente la empresa cuenta con un vendedor el cual se encarga de realizar pedidos de siembra semanales y entregar este producto cuando esté listo, de la misma manera los clientes se acercan a las oficinas de la empresa para realizar reclamos o bien sugerencias aceptables y tomadas en cuenta para la mejora constante de la calidad del cepellón, debido a que cada región posee características específicas requeridas para poder aceptar el mismo.

1.5.2. Identificación de la problemática en cada una de las áreas productivas

Luego de haber analizado y contrastado la información primaria recolectada, durante el recorrido en las áreas de producción, se identificaron ciertas debilidades en algunas etapas del proceso, siendo las más relevantes:

A. Unidad de siembra

En esta unidad no se tienen bien definidos un área de incubación por cada variedad que se siembra, tiempo de incubación, bandejas de salida a las pilonera con el fin de llevar un mejor control.

B. Área de germinación

La germinación en algunos casos es muy variable (70 %, 80 % y 85%), siendo lo ideal para la empresa un 90 – 95 % (según la variedad). Esta variabilidad puede darse por diferentes aspectos, tales como la genética, tiempo de latencia de la semilla, humedad del sustrato de tapado, tiempo de incubación y además es posible que influya la posición de la semilla al momento de siembra.

C. Ausencia de información sistematizada del proceso productivo de pilones de lechuga (fase de semillero y almácigo)

La empresa, a través de los años se ha dedicado a la producción de pilones de lechuga, ha generado varias experiencias exitosas, sin embargo, no cuenta con una sistematización adecuada de esas experiencias, mediante la edición de instructivos; en donde se busca certificaciones y es requisito para su obtención la sistematización adecuada los procesos.

D. Riego en etapa de vivero

A través de la convivencia diaria en el área de producción, se observó que el proceso de riego es deficiente, los trabajadores ejecutan dicha tarea sin tener los conocimientos básicos de la importancia del riego, lo anterior plantea la necesidad de llevar a cabo capacitaciones para mejorar dicha labor.

1.5.3. Proceso de investigación (fase de semillero y vivero)

La empresa está en busca de la mejora continua de la producción, tanto en calidad como en costo, lo cual ha venido desarrollando una serie de investigaciones; las distintas variedades en relación al calibre de la semilla, la humedad adecuada en los sustratos al momento de tapar las bandejas con semilla para mejorar el porcentaje de germinación, y actualmente la utilización de diferentes sustratos comerciales para la siembra en bandejas en el cultivo de lechuga, entre otras.

1.6. CONCLUSIONES

1. Se identificaron los diversos procesos para la producción de pilones de lechuga, tanto en la etapa de semillero como en almácigo; producto de esa identificación se logró establecer la problemática existente en varios procesos.
2. Con la recopilación de información de la empresa Los Cinco Elementos, se identificó los principales problemas que está presente es la falta de identificación de cada área en la producción, planificar y programar la siembra semanal, mensual y anual de cada hortaliza, falta de información de los costos de producción de cada variedad que la empresa produce.
3. Se necesita realizar supervisiones constantes de todas las áreas de producción de cepellones de diferentes especies debido a la constante existencia de plagas en estos, como lo es mosca blanca, trips entre otros, debido a que se trabaja a campo abierto.
4. Es necesario establecer una programación de monitoreo de las distintas variedades de cepellones, ya que se realizan de forma general y existen algunas variedades que son precoces y al momento de su comercialización ya pasaron su punto óptimo de cosecha, entonces se debe mantener un monitoreo constante de cada especie de cepellones.

1.7. RECOMENDACIONES

1. Realizar dos piletas en el área de semillero, una para el llegando de bandejas y el otro para el tapado de las bandejas para que se aproveche mejor el sustrato.
2. La capacitación al personal del área de producción, es recomendable realizarla una vez al mes, tomando en cuenta las buenas prácticas agrícolas.
3. Apoyar el proceso de investigación de la empresa; con énfasis en la evaluación de sustratos para mejorar la producción de pilones de lechuga.

1.8. REFERENCIAS

1. Duro Tamasiunas, J. M., Mardoqueo Monzón, R., Vásquez Vilatoro, R., Gonzáles Díaz, G., García González, G. P., Arguera Medina, J. C., & Gonzales Rivera, O. R. (2005). *Atlas temáticas de la república de Guatemala (Serie de Recursos Naturales, Sociales, Productivos, Amenazas y Vulnerabilidad)* [Archivo PDF]. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. <https://www.maga.gob.gt/download/atlas-tematico.pdf>
2. De la Cruz S, JR. (1982). *Clasificación de zonas de vida a nivel de reconocimiento de la Republica de Guatemala, según el sistema Holdridge*. Guatemala, Instituto Naciona Forestal. 42p.
3. IGN (Instituto Geografico Nacional, Guatemala). (1980). *Diccionario geografico de Guatemala*. Guatemala: v. 2, 791 p.
4. Ramirez Barilla, S. S. (2009). *Determinacion de especies del nematodos de quiste en Patzicia Chimaltemango, y su potencial patogeno en Maiz* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/9701/1/Soren%20Ram%C3%ADrez%20-%20Punctodera.pdf>
5. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación y Programación, Guatemala). (2010). *Plan de desarrollo Patzicia, Chimaltemango*. <https://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/departamento-de-chimaltemango/file/104-pdm-patzicia>



CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN DE CEPELLONES DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) TIPO ICEBGER, VARIEDAD CARTAGENA EN LA EMPRESA LOS CINCO ELEMENTOS, PATZICÍA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.



2.1.INTRODUCCIÓN

Según el Fondo Monetario Internacional (2012), el 50 % de su economía de Guatemala se basa en la producción agrícola, de la cual la producción hortícola representa un rubro de gran importancia (Bardales 2016). Los productores de hortalizas de la región de Chimaltenango con el fin de aumentar la producción y haciendo uso de nuevos insumos, están utilizando los sustratos cuya base es turba, para la producción de cepellones como sustituto del suelo, permitiéndole a la planta buen anclaje, adecuado crecimiento del sistema radicular y mejor desarrollo foliar. La empresa “Los Cinco Elementos” se dedica a la producción, comercialización de cepellones de hortalizas y asistencia técnica; actualmente tienen más de ocho años de experiencia en la utilización de estos sustratos.

El uso de turba en la región del Occidente se ha incrementado dando lugar a que se comercializan varias marcas en presentaciones de 200 L, con precios que oscilan entre Q. 200.00 a Q. 300.00. Los sustratos pueden ser muy variados en cuanto a su estructura y con características muy diferentes en relación con el material o materiales que se empleen en su fabricación, los sustratos son importados de Canadá y países bálticos.

Actualmente, la empresa no tiene información de investigaciones sobre los sustratos cuya base es turba en la producción de cepellones de lechuga tipo Iceberg, en la que se pueda diferenciar la calidad de las plántulas, por tal motivo se realizó una investigación sobre distintos tipos de sustratos comerciales con el fin de determinar el sustrato en el cual se puede producir cepellones de alta calidad. Además, se realizó análisis económico para documentar la inversión en la producción de cepellones, a través de los costos variables de cada sustrato.

La investigación se realizó en el vivero La Rejoya de la empresa “Los Cinco Elementos”, ubicada en el kilómetro 70 de la Carretera Interamericana, municipio de Patzicía, Chimaltenango. Se utilizó el diseño experimental completamente al azar, se evaluaron cinco sustratos y uno de ellos fue el testigo con cuatro repeticiones por tratamiento. Las variables de respuestas fueron emergencia, altura de planta, peso de materia seca de la parte aérea (tallo + hojas) y del sistema radicular, relación tallo/ raíz, grado de compactación, grado de resistencia y calidad de adobe, bajo condiciones a campo abierto.

El sustrato KEK presentó mejor resultado en emergencia con un 98.96 %, seguido del sustrato FAG con el 98.44 % de emergencia, el sustrato con menos respuesta en emergencia fue el sustrato AWT con 93.23 %.

El sustrato TKL presentó mejores resultados en altura, materia seca área foliar y radicular, compactación, resistencia y calidad de adobe en comparación a los sustratos KEK, AWT, RMI y FAG.

En la variable relación tallo/ raíz no hubo diferencia estadística significativa entre los sustratos, sin embargo, los resultados indican que el peso de materia seca aérea supera en contenido a la materia seca del sistema radicular.

Con los resultados de las variables evaluadas y el análisis financiero realizado, se determinó que el sustrato TKL ofrece los mejores resultados y condición económica para la producción de plantas de lechuga Cartagena a campo abierto.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Marco Conceptual

A. Sustrato

El sustrato es un material inerte o cercano a lo inerte, se refiere a todo material, natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezclado, cuya función principal es servir como medio de crecimiento y desarrollo a la planta, permitiendo su anclaje y soporte a través de sistema radical, favoreciendo el suministro de agua, nutrientes y oxígeno (Penningsfeld, 1975).

Entre los productos orgánicos que se usan como sustratos para cultivos, podemos mencionar; la turba, la fibra de coco, el carbón, las bolitas de poliestireno, cáscara de arroz, aserrín, suelo + materia orgánica. Entre los materiales inorgánicos tenemos: la arena, la grava, cascote y piedras partidas, vermiculita, perlita, lana mineral (Penningsfeld, 1975).

El sustrato se utiliza en la agricultura de forma pura o mezclado, funciona como un medio para el almacenamiento de agua, intercambio gaseoso, reservorio de nutrientes, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta en el contenedor (Calderón, 2006).

B. Clasificación de los sustratos

El sustrato puede o no intervenir en el proceso de nutrición de la planta, por lo que se puede clasificar como químicamente activos u orgánicos (turbas, corteza de pino, etc.) o químicamente inertes o inorgánicos (perlita, roca volcánica etc.). Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos; en el cuadro 2 se muestra una clasificación básica siguiendo los criterios de Burés (1997) y Abad y Noguera (1999).

Cuadro 2. Clasificación básica de los materiales usados como sustratos, origen y ejemplos de los tipos de sustratos.

Clasificación	Origen	Ejemplo
1. Material inorgánico (minerales)	1.1. Natural	Arena, roca volcánica etc.
	1.2. Transformados o tratados	Arcilla expandida, perlita, lana de roca, vermiculita etc.
	1.3. Residuos industriales	Escorias de carbón, ladrillo molido etc.
2. Materiales orgánicos	2.1. Natural	Turbas.
	2.2. Síntesis	Espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc.
	2.3. Residuos y subproductos de diferentes actividades de producción y consumo	Residuos sólidos urbanos, cascarilla de arroz, fibra de coco, etc.

Fuente: Abad y Noguera ,1999.

C. Historia del uso de sustratos

La agricultura es muy amplia siempre se desarrolla tecnología para obtener una mayor eficiencia. El progreso del uso de sustratos hortícolas tiene su origen en el cultivo en bandejas o maceta. Desde que se introdujo el cultivo en bandejas, hubo un cambio conceptual con respecto al cultivo tradicional, surgiendo los sustratos, en sus diferentes clasificaciones para sustituir al suelo (Burés, 1997).

En la cultura egipcia, 4000 a.C., se dibujaron murales en el templo de Deir Al Bahariace que muestran el cultivo de árboles en recipientes de madera o piedra. Según Raviv y Leith, (2008); indican que, dadas las condiciones de suelos del lugar, los árboles eran transportados

de su lugar de origen al interior del palacio, por lo que utilizaron posibles medios de crecimiento más ligeros que el suelo, dado que se recorrían grandes distancias.

En general, al cultivo sin suelo, en el que se incluye el uso de los sustratos, se considera como una técnica agronómica amigable con el medio ambiente y con el ser humano, dado que, mediante estos sistemas de producción, además, de obtener altos rendimientos y productos de calidad, se logra un producto sano (Burés, 1997).

D. Ventajas del uso de los sustratos

El uso de sustrato tiene ventajas, una de ellas es el control de plagas y enfermedades en la producción de plantas hortícolas, las cuales son comunes cuando se utiliza suelo como medio de crecimiento (Chávez, 2009). La sobreexplotación del suelo ha llevado a desarrollar tecnología en la producción de plantas en maceta o contenedor por medio de sustratos orgánicos.

Los sustratos orgánicos tienen propiedades adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas, tales como la reducción del tamaño de partícula, la cual permiten una mayor retención del agua por el sustrato, el incremento de la capacidad de intercambio catiónico y mejora la capacidad de aireación, que son características que dependerán de la naturaleza de los materiales (Acevedo y Pire, 2007). En el cuadro 3 se muestra las ventajas y desventajas del sustrato a base de turba y local.

Cuadro 3. Ventajas y desventajas de los diferentes sustratos.

Turba Sphagnum		Sustratos locales*	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Estériles	Caro (Q. 0.016 a Q. 0.064/planta)	Barato (Q. 0.00080 a Q. 0.0032/planta)	No es estéril
Excelente aireación	Difícil accesibilidad a veces	Nula o muy baja	Mayor irregularidad en las características físicas
Buena retención de agua		Fácil accesibilidad	Se requiere de conocimiento y destreza
Buena retención de agua		Buen drenaje	
Buen drenaje			
Intercambio catiónico medio			

Nota: Sustratos locales; hojarasca de bosque, aserrín, cascarilla de arroz, etc. Fuente: Lardizábal y Medlicott, 2010.

E. Propiedades de los sustratos

La primera etapa de la aplicación de un sustrato de cultivo sin suelo es la caracterización de este objetivo de conocer sus propiedades físicas, químicas y biológicas; las propiedades de los materiales son factores limitantes que determinan el manejo posterior del sustrato (contenedor, riego y fertilización) (Cadahia, 2000).

Gallo y Viana (2005); mencionan que para que un sustrato se comporte de manera adecuada, con propiedades físicas y químicas óptimas, es necesario que tenga un correcto reparto y composición de las fases sólidas, líquida y gaseosa. Es necesario que el sustrato combine propiedades físicas y químicas favorables manteniéndose inalteradas.

F. Propiedades físicas de los sustratos

Según Nuez (2001); las propiedades físicas de los medios de cultivo son de importancia. Una vez que el medio esté en el contenedor, y la planta esté creciendo en él, no es posible modificar las características físicas básicas de dicho medio.

Las propiedades físicas están fuertemente ligadas al tipo de material y lo constituyen la porosidad, la densidad aparente y la relación sólido-agua-aire; éstas a su vez influyen directamente sobre la capacidad de retención humedad de cada sustrato (Abad y Noguera, 1999).

a. Densidad aparente

La densidad aparente del sustrato se define como la relación entre la masa del material seco y el volumen ocupado, incluido el espacio de poros intermedio. Los valores óptimos deben ser inferiores a 0.40 g/cm^3 (Martínez y Roca, 2011).

La densidad aparente juega un papel preponderante ya que los sustratos y los contenedores se transportan durante su manejo y manipulación, y, como consecuencia, su peso ha de ser considerado. (Abad y Noguera, 1999).

b. Densidad real

La densidad real expresa la relación entre la masa del sustrato seco y el volumen real ocupado por las partículas, sin incluir el espacio de poroso intermedio. La densidad real de los materiales orgánicos es de aproximadamente 1.45 g/cm^3 y la de los minerales se sitúan alrededor de 2.65 g/cm^3 (Martínez y Roca, 2011).

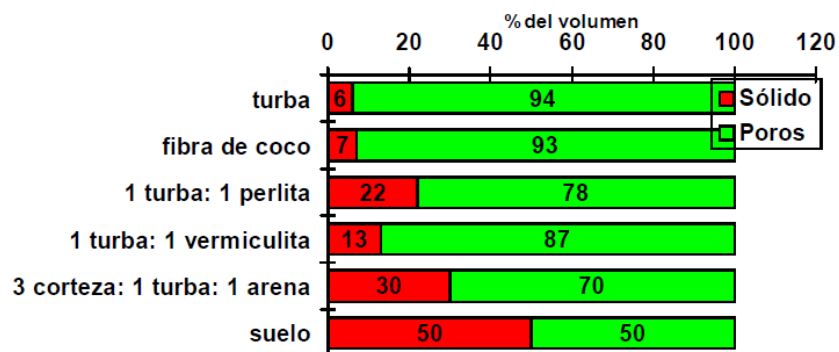
c. Granulometría

La granulometría se define como la repartición de tamaño de las partículas que conforman un sustrato, las partículas de los sustratos no presentan un tamaño único ni es esférica, lo que establece que la porosidad aumenta a medida que lo hace el tamaño medio de la partícula y viceversa (Díaz, 2004).

d. Porosidad

La porosidad es el volumen total de un sustrato no ocupado por partículas sólidas, y por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción; esta característica tiene una influencia marcada sobre la retención de agua y nutrientes. Su nivel óptimo se sitúa por encima del 85 % del volumen del sustrato (Abad et al, 1999).

En la figura 6 se muestra los tipos de sustratos y mezcla entre sustratos en relación con la porosidad de cada sustrato.



Fuente: Nelson, 1991.

Figura 6. Mezclas de sustratos y su relación de porosidad total y sólido.

e. Capacidad de aireación

Se define como la proporción del volumen del sustrato que contiene aire después de que dicho sustrato ha sido saturado con agua y dejado drenar, usualmente a 10 cm de tensión de columna de agua (c. a.). El nivel óptimo de la capacidad de aireación oscila entre el 20 % y el 30 % en volumen (Abad, 1999). La distribución del tamaño de los poros es el factor clave en el estado hídrico y aéreo de los sustratos (Cadahia, 2000).

f. Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua es la proporción o porcentaje de espacio poroso de un sustrato que se llena de agua después de que el sustrato ha sido saturado y drenado. Su valor óptimo se sitúa entre 20 % y 60 % en volumen (Cadahia, 2000). Cuando más baja es la capacidad de retención de agua de un sustrato habrá menos agua disponible para las plantas y se necesitarán realizar riego de forma más frecuente.

G. Propiedades químicas

Las propiedades químicas de un sustrato se definen como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta difusión es mutua entre sustrato y la solución de nutriente, que puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza.

Según Gallo y Viana (2005); mencionan que las propiedades químicas más importantes de los materiales que componen un medio de crecimiento son: capacidad de intercambio catiónico, salinidad, pH y relación carbono/nitrógeno.

a. Capacidad de intercambio catiónico

Se define como la suma de los cationes cambiables que pueden ser adsorbidos por unidad de peso (o de volumen) del sustrato; dichos cationes quedan así retenidos frente al efecto lixivante del agua y están usualmente disponibles para la planta. En el caso de los sustratos es interesante una alta CIC que garantice que los fertilizantes añadidos al sustrato van a ser retenidos y puestos gradualmente a disposición de las raíces, evitando pérdidas por lavados. Se considera que la CIC tiene un nivel medio cuando esta entre 75 meq/100g y 100 meq/100g y en cualquier manera conviene que sea superior a 20 meq/100g. Cuando mayor sea su valor, con menos frecuencia sea necesario aportar fertilizantes en el riego (Martínez y Roca, 2011).

b. Salinidad

Se refiere a la concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato (Cadahia, 2000). Las fases de germinación y crecimiento inicial son más sensibles a las sales que las fases de crecimiento posterior y desarrollo. El efecto más común de la salinidad es un retraso general en el crecimiento de la planta, aunque no todas las partes de la planta son afectadas igualmente, el crecimiento aéreo muy a menudo se suspende más que el crecimiento de la raíz (Gallo y Viana 2005). En el cuadro 4 se muestra la interpretación de los niveles de salinidad de un sustrato de cultivo.

Cuadro 4. Interpretación de los niveles de la salinidad de un sustrato de cultivo, expresada como la conductividad eléctrica del extracto de saturación.

Salinidad (extracto de saturación; dS/m)	Interpretación
< 0.74	Muy baja.
0.75 – 1.99	Adecuada para plántulas y sustratos ricos en materia orgánica. Demasiado baja si el sustrato es pobre en materia orgánica.
2.00 – 3.49	Satisfactoria para la mayoría de las plantas. Reducción del crecimiento de algunas especies sensibles.
3.5 – 5.0	Ligeramente elevada para la mayoría de las plantas. Adecuada únicamente para especies vigorosas.
>5	Reducción del crecimiento, plantas enanas, marchitamiento y quemadura de los bordes de la hoja.

Fuente: Bunt, 1988.

c. pH

Las plantas pueden sobrevivir en un amplio intervalo de pH del sustrato sin sufrir desordenes fisiológicos aparentes, siempre y cuando todos los nutrientes se suministren en forma asimilable. No obstante, el crecimiento y el desarrollo de las plantas se ven reducidos de modo marcado en condiciones de acidez o alcalinidad extremas. El pH ejerce sus efectos principales sobre la asimilación de los nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica (Cadahia, 2000)

Los requerimientos de la planta y la disponibilidad de nutrientes marcan la necesidad de pH para el medio de cultivo, con tendencia mayoritaria a valores ligeramente ácidos. (Masaguer, 2006). El nivel óptimo pH en el cultivo sin suelo de hortalizas se encuentra entre 5.5 - 6.8 (Escudero, 1993).

El pH de sustratos de crecimiento afecta la disponibilidad de nutrientes, especialmente micronutrientes; la conductividad eléctrica es una medida de la concentración de sales disueltas en un sustrato de crecimiento; los valores de CE proveen una idea de la cantidad de fertilizante que se encuentra disponible en el medio para el crecimiento de las plantas o indica si existe acumulación de sales en el mismo (Torres, 2001).

d. Relación carbono/nitrógeno

La relación C/N se usa tradicionalmente como un indicio del origen de la materia orgánica, de su madurez y de su estabilidad; es decir esta relación permite conocer el grado de estabilización de las mezclas compostados. Los daños que aparecen sobre las plantas cultivadas en materiales orgánicos inmaduros, son debidos tanto a una inmovilización del nitrógeno como a una baja disponibilidad del oxígeno en la rizosfera.

Esta situación está provocada por la actividad de los microorganismos, que descomponen los materiales orgánicos frescos y utilizan el nitrógeno para la síntesis de sus proteínas celulares. El oxígeno es también consumido por la población microbiana (Cadahia, 2000). Una relación C/N entre 20 y 40 es considerada como óptima para el cultivo en sustrato, y es un indicio de un material orgánico maduro y estable (Abad, 1995).

H. Propiedades que deben tener los sustratos

Para obtener buenos resultados durante el proceso de producción de cepellones desde la germinación, enraizamiento y crecimiento de las plántulas, los sustratos deben mostrar propiedades físicas como: elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible, suficiente suministro de aire, distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones antes mencionadas, baja densidad aparente y elevada porosidad total (Raviv 1986 y Abad 1995). En el cuadro 5 se muestran las propiedades físicas y químicas de un sustrato.

Cuadro 5. Niveles óptimos en las propiedades físicas y químicas de un sustrato.

Propiedad	Rango de valores
Tamaño de partícula (mm)	0.25- 2.50
Densidad aparente (g/cm ³)	<0.4
Densidad real (g/cm ³)	1.45-2.65
Espacio poroso total (% vol)	>85
Capacidad de aireación (% vol)	10-30
Capacidad de retención de agua (% vol)	20-60
Agua fácilmente disponible (% vol)	20-30
Agua de reserva (% vol)	4-10
Agua total disponible (% vol)	24-40
pH (extr. Saturación)	5.2-6.5
Conductividad eléctrica (dS/m)	0.75-3.5
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g):	
- Fertirriego permanente	Nula o muy baja
- Fertirriego ocasional	<20

Fuente: De Boodt, 1974, 1975; Bunt, 1988; Abad et al., 1995; Baudoin, 2002.

I. La turba como componente principal de sustratos

Las turbas son fundamentalmente vegetales fosilizados. Penningsfeld y Kurzmann (1975) han definido la turba como la forma disgregada de la vegetación de un pantano, descompuesta de modo incompleto a causa del exceso de agua y la falta de oxígeno, que se va depositando con el transcurso del tiempo, lo que favorece la formación de estratos más o menos densos de materia orgánica. Strasburger et al. (1986) señala que este material orgánico de origen natural está formado por restos de musgos y de otras plantas superiores, que se hallan en proceso de carbonización lenta, fuera del contacto con el oxígeno, por lo que se conserva en un lapso de tiempo su estructura anatómica.

J. Características de sustratos cuya base es turba

El sustrato derivado de turbas está formado por fibras inertes de musgo *Sphagnum sp.*, descompuestas en turberas. El *Sphagnum*, es un género entre 150 - 350 de especies de musgos comúnmente llamados musgos de turbera (peat moss). Las especies de este género pueden retener grandes cantidades de agua dentro de sus células. El *Sphagnum* es un tipo de musgo con una alta porosidad, por lo que tiene gran capacidad para absorber y retener agua, puede almacenar hasta 20 veces su volumen en agua (Strasburger, 2004)

El *Sphagnum* consta de un tallo con fascículos de siete a ocho ramas, de las cuales, dos o tres son extendidas y el resto colgantes. Estos musgos crecen en diferentes lugares del mundo, como el archipiélago de Svalbard, Nueva Zelanda, Chile, Tasmania y Argentina (Sánchez, 2013). En el cuadro 6 se muestran las propiedades físicas de las turbas que influyen en la composición botánica y el grado de descomposición y el cuadro 7 se muestra las propiedades químicas de las turbas que influyen en la composición botánica y el grado de descomposición.

Cuadro 6. Propiedades físicas de las turbas. Influencia de la composición botánica y el grado de descomposición.

Propiedad	Turba	
	<i>Sphagnum rubia</i>	<i>Sphagnum negra</i>
Índice de grosor (%)	46	42
Densidad aparente (g/cm ³)	0.07	0.14
Espacio poroso total (% vol.)	96	91
Capacidad de aireación (% vol.)	41	18
Agua fácilmente disponible (% vol.)	25	28
Agua de reserva (% vol.)	6	7
Agua total disponible (% vol.)	31	35
Agua difícilmente disponible (% vol.)	24	38
Capacidad de retención de agua (ml/l)	687	804
Mojabilidad (min.)	17	3
Contracción (% vol.)	22	34

Fuente: Abad et al., 1995.

Cuadro 7. Propiedades químicas de las turbas. Influencia de la composición botánica y el grado de descomposición.

Propiedad	Turba	
	<i>Sphagnum rubia</i>	<i>Sphagnum negra</i>
Conductividad eléctrica (extracto de saturación; dS/m)	0.4	0.6
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 g)	99	139
Materia orgánica (%)	98	97
Cenizas (%)	2	3
Nutrientes asimilables (extracto de saturación; ppm):		
N-NO ³⁻	4	14
P	0.5	0.6
K ⁺	17	36
Ca ²⁺	16	13
Mg ²⁺	9	16

Fuente: Abad et al., 1995.

K. Producción de cepellones de hortalizas

Hasta hace algunos años, las plántulas se producían en almácigos al aire libre, trasplantándolas a raíz desnuda con la consiguiente pérdida de plantas tanto en el almácigo como en el trasplante. Esto debido principalmente al daño causado a las raíces durante la extracción de las plántulas desde el suelo, más el ingreso de patógenos a través de estas heridas.

La utilización de híbridos de alto costo ha traído consigo la especialización, el mejoramiento y la tecnificación de los almácigos, en los que se aprovecha al máximo la semilla y se consigue mayor defensa contra plagas y enfermedades. Permite, además, una mejor adaptación al medio donde se va a cultivar y la máxima mecanización del cultivo. Es así como las empresas dedicadas a la producción de plántulas siembran la semilla en forma individual, de modo de economizar y hacer un mejor aprovechamiento del espacio y de la semilla.

La producción plántulas de buena calidad es básica si se aspira un buen rendimiento final de la lechuga, por lo que es necesario seguir un proceso de producción (Lardizabal y Medlicott, 2010).

Las ventajas que se tiene en la producción de cepellones de hortaliza son la siguiente: un estrés mínimo en el trasplante, mejor sanidad de la plántula, uso óptimo de la semilla, se controlan mejor las condiciones ambientales, adaptación al momento del trasplante y permite trasplantar todo el día.

Las desventajas en la producción de cepellones es que se requiere mayor inversión inicial, más sensible al manejo, requiere mayor conocimiento por el personal a cargo.

Actualmente existe una diversidad de empresas a nivel mundial, que ofrecen una diversidad de cepellones de hortalizas, esto incentivado por el incremento en la producción hortícola, lo cual ejerce una alta competitividad entre las empresas productoras de cepellones, por lo que los costos de producción deben minimizarse.

L. La Lechuga (*Lactuca sativa* L.)

La lechuga es una planta anual propia de las regiones semitempladas, que se cultiva con fines alimentarios. El cultivo de la lechuga se remonta a una antigüedad de 2500 años, siendo conocida por griegos y romanos. Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hoja suelta, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI (Barrios, 2004).

La lechuga (*Lactuca sativa* L.), es una planta anual de la familia de las Asteraceae. La duración del cultivo suele ser de 50 a 60 días para las variedades tempranas y de 70 - 80 días para las tardías, como término medio, desde la plantación hasta la cosecha (Barrios, 2004).

M. Características la de lechuga

El nombre genérico *Lactuca* procede del latín lactis (leche) en referencia al líquido lechoso que es la savia que exudan los tallos de esta planta al ser cortados. Es una planta con raíz pivotante y ramificada de unos 25 cm. El crecimiento se desarrolla en roseta; las hojas se disponen alrededor de un tallo central, corto y cilíndrico que gradualmente se va alargando para producir las inflorescencias, formadas por capítulos de color amarillo (parecidos al diente de león), reunidos en corimbos. Según las variedades los bordes de las hojas pueden ser lisos, ondulados o aserrados (Barrios, 2004).

La lechuga tipo iceberg, en su inicio forma de disco, del que surgen las hojas formando rosetas que posteriormente se acogollan. Las lechugas tipo Iceberg forman cogollos esféricos parecida a la col Barrios, 2004).

N. Proceso y condiciones de germinación de las semillas de lechuga

Para que la germinación sea uniforme, las bandejas ya sembradas se introducen en la cámara de germinación. La cámara de germinación es un cuarto equipado con control de humedad y temperatura, el objetivo de las cámaras de germinación es que el medio no pierda humedad y poco movimiento del aire y así se evita que pierda la humedad.

Al impedir que pierda humedad favorece a que el sustrato reduzca su temperatura por evaporación, lo cual ayuda a mantener temperaturas de germinación de 25 °C y una humedad del 75 %. Ryder (1999) menciona que, la temperatura para una buena uniformidad en la germinación oscila en un rango de 18 °C a 21 °C o 25 °C.

El proceso de germinación inicia justo cuando las semillas embeben agua, se hinchan e inician las reacciones del proceso de germinación hasta la emergencia de la radícula. La semilla de lechuga en óptimas condiciones germina en un periodo de tres a cuatro días y para el trasplante 30 días después de la siembra. Durante este periodo, las bandejas deben estar apiladas en estibas dentro de un cuarto o dentro del invernadero: pueden estar tapadas con plástico. Es importante tomar tres días de incubación para extenderlas en las camas o tarimas; de lo contrario, por falta de luz, puede ocurrir etiolación (Cadahia, 2000).

O. Crecimiento y desarrollo inicial de cepellones de lechuga

Las plántulas de lechuga en su etapa inicial requieren alta intensidad lumínica para un mejor desarrollo foliar, peso y calidad, con una baja radiación solar y alta nubosidad las hojas son más delgadas y menos compactas, disminuyendo la calidad de las plántulas al momento del trasplante al campo (Saavedra 2017).

La producción de plántulas de lechuga en condiciones ambientales desfavorables de baja intensidad lumínica y altas temperaturas presenta elongación celular, promoviendo el alargamiento del tallo. Las plántulas aptas para el trasplante deben presentar resistencia a la manipulación, una altura de ocho centímetros con cuatro a seis hojas verdaderas, un cepellón bien estructurado que contribuya a una fácil adaptación al trasplante (Saavedra 2017).

P. Análisis de presupuestos parciales

Un presupuesto parcial es un formato para planificación y toma de decisiones que se utiliza para comparar los costos y beneficios de las alternativas que enfrenta un negocio agrícola. Se concentra únicamente en los cambios de los ingresos y gastos que se derivarían de la implementación de una alternativa específica. Todos los aspectos de las ganancias agrícolas que no hayan sido modificados por la decisión pueden ser ignorados con certeza.

El presupuesto parcial permite entender mejor cómo una decisión afectará a la rentabilidad. Estos son los costos que permiten diferenciar un tratamiento del otro, y se denominan “Costos que varían”, y se llaman así porque varían de un tratamiento a otro. El resto de los costos no se ven afectados por la decisión de usar un tratamiento en particular, y permanecen constantes. Por esta razón se denominan costos fijos (Reyes, 2001).

2.2.2. Marco Referencial

A. Ubicación y localización geográfica del área experimental

La empresa “Los Cinco Elementos” se encuentra en Patzicía, Chimaltenango, se localiza a una distancia de 16 km de la cabecera departamental Chimaltenango sobre la ruta Nacional 1, por la carretera Interamericana CA-1 en dirección noreste a la altura del kilómetro 68 desde la ciudad capital (SEGEPLAN, 2010).

La fase experimental se realizó en vivero del sector La Rejoya, específicamente en las coordenadas 14°39'01' N y 90°55'41' W a una altura de 2,103 m s.n.m. (Google Earth, 2020).

B. Condiciones climáticas

Según De la Cruz (1982), basado en el método de Holdridge reporta que esta área pertenece a la zona de vida (bh-MB-(s)) Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical, con una humedad relativa promedio del 80 % (Cruz 1982). El régimen de lluvias aproximado es de 2,065 mm a 3,900 mm por año, con un promedio de 2,730 mm; las temperaturas oscilan entre los 15 °C a 23 °C, con una temperatura media anual de 18.90 °C, la evapotranspiración estimada es de 0.35.

C. Calidad de adobe

La calidad de adobe se entiende el agregado que forman las raíces de la planta con el sustrato y para que sea considerado como apropiado debe permitir un buen desarrollo radical, mantener la integridad de las raíces y su fácil extracción de la celda, sin dañar la plántula al tirar de la base del tallo (Cadahia, 2000).

D. Investigaciones relacionadas

Barales García (2016) evaluó seis sustratos tipo peat moss y su efecto en la germinación y desarrollo fisiológico de cepellones de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.), en los viveros de Súper Pílon, S.A.; el Tejar, Chimaltenango.

En el ensayo se evaluaron seis sustratos tipo peat-moss de diferentes casas comerciales (T1) TS1 Klasmann, (T2) TS Steckmedium Klasmann, (T3) Germinated mix, (T4) Florava, (T5) Berger BM2 Y (T6) BalticPeat. Las variables medidas fueron: porcentaje de germinación, altura de planta, grosor de tallo, elongación de hipocotíleo y rendimiento.

Los resultados obtenidos de las variables evaluadas y el análisis financiero realizado, mostraron que el sustrato TS1 Klasmann (TS1) ofrece las mejores condiciones económicas para la producción de plantas de tomate bajo invernadero. Presento un beneficio neto de Q. 144.24 en la producción de mil cepellones y retorno de Q. 0.48 centavos por cada quetzal invertido.

Quesada y Méndez, (2005), realizaron una evaluación agronómica de almácigos de hortalizas (tomate, pepino, lechuga y brócoli) establecidos en diferentes sustratos, en Alajuela, Costa Rica, bajo condiciones de invernadero. Se evaluaron variables de vigor en germinación, desarrollo de planta y calidad de adobe.

El abono orgánico que se utilizó fue de la marca Juan Viña; los sustratos que permitieron el mejor desarrollo de las plantas en los cultivos de brócoli, pepino y tomate fueron abono orgánico; lombricompost, abono orgánico más granza y abono orgánico más granza. Los sustratos aserrín de melina madurado, suelo, granza y *peat moss* con perlita fueron los mejores medios para almácigos de lechuga.

Se observó además en los sustratos abono orgánico más aserrín de melina madurado más granza; bagazo más aserrín de melina madurado más abono orgánico; y aserrín de melina madurado más fibra de coco más ceniza, una excelente calidad de adobe, aunque un desarrollo de la planta no tan vigoroso.

Los sustratos “tierra fermentada”; fibra de coco; sustrato comercial 2; y bagazo más fibra de coco más piedra pómez fueron los que más limitaron el establecimiento de las plantas de almácigo. Marchorro Ponce (1,999) evaluó siete sustratos para el trasplante en cepellón de lechuga (*Lactuca sativa* variedad Salinas), siendo estos, diferentes combinaciones de suelo, gallinaza deshidratada, arena pómez, bagazo de caña, y fibra de maguey, presentando los mejores resultados la combinación de tierra, gallinaza deshidratada, fibra de maguey y bagazo de caña en proporciones 1:1:1:1.

También, materiales como cascarilla de arroz, arena de río, arena pómez, suelo, compost, y broza, fueron evaluados como sustratos para la producción de plántulas de brócoli (*Brasica oleracea* var. *Itálica*) en cepellón por Gonzales Sotz (2,004) según los resultados obtenidos el mejor sustrato de la combinación de suelo, compost, arena de río en la relación 2:1:1 utilizando como testigo al sustrato comercial Mix 3 (a base de turba).

E. Características físicas y químicas de los sustratos evaluados

A continuación, se presenta información sobre las propiedades físicas y químicas de los sustratos. En el cuadro 8, se presenta un resumen de las características fisicoquímicas de los cinco sustratos evaluados, la información se obtuvo de fichas técnicas de cada sustrato y del laboratorio de suelos-planta-agua “Salvador Castillo Orellana” mostrado en la figura 15A, todos los sustratos son de turba rubia con contenidos de fertilizantes NPK y micro elementos, para el crecimiento y el desarrollo de la planta.

Cuadro 8. Características fisicoquímicas de los cinco sustratos cuya base es turba empleados en la evaluación en el vivero de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango 2020.

Características	Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5 (Testigo)	Referencias
	Código de sustratos	TKL	KEK	AWT	RMI	FAG	
Volumen/paca	Litros (L)	200	300	250	300	250	
Propiedades físicas							
Densidad aparente seca	g/ml	0.1	0.09	0.125	0.09	0.09	0.2 g/ml (Abad, 1995), < 0.4 g/ml (García 2006), 0.07 g/ml (Abad et al., 1995).
Granulometría	Mm	0-5	0-6	0-5	0-10	0-7	Se considera gruesos los de partículas mayores de 0.9mm. Abad et al. (1995).
Capacidad de retención de agua	%	80	60	63	86	82	20 % - 30 % (Abad, 1995), 20 % - 30 % (García 2006), <50 % (Abad et al, 1999).
Capacidad de aireación	%	10	30	35	4	12	20 % - 30 % (Abad et al., 1995), 10 % - 30 % (García 2006).
Porosidad	%	85	90	96	90	94	96 % Abad et al. (1995), 80 % - 85 % (Gallo y Viana, 2005)., 85 % (Abad et al, 1999).
Propiedades químicas							
pH		5.5	5.5	5.8	5.5	5.6	5.3 - 6.5 (Abad et al., 2001), 5.2-6.3 (Bunt, 1988), 6 y 7 (Abad et al., 1999)
Conductividad eléctrica	mS/m	35	32	45	80	38	50 mS/m (Abad et al, 2001), 40 mS/m (Abad et al, 1995), 35 mS/m (Bunt, 1988).
Fertilizante mg/l	Nitrógeno (N)	140	160	140	120	140	
	Fosforo (P)	100	50	150	140	80	
	Potasio (K)	140	260	220	240	190	
	Magnesio (Mg)	100		100	23	50	
Micro elementos	*	*	*	*	*	*	

Nota: Todos los sustratos evaluados son de turba rubia Sphagnum y su procedencia es de Europa. Fuente: elaboración propia, 2020.

F. Propiedades físicas

Los cinco sustratos evaluados presentan densidades aparentes que se encuentra en los rangos de 0.09 g/ml - 0.12 g/ml, en el caso del sustrato TKL 0.1 g/ml, KEK 0.09 g/ml, AWT 0.125 g/ml, RMI 0.09 g/ml y FAG 0.09 g/ml. La densidad aparente de los sustratos con valores inferiores a 0.20 g/ml se consideran como ideales, del mismo modo (Abad et al., 1995) establece que bajo condiciones de invernadero donde el viento no es un factor limitante la densidad aparente puede ser tan baja como 0.15 g/ml.

La capacidad de aireación de los sustratos utilizados en esta investigación en el caso de TKL 10 %, KEK 30 %, 35 %, RMI 4 % y AWT 12 % respectivamente. Abad et al., (1995) menciona que el valor para la capacidad de aireación en los sustratos oscila entre el 20 % y 30 %.

El sustrato TKL con una porosidad de 85 % coincide con lo establecido por Abad et al., (1999). Según Abad et al., (1995) establece un rango de 96 % que coincide con el sustrato AWT con una porosidad de 96 %, y los demás sustratos evaluados se encuentran en dichos rangos. La porosidad es una de las propiedades físicas de importancia, influye en el desarrollo radical de las plántulas que existe una relación directamente proporcional entre la proliferación de raíces y la porosidad del sustrato (Quesada y Méndez 2005).

Según Abad et al, (1999) consideran que aquellos sustratos que presenten al menos un 50 % de capacidad de retención de agua son adecuados para la producción de cepellones, en el caso de los sustratos utilizados en la investigación todos presentan un adecuado porcentaje de capacidad de retención, como se muestra en el cuadro 8. Según Abad (1995), menciona que el valor ideal para la capacidad de retención de agua oscila entre el 50 % y 70 %.

A pesar de que las propiedades de densidad aparente, porosidad y retención de humedad interactúan para dar un resultado físico, no se encuentra una relación proporcional directa o indirecta al analizar las variables independientemente (Quesada y Méndez 2005). Es decir,

un mayor porcentaje de porosidad no representa necesariamente una menor retención de humedad o una menor densidad de masa.

G. Propiedades químicas

Desde el punto de vista químico, el sustrato debería ser químicamente inactivo, es decir; no debe adsorber ni suministrar ningún elemento nutritivo, puesto que esto representa una alteración en la fertilización que se aplica. Dentro del análisis químico, tanto el pH como la conductividad eléctrica son de suma importancia ya que son los que más influyen sobre el ambiente radicular (rizosfera) donde se desarrollan las raíces de las plántulas (Quesada y Méndez 2005).

La mayor parte de los cultivos hortícolas requieren un pH entre 6 y 7; según Abad et al., (1999) recomiendan un pH de 5.3- 6.5 para la producción de almácigos hortícolas; todos los sustratos evaluados en esta investigación presentan un valor de pH aceptable que varía de 5.5-5.8 como se muestra en el cuadro 8.

Con relación a la conductividad eléctrica mostrada en el cuadro 8, según Abad et al. (1995), considera que valores superiores a 40 mS/m son excesivos; provoca retraso general en el crecimiento de la planta, aunque no todas las partes de la planta son afectadas igualmente, el crecimiento aéreo muy a menudo se suspende más que el crecimiento de la raíz (Gallo y Viana 2005). Los sustratos utilizados en esta investigación presentan valores diferentes como se muestra en el cuadro 8, siendo el sustrato AWT el que presenta un valor muy alto de 80 mS/m.

Cuando se utiliza un nuevo sustrato, no se debe omitir en contenido nutricional, ya que puede existir una deficiencia nutricional que se puede corregir mediante ajustes en la fertilización. De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio de suelos-planta-agua “Salvador Castillo Orellana” mostrado en la figura 20A, y con los datos obtenidos de las fichas técnicas de cada sustrato evaluado que se encuentra en el cuadro 8, se puede observar que los contenidos nutricionales son muy similares.

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de cinco sustratos comerciales, cuya base es turba, para determinar cuál es el mejor con base a la calidad del cepellón de lechuga (*Lactuca sativa* L.) tipo Iceberg, variedad Cartagena en la empresa "Los Cinco Elementos" en Patzicía, Chimaltenango.

2.3.2. Objetivos específicos

1. Identificar el sustrato más adecuado para la producción de cepellones de lechuga con base a las variables emergencia, altura de planta, relación tallo/raíz, compactación, resistencia y calidad de adobe.
2. Realizar análisis económico, por medio de presupuestos parciales, para identificar el sustrato que muestre la mejor ventaja económica.

2.4. HIPÓTESIS

En el sustrato comercial AWT se producirán cepellones de lechuga de la variedad Cartagena de mayor calidad en comparación con los otros sustratos que se evaluarán.

2.5. METODOLOGÍA

2.5.1. Tratamientos evaluados

Se evaluaron cinco sustratos, uno de los sustratos, el que utiliza la empresa, se utilizó como testigo. Cuando se realizó la investigación se asignaron códigos a cada uno de los sustratos para facilitar la tabulación de los datos. En el cuadro 9 se muestran los tratamientos evaluados.

Cuadro 9. Tratamientos (sustratos) evaluados en la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

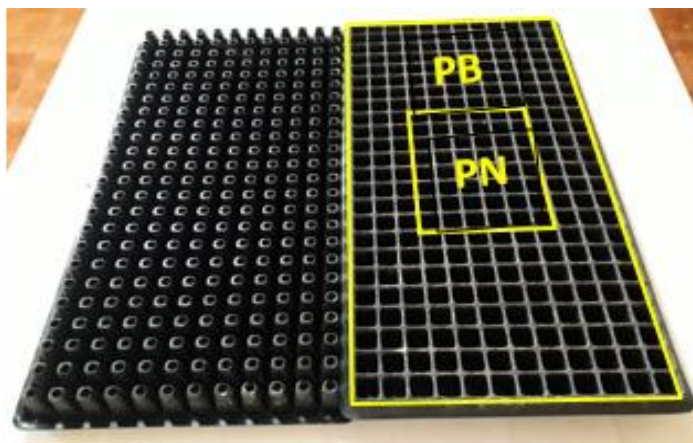
Tratamiento	Código de sustratos
A	TKL
B	KEK
C	AWT
D	RMI
E	FAG (testigo)

Fuente: elaboración propia, 2020.

2.5.2. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo conformada por una bandeja de plástico de 288 celdas. Se consideró un efecto borde entre las unidades experimentales, la parcela neta estuvo constituida por 48 cepellones de lechuga en el centro de la bandeja.

En la figura 7 se observa cómo estuvo delimitada la parcela neta (PN) y la parcela bruta (PB).



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 7. Delimitación de la parcela neta y parcela bruta, para la evaluación de cuatro sustratos comerciales en la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

2.5.3. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar y 4 repeticiones, constituyendo así 20 unidades experimentales.

2.5.4. Cálculo de repeticiones

Debido a que se utilizó el diseño experimental completamente al azar, se determinaron las repeticiones con la formula $T*(R-1) = 12$ que corresponde a dicho diseño y tomando en cuenta que son 5 tratamientos evaluados.

Grados de libertad= 12.

$R = 3.4 \approx 4$.

$T*(R-1) = 12$.

En donde:

$5*(R-1) = 12$.

T: Número de tratamientos.

$5*R-5 = 12$.

R: Número de repeticiones.

2.5.5. Distribución de las unidades experimentales

La aleatorización de las unidades experimentales de la investigación se realizó haciendo uso de una calculadora y con la función Ran# se distribuyeron al azar, para ello se consideró que el ancho de una tarima ocupa 5 bandejas.

En la figura 8 se muestran la aleatorización de las unidades experimentales de la investigación.

AWT4	FAG4	RMI4	AWT3	KEK1
TKL3	KEK3	FAG2	RMI2	AWT1
RMI1	KEK4	RMI3	TKL1	TKL4
FAG1	AWT2	FAG3	KEKE2	TKL2



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 8. Distribución aleatoria, tratamiento y repeticiones en la evaluación de cinco sustratos comerciales en la producción de plántulas de lechuga Cartagena, en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

2.5.6. Modelo estadístico

El modelo asociado al diseño experimental completamente al azar es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Representa el efecto diferentes sustratos comerciales en la producción de cepellones de lechuga.

μ = Representa la media general de los diferentes sustratos comerciales en la producción de cepellones de lechuga.

T_i = Representa el efecto de los diferentes sustratos comerciales, porcentaje de emergencia, altura de la planta, relación tallo raíz.

E_{ij} = representa el error estándar del enésimo-tratamiento de los sustratos comerciales en relación con la calidad en la producción de cepellones de lechuga (López y González 2016).

2.5.7. Variables de respuesta

Los datos se obtuvieron de las 48 plántulas de la parcela neta de cada unidad experimental.

A. Porcentaje de emergencia

Se realizaron dos conteos de las plántulas emergidas, siendo estas a los 7 y 10 días después de la siembra de semilla, posteriormente se determinó el porcentaje de emergencia utilizando la fórmula siguiente:

$$\%E = \frac{NPE * 100}{NTS}$$

$\%E$ = Porcentaje de emergencia.

NPE = Número de plantas emergidas.

NTS = Número total de semillas sembradas.

B. Altura de la plántula

La altura de las plántulas se midió desde la base del tallo hasta ápice de las hojas verdaderas que predominaron, esto se realizó a los 33 días después de la siembra (DDS), para ello se utilizó una regla graduada en centímetros y milímetros; y registrando los datos en una plantilla, en el cuadro 29A.

C. Peso de materia seca de la parte aérea (tallo+ hojas) y del sistema radicular

Como primer paso se determinó el peso fresco de área foliar y del sistema radicular al tiempo de cosecha (33 DDS) haciendo uso de una balanza analítica. Para determinar el peso fresco de la raíz, se desechó el sustrato con la ayuda de agua y posteriormente se secó con papel absorbente. El área foliar y el sistema radicular se pesaron por separado únicamente con la finalidad de enviarlos al laboratorio por separado para obtener la relación tallo-raíz con base en la materia seca.

En el laboratorio se utilizó un horno, en el cual se secaron las muestras a 84 °C durante 24 hr consecutivamente se pesó en una balanza analítica, se anotaron los datos, después se introdujeron de nuevo al horno por una hora más y se pasaron nuevamente, si el peso no variaba se registró el dato de la muestra, pero si se observaba variación en el peso se introdujo las muestras de nuevo al horno por otra hora hasta que no se mostraron cambios en el peso. Todas las muestras de las unidades experimentales fueron enviadas en un sobre de papel para facilitar el secado, la manipulación y su identificación.

D. Relación tallo-raíz

La relación tallo/raíz se calculó con base a los datos de peso seco de los componentes del tallo y de la raíz de la plántula.

E. Grado de compactación del cepellón

Para el grado de compactación del cepellón se determinó por medio de la observación de la capacidad del sistema de radicular de retener el sustrato al momento de la cosecha (33 DDS), antes de realizar la prueba se verificó que el sustrato de los cepellones se encontraba a capacidad de campo. En el cuadro 10 se describen tres categorías de compactación siendo éstas bueno, regular y malo que se utilizaron, también expresados en porcentajes de 100 %, 75 % y 50 % respectivamente.

F. Grado de resistencia del cepellón (%)

El grado de resistencia del cepellón se evaluó con base al grado de resistencia al golpe del sistema sustrato-raíz, al iniciar esta prueba los cepellones deben estar a capacidad de campo; se determinó dejando caer el cepellón de una altura de 1 m del suelo en una superficie plana, se observó el porcentaje de cepellón que mantuvo su forma, el grado de resistencia fue determinado con base en los criterios que se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10. Categorías para establecer el grado de compactación y resistencia del cepellón de cinco sustratos comerciales en la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Categoría	Descripción
Bueno	Al extraer el cepellón de la bandeja y/o dejarlo caer no se desmorona (se mantiene el 100 %).
Regular	Al extraer el cepellón de la bandeja y/o dejarlo caer se mantiene un 75 %.
Mala	Al extraer el cepellón de la bandeja y/o dejarlo caer se mantiene menos del 50 %.

Fuente: Rigoberto Picón, 2013.

G. Calidad del adobe

La calidad de adobe del cepellón se determinó por medio de la observación de la formación de agregados que forma las raíces de la planta con el sustrato al momento de la cosecha (33 DD) antes de realizar esta prueba se constató que el sustrato de los cepellones estuviera a capacidad de campo.

En el cuadro 11 se describe cinco categorías de calidad de adobe siendo estas excelente, bueno, regular, mala y pésimo que se utilizaron, también expresados en porcentaje de 100 %, 94 %, 84 %, 74 % y 50 % respectivamente.

Cuadro 11. Escala para determinar la calidad de adobe de cinco sustratos comerciales en la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Calidad de adobe	Porcentaje de adobe
Excelente	Sale del 95 % al 100 % del adobe.
Buena	Sale del 85 % al 94 % del adobe.
Regular	Sale del 75 % al 84 % del adobe.
Mala	Sale del 50 % al 74 % del adobe.
Pésimo	Sale menos del 50 % del adobe o la raíz desnuda.

Fuente: Rigoberto Picón, 2013.

2.5.8. Análisis de datos

Luego del registro y tabulación de los datos, se procedió a realizar el análisis de varianza (ANDEVA) para cada una de las variables en estudio por medio del software Infostat, se utilizó el 95 % de confianza; por medio del cual se identificó el efecto de los diferentes tratamientos considerando el error experimental y porcentaje de coeficiente de variación.

2.5.9. Prueba múltiple de medias de Tukey

Se realizó una prueba múltiple de medias a través del estadístico Tukey con 5 % de significancia a las variables que mostraron significancia en el ANDEVA con el fin de determinar el o los mejores tratamientos.

2.5.10. Análisis económico

Se realizó un análisis económico por medio de presupuestos parciales en base a los costos de producción de una bandeja de cepellones de lechuga (288 celdas). Además, se consideró el porcentaje de rendimiento con base a la emergencia en cada uno de los tratamientos y el precio de venta por cepellón, y con ello se identificó el tratamiento que genera la mejor ventaja económica (ingreso neto).

Para el análisis de dominancia se ordenaron los sustratos de mayor a menor (1-5) costo que varía, con su respectivo beneficio neto. Se consideró que un sustrato fue dominado por otro cuando su beneficio neto fue igual o menor que el anterior y su correspondiente costo que varía fue mayor.

2.5.11. Manejo agronómico

A. Tecnología para la producción

La investigación se realizó bajo la producción a campo abierto, se utilizaron equipos de aspersión y un sistema de riego manual. El equipo de aspersión fue accionado por bombas sumergibles de $\frac{3}{4}$ de caballo de fuerza dentro de pozos para impulsar el agua, además, para el sistema de fertilización se utilizó una bomba estacionaria de un caballo de fuerza que impulsa el agua con fertilizante hidrosoluble almacenada en depósitos, que posteriormente se distribuye a través de mangueras del sistema de riego.

B. Semilla

En la investigación se utilizó semilla de lechuga tipo Iceberg variedad Cartagena (95 % de germinación) proveniente de la empresa Rijk Zwaan; la empresa “Los Cinco Elementos” la adquiere por medio del distribuidor autorizado.

C. Preparación de los sustratos

La preparación de los sustratos se realizó manualmente. Antes del llenado de las bandejas, se humedecieron los sustratos con agua para mejorar la consistencia, ya que estos inicialmente tienen una humedad baja y con ello se les proporcionó la humedad adecuada del 50 % para que la semilla iniciará el proceso de germinación en la cámara de germinación.

D. Llenado de bandejas

Se utilizaron bandejas de polietileno de 288 celdas las cuales se llenaron manualmente, según el tratamiento se llenaron 4 bandejas de cada sustrato según el cálculo de repeticiones. Las celdas se llenaron en su totalidad y luego se hicieron agujeros dejando aproximadamente 0.50 cm libres en la parte superior en donde se sembró la semilla peletizada.

E. Siembra

La siembra se realizó manualmente colocando una semilla por celda a una profundidad aproximada de 0.50 cm de la superficie de la bandeja, después se cubrió la semilla con una capa de sustrato húmedo, posteriormente se colocaron las bandejas en una cámara de germinación a una temperatura de 25 °C durante 3 días, luego fueron trasladadas a las tarimas para darle los cuidados necesarios (riego, fertilización, etc.) durante los 30 días.

F. Riego de bandejas

La aplicación de riego se realizó diariamente posterior a la emergencia, aplicando 1.50 L de agua por bandeja por medio del sistema de riego focalizado. Los riegos normalmente se realizaron de una a dos veces al día, dependió de las condiciones ambientales.

G. Fertilización

La fertilización de las plantas se realizó a los quince días después de la siembra con fertilizantes hidrosolubles, aplicando las formulaciones de 1.20 kg de 09-45-15, 1.80 kg de 20-20-20 y 0.75 de calcio Max disueltas en 200 L de agua, aplicando 1.60 L por bandejas. La frecuencia de aplicación de los fertilizantes fue cada 6 días habiéndose realizado en todo el ciclo 4 aplicaciones.

H. Control fitosanitario

Para el control fitosanitario se utilizó el plan fitosanitario de la empresa haciendo uso de distintos insecticidas y fungicidas.

a. Insecticidas

La aplicación de insecticidas se realizó a los diez días después de la siembra, con una frecuencia de aplicación cada tres días, indispensables para el control de trips, áfidos, minadores, mosca blanca entre otras plagas. Los ingredientes activos que se utilizaron para el manejo químico fueron: Imidacloprid, Buprofezin, Abamectin, Organofosforado, Piretroide, Clorpirifos y Cypermetrina, rotándolos en cada aplicación según los programas de aspersión.

b. Fungicidas

La aplicación de fungicidas se realizó juntamente con los insecticidas, aplicándolos a los diez días después de la siembra, con una frecuencia de aplicación cada tres días, indispensables para el control de alternaría, mildiu, bacterias y virus. Los ingredientes activos que se utilizaron para el control son: Cianoacetamida, Ditiocarbamato, Mancoceb, Piraclostrobin, Dimetomorf, Pyroclosbin, Oxicloruro de cobre y Oroxystrobin, que se rotaron en cada aplicación según los programas de aspersión. En las aplicaciones tanto de insecticida como fungicida la frecuencia de aplicación fue cada 3 días.

2.6. RESULTADO Y DISCUSIÓN

2.6.1. Emergencia

En la evaluación de la variable emergencia el sustrato KEK mostró el más alto porcentaje de emergencia al presentar el 98.96 %, le siguió el sustrato FAG con 98.44 % de emergencia, posteriormente el sustrato de TKL con 97.92 %, luego el sustrato RMI con 97.40 % y, por último, el más bajo porcentaje de emergencia fue mostrado por el sustrato AWT con 93.23 % de emergencia. Según Leskovar, (2001), un alto porcentaje de germinación (>90 %) es esencial para la obtención de retornos económicos.

Según el análisis de varianza de los datos del porcentaje de emergencia muestra que existe diferencia estadística significativa entre los sustratos, y en la prueba de Tukey muestra tres grupos de los cuales el primer grupo (A) se encuentran los sustratos KEK y FAG, estos son los que mostraron los mejores resultados, en el segundo grupo (AB) se ubicaron los sustratos TKL y RMI, y por último en el grupo (B) se ubicó el sustrato AWT.

En la figura 9 se muestran los porcentajes de emergencia, en el cuadro 12 se muestran los resultados del análisis de varianza y en el cuadro 13 se muestran los resultados del análisis de prueba de medias de Tukey de la emergencia de cepellones de lechuga Cartagena en cinco sustratos comerciales.

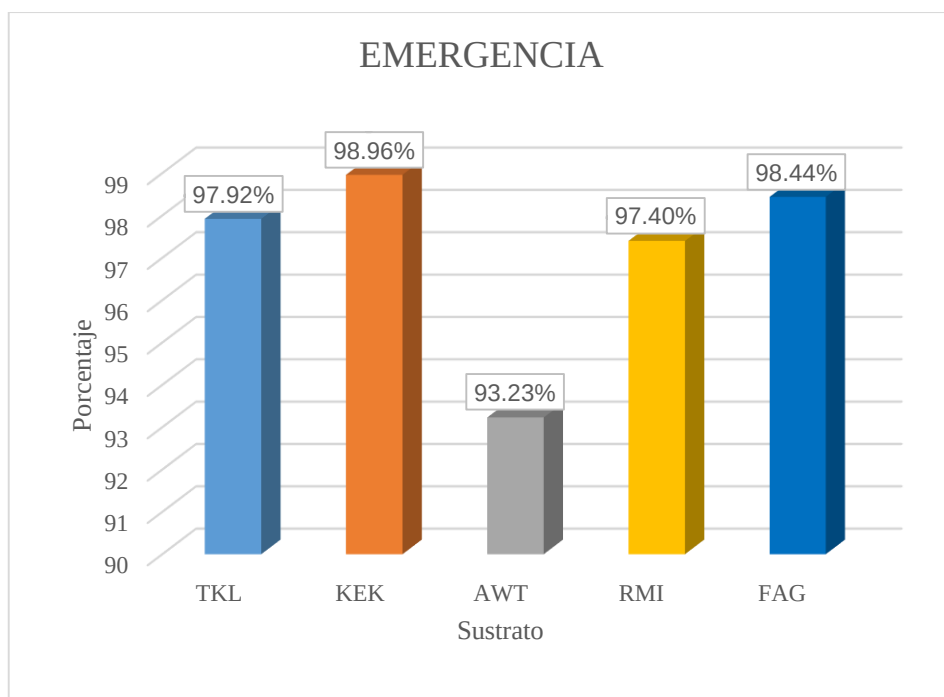


Figura 9. Porcentaje de emergencia en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Cuadro 12. Resultados del análisis de ANDEVA de la emergencia en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	83.85	4	20.96	3.76	0.0259
Error	83.55	15	5.57		
Total	167.40	19		CV:	2.43 %.

Cuadro 13. Resultados del análisis de medias de la emergencia en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Tratamiento	Media (%)	Grupo de Tukey
KEK	98.96	A
FAG	98.44	A
TLK	97.92	AB
RMI	97.40	AB
AWT	93.23	B

El sustrato KEK y FAG presentan el porcentaje de emergencia más alto de 98.96 % y 98.44 %, según Fernández (2006), las características físicas, químicas y biológicas de la turba permite una excelente germinación y crecimiento de las plántulas, pero su costo elevado y explotación no sostenible ha comenzado a restringir su uso. Abad y Noguera (1999), comentan que el crecimiento de una plántula está sujeto a una serie de factores como lo son el aporte de agua, nutrimentos, energía y aire.

Los sustratos KEK y FAG ambos contienen 10 % de perlita, según Burés (1997) y Bunt (1988), la perlita se utiliza para mejorar la aireación y la capacidad de retención de agua (hasta 5 veces su peso), lo cual favorece las condiciones iniciales de emergencia debido a que estos sustratos proporcionan un nivel adecuado de espacio poroso (90 % y 94 %), así como la retención de agua (60 % y 82 %), propiedades que favorecen la presencia de oxígeno para la respiración de la semilla.

Según Quesada y Méndez (2005), las propiedades físicas de un sustrato son consideradas importantes ya que, si estas son inadecuadas, difícilmente se podrán mejorar una vez que se ha establecido el cultivo y tendríamos desventajas como inhibición de la emergencia de las plántulas o retraso en el crecimiento y desarrollo de las plántulas.

El sustrato AWT presenta el porcentaje de emergencia más bajo en comparación con los demás sustratos. Cadahia (2000), indicó que idealmente un sustrato debe presentar

características físicas y químicas óptimas, complementadas con un manejo técnico para soportar un adecuado crecimiento de la plántula.

Con relación a las propiedades químicas, el sustrato AWT contiene una alta conductividad eléctrica (CE) de 80 mS/m en comparación con los demás sustratos. El valor de CE es influenciado por la concentración y composición de las sales disueltas, mientras más alto es el valor, indica que hay una mayor salinidad, el contenido de sales en altas cantidades, pueden causar aumento en el potencial osmótico provocando problemas de absorción de agua en las raíces, también el efecto más común ocurre si existe acumulación de sales lo cual provoca retraso en la germinación y crecimiento de la planta, un aumento en la CE traerá como consecuencia una disminución de rendimiento. (Torres, 2001).

Según Sánchez (2013), menciona que el exceso o aumento del contenido de sales se previene o corrige con lavados con riegos controlados, además de otros métodos como el mantener la humedad constante del sustrato, no aplicar fertilizantes en medio seco, utilizar mallas para disminución del estrés o bajar las temperaturas del medio, aumentando la humedad relativa del ambiente.

2.6.2. Altura de la planta

Las plántulas con mayor altura se observaron en el sustrato RMI, con un promedio de 4.60 cm, le siguió el sustrato TKL con plántulas de 4.58 cm, luego las plántulas de los sustratos KEK 4.50 cm y FAG con 4.06 cm y por último las plántulas del sustrato AWT con 3.88 cm.

Según el análisis de varianza de los datos de altura de las plántulas muestra que existe diferencia estadística significativa entre los sustratos. De acuerdo con el análisis de la prueba múltiple de medias de Tukey, se muestran cuatro grupos, en el primer grupo (A) se encuentran los sustratos RMI y TKL, estos son los mejores resultados, el segundo grupo AB está formado por el sustrato KEK, el tercer grupo BC por FAG y finalmente el grupo C se encuentra el sustrato AWT.

En la figura 10 se muestran las alturas (cm), en el cuadro 14 se muestran los resultados del análisis de varianza y en el cuadro 15 se muestran los resultados del análisis de prueba de

medias de Tukey de la altura de las plántulas de lechuga Cartagena en cinco sustratos comerciales.

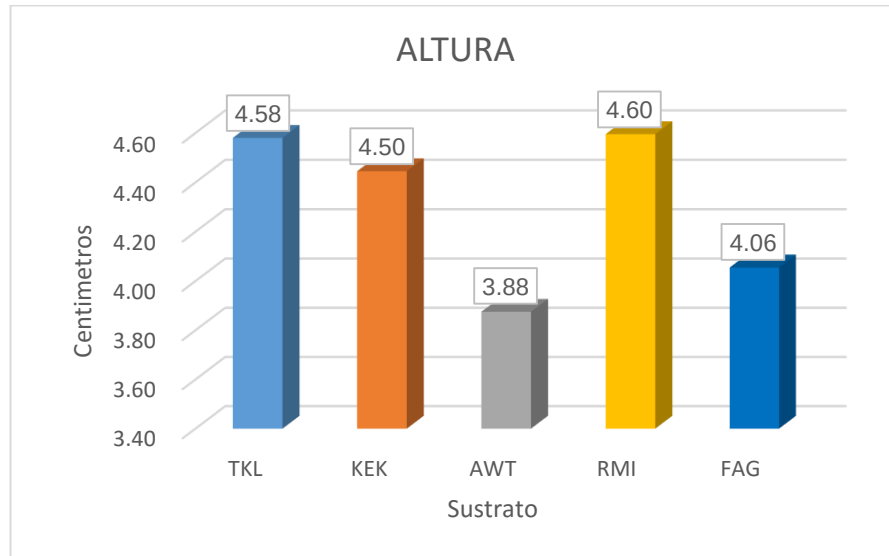


Figura 10. Altura de las plántulas (cm) en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Cuadro 14. Resultados del análisis de ANDEVA de la altura de las plántulas (cm) en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	1.71	4	0.43	7.72	0.0014
Error	0.83	15	0.06		
Total	2.53	19		CV: 5.45 %.	

Cuadro 15. Análisis de medias de altura de las plántulas (cm) en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Tratamiento	Media (cm)	Grupo de Tukey
RMI	4.60	A
TKL	4.58	A
KEK	4.50	AB
FAG	4.06	BC
AWT	3.88	C

Cadahia (2000), comenta que el potencial de hidrógeno influye de manera importante en la disponibilidad de los elementos nutritivos, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica dentro del sustrato, con un potencial de hidrogeno inferior a 5 se pueden presentar deficiencias de nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y con un potencial de hidrogeno superior a 6.5 la disponibilidad de hierro (Fe), fósforo (P), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), y cobre (Cu) disminuye. En el caso de los sustratos evaluados el potencial de hidrogeno se encuentra en un intervalo de 5 - 6 en el cual la planta presenta buen desarrollo.

Los sustratos que mostraron la mayor altura de planta fueron el RMI y TKL, este comportamiento puede explicarse por la adecuada disponibilidad de agua y el alto contenido nutricional comprobados en los análisis físico y químico de los sustratos realizados en el laboratorio suelos-planta-agua “Salvador Castillo Orellana” mostrado en la figura 29A. El sustrato RMI tiene altos valores de nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, zinc en comparación con los demás sustratos. Según Díaz, (2004) determina que, para lograr una excelente altura de planta, el sustrato debe ser rico en nutrientes NPK y micro elementos, con buena estructura (aireación y porosidad), un pH adecuado y buena retención de humedad.

La parte foliar es una de las características más adecuadas para evaluar la calidad, Según Tong et al. (2013) y Klapwijk (1986), afirman que la parte foliar es el criterio más importante para determinar la calidad de las plántulas de lechuga, ya que determina el potencial para la actividad fotosintética.

2.6.3. Peso de materia seca de la parte aérea

Las plántulas con mayor peso de materia seca de la parte aérea se observaron en el sustrato TKL, con un promedio de 0.45 g, le siguió el sustrato KEK con 0.44 g, posteriormente el sustrato RMI con 0.43 g, luego el sustrato FAG con 0.39 g y por último las plántulas del sustrato AWT con 0.31 g.

Según el análisis de varianza de los datos del peso de la parte aérea de las plántulas muestra que existe diferencia estadística significativa entre los sustratos, y en la prueba de medias de Tukey, muestra tres grupos, en el primer grupo (A) se encuentran los sustratos TKL, KEK y RMI, el segundo grupo (AB) formado por el sustrato FAG y, por último, en el grupo (B) se ubicó el sustrato AWT con 0.31g.

En la figura 11 se muestran los pesos de materia seca (gr) por tratamiento, en el cuadro 16 se muestran los resultados del análisis de varianza y en el cuadro 17 se muestran los resultados del análisis de prueba de medias de Tukey de los pesos por tratamiento de materia seca de la parte aérea de las plántulas de lechuga Cartagena en cinco sustratos comerciales.

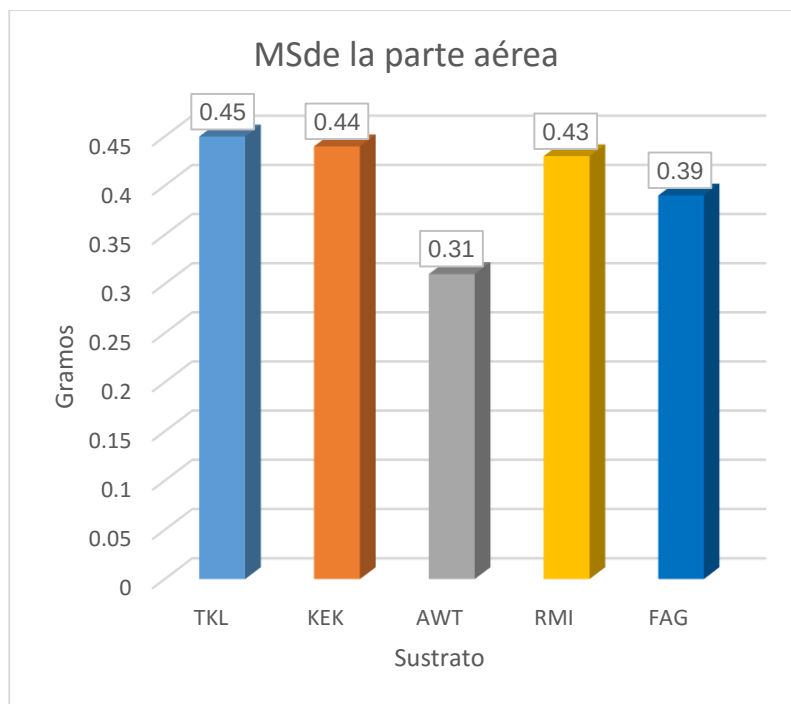


Figura 11. Peso de materia seca (gr) de la parte aérea de las plántulas en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Cuadro 16. Resultados del análisis de ANDEVA del peso de materia seca (g) de la parte aérea de las plántulas para la evaluación de cinco sustratos comerciales en la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	Valor de P
TRAT.	0.05	4	0.01	6.56	0.0029
Error	0.03	15	2.00E-03		
Total	0.08	19		CV:	11.05 %.

Cuadro 17. Análisis de medias del peso de materia seca (g) de la parte aérea de las plántulas en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Tratamiento	Medias (g)	Grupo de Tukey
TKL	0.45	A
KEK	0.44	A
RMI	0.43	A
FAG	0.39	AB
AWT	0.31	B

Los sustratos TKL, KEK y RMI mostraron el mayor valor en la variable materia seca de la parte aérea foliar, dado que mostraron plántulas vigorosas, mayor altura y al contar con un buen sistema foliar permite una mejor fotosíntesis. Raviv (1986), menciona que, para el crecimiento y desarrollo adecuado de la planta, es necesario aplicar una fertilización de base para añadir nutrientes adicionales. La cantidad y la frecuencia de la fertilización va a depender de la capacidad de intercambio catiónico del material utilizado como sustrato y de la frecuencia del riego (Abad, 1995; Abad y Noguera, 2000). En la figura 20A se presenta el análisis químico de los sustratos.

El sustrato AWT mostró un valor bajo en la variable materia seca de la parte aérea ya que está relacionada a la altura de la planta en donde también muestra un valor bajo en comparación a los otros sustratos evaluados bajo el mismo manejo agronómico que la empresa ejecuta. Según Burés, (1997) el manejo adecuado de un sustrato en la producción de plántulas, es más importante que sus propiedades, ya que un sustrato puede comportarse de manera muy deficiente si no se maneja adecuadamente, mientras que un sustrato con propiedades físicas y químicas deficientes puede obtener producciones adecuadas si su manejo es el adecuado.

2.6.4. Peso de materia seca del sistema radicular

Las plántulas con mayor peso de materia seca del sistema radicular se observaron en los sustratos TKL y RMI, las cuales pesaron 0.23 gr, le siguió los sustratos KEK y FAG con un peso del sistema radicular de 0.21 gr y por último el sistema radicular en el sustrato AWT con 0.17 gr.

Según el análisis de varianza de los datos el peso de materia seca del área sistema radicular de las plántulas muestra que existe diferencia estadística significativa entre los sustratos, y en la prueba de Tukey muestra dos grupos, en el primer grupo (A) se encuentran los sustratos TKL, RMI, KEK y FAG y en el segundo grupo (B) se ubica el sustrato AWT.

En la figura 12 se muestran los pesos de materia seca (g), en el cuadro 18 se muestran los resultados del análisis de varianza y en el cuadro 19 se muestran los resultados del análisis de prueba de medias de Tukey de los pesos de sistema radicular de las plántulas de lechuga Cartagena en cinco sustratos comerciales.

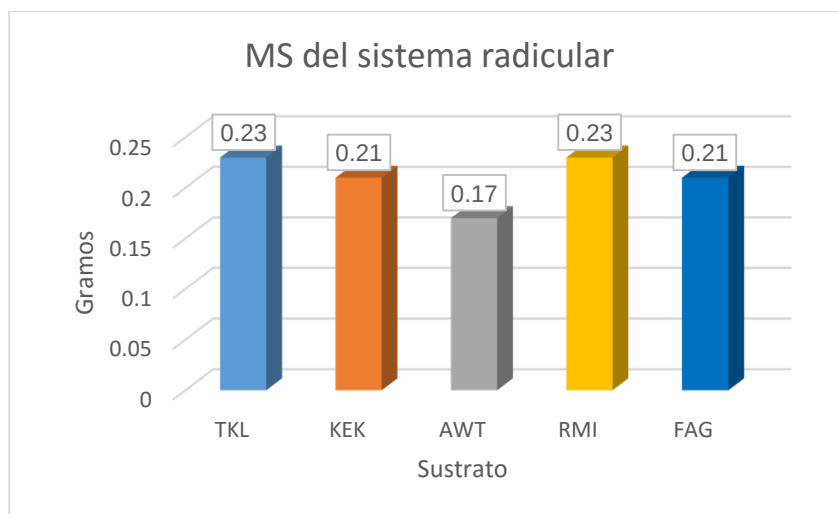


Figura 12. Peso de materia seca (g) del sistema radicular en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Cuadro 18. Resultados del análisis de ANDEVA del peso de materia seca (g) del sistema radicular en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	Valor de P
TRAT.	0.01	4	2.10E-03	9.59	0.0005
Error	3.40E-03	15	2.20E-04		
Total	0.01	19		CV:	7.18 %.

Cuadro 19. Análisis de medias del peso (g) de materia seca del sistema radicular en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Tratamiento	Medias (gr)	Grupo de Tukey
TKL	0.23	A
RMI	0.23	A
KEK	0.21	A
FAG	0.21	A
AWT	0.17	B

Ansorena (1994) indicó que la presencia de fósforo incrementa el tamaño de planta, la longitud radicular y por consiguiente el peso seco radicular. La presencia de fosforo es de suma importancia para el desarrollo de la plántula teniendo un efecto positivo en la simbiosis.

Los sustratos KEK y FAG contienen 10 % de perlita, lo cual favorece a que este no se compacte con facilidad y permita el crecimiento libre de las raíces; una de las características de la perlita es favorecer al sustrato a que este no se compacte con facilidad y permite el crecimiento libre de las raíces permitiendo un mejor desarrollo y disponibilidad en cuanto a nutrientes y oxígeno para el proceso de respiración radicular.

En este ensayo el sustrato AWT presenta el valor más bajo con relación a la materia seca del área radicular, esto se debe a que este sustrato requiere un manejo diferente en comparación con los demás sustratos, en el cuadro 8 se muestra las propiedades fisicoquímicas de los sustratos evaluados y se muestra que el sustrato AWT contiene una conductividad eléctrica 80 mS/m, es un valor alto con relación a los demás sustratos y al momento de realizar el manejo agronómico en el caso de la fertilización se aplicó la misma cantidad, con lo cual pudo haber ocurrido una saturación de sales y haber provocado una disminución del desarrollo radicular.

De acuerdo con Penningsfeld (1975), la CE de la solución no debe sobrepasar 100 mS/m para la producción de almácigos hortícolas. Una CE muy alta, condición conocida como salinidad, indica que una acumulación excesiva de sales que puede ser en el sustrato o en la solución nutritiva, causando daños a las plantas debido al aumento en la presión osmótica lo que produce una disminución en la absorción de agua y desbalances nutricionales en el cultivo (Burés, 1997).

La importancia de determinar la cantidad de raíces de un cepellón de lechuga, radica en que está relacionada con la cantidad de raíces al momento del trasplante, lo que tiene influencia directa con la capacidad de adaptación en el campo. Según Cadahia (2000), es evidente que un sustrato con mejores propiedades físicas y químicas promueve un mejor crecimiento de la raíz y directamente un efecto proporcional en la parte aérea, esto es de considerar, puesto que un sustrato con propiedades físicas con características deficientes produce plantas débiles y sin desarrollo de raíces.

2.6.5. Relación tallo/raíz

Las plántulas con mayor valor en la relación tallo/raíz se presentaron en el sustrato KEK, el cual mostró un promedio de 2.07, le siguió el sustrato TKL en el cual el valor de la relación fue de 1.96, luego las plántulas de los sustratos RMI y FAG las que mostraron como valor de relación tallo/raíz con plántulas de 1.92 y por último en las plántulas del sustrato AWT la relación tallo /raíz fue de 1.83.

Según el análisis de varianza de los datos de la relación tallo/raíz de las plántulas muestra que no existe diferencia estadística significativa entre los sustratos.

En la figura 13 se muestran los valores de la relación tallo/raíz, en el cuadro 20 se muestran los resultados del análisis de varianza de las relaciones tallo/raíz de las plántulas de lechuga Cartagena en cinco sustratos comerciales.

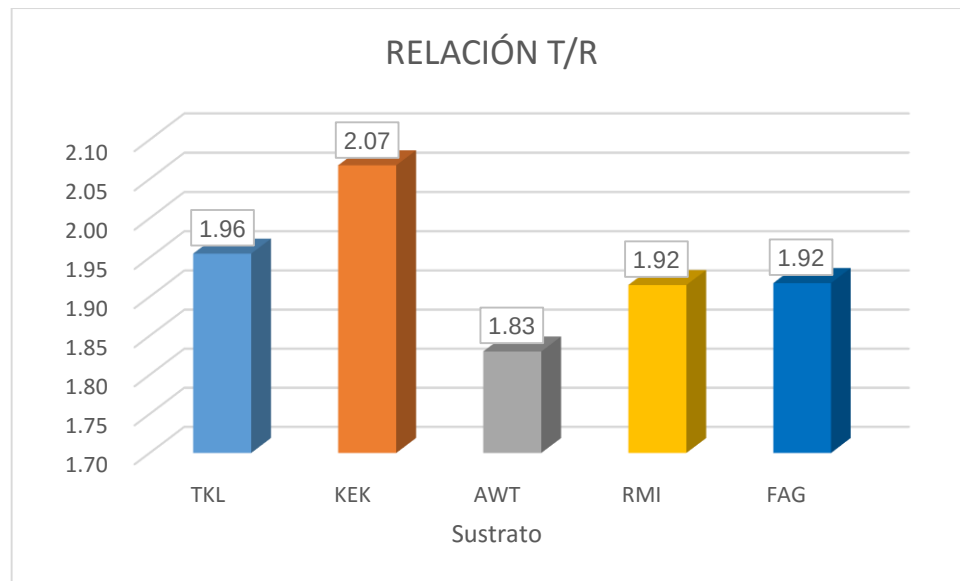


Figura 13. Relación tallo/raíz de las plántulas de lechuga en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Cuadro 20. Resultados del análisis de ANDEVA de la relación tallo/raíz de las plántulas en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	Valor de P
TRAT.	0.12	4	0.03	0.68	0.6182
Error	0.66	15	0.04		
Total	0.78	19		CV:	10.81 %.

Se analizó la relación entre el área foliar y área radicular pudiéndose observar que a mayor sistema radicular, permitió contar con una mayor biomasa foliar; por lo cual, los resultados con más acercamiento a la unidad (1) indica que hay un mejor equilibrio entre el área foliar y la zona radicular, caso contrario a los resultados más lejanos a la unidad indican que hay un mayor contenido de área foliar que de zona radicular, en el caso de este ensayo todo los sustratos superaron a la unidad esto muestra que la parte área supera el contenido de materia seca del área radicular.

Según Bunt (1988) y Cadahia (2000), comentan que contar con un buen sistema radicular permite que en el momento del trasplante a campo definitivo se dé un mejor anclaje y absorción de nutrientes, al tener una buena área foliar permite una mejor fotosíntesis, influyendo lo anterior en una mejor calidad de planta.

Abad et al, (1999) menciona que el 60 % del éxito de un cultivo depende de plántulas de buena calidad, en la producción de plántulas para el trasplante, la calidad está relacionada con la capacidad de supervivencia y adaptación al nuevo ambiente, el potencial fisiológico de crecimiento y desarrollo luego del establecimiento en el campo y se refiere también a respuesta de la planta a los factores limitantes en el lugar de plantación.

Otro indicador fundamental en las plántulas es el balance entre la parte aérea y la cantidad de raíz (relación tallo/raíz) (Negreros-Castillo, 2010). Se considera que las plántulas con mayor cantidad de raíces, aprovechan mejor las condiciones físicas y nutricionales del sustrato, en particular el fósforo, esencial en el crecimiento, ya que forma parte de ATP, cuya función es almacenar y transportar energía para los procesos de síntesis de compuestos orgánicos y absorción de nutrientes (Rodrigues, 2010). Las plántulas con poco desarrollo radical en condiciones de estrés envían foto asimilados hacia las raíces en disminución de la parte aérea (Burés, 1997).

2.6.6. Compactación

Los cepellones con mayor grado de compactación se observaron en el sustrato RMI, con un promedio de 96.75 %, le siguió el sustrato AWT con 96.00 % de compactación, luego los cepellones de los sustratos TKL y FAG con cepellones de 95.75 % de compactación y por último los cepellones del sustrato KEK con 95.50 %.

Según el análisis de varianza de los datos del grado de compactación de los cepellones muestra que no existe diferencia estadística significativa entre los sustratos.

En la figura 14 se muestra los grados de compactación, en el cuadro 21 se muestra los resultados del análisis de varianza de las compactaciones de las plántulas de lechuga Cartagena de los cinco sustratos comerciales.

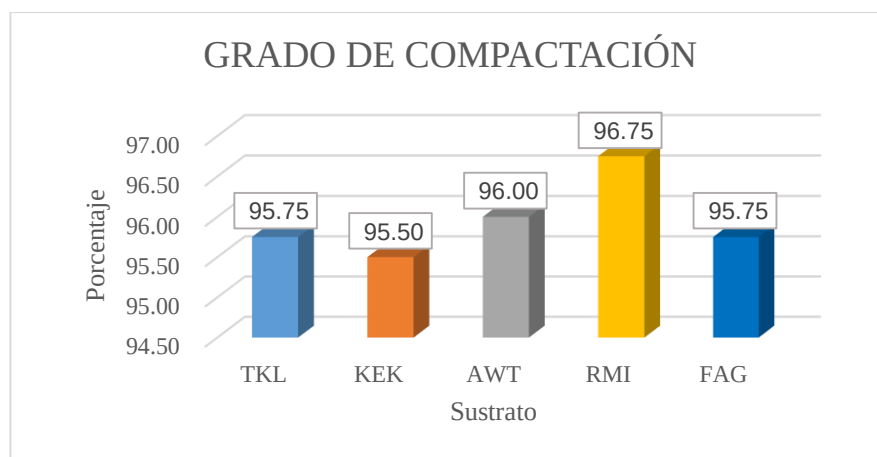


Figura 14. Grado de compactación en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Cuadro 21. Resultado del análisis de ANDEVA del grado de compactación en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	3.70	4	0.93	1.23	0.3385
Error	11.25	15	0.75		
Total	14.95	19		CV:	0.90 %.

El grado de compactación se observó de forma más uniforme para todos los tratamientos, favoreciendo por sus buenas propiedades física y la respuesta a la cantidad de fertilizantes que contienen los sustratos y las aplicaciones del programa de fertilización de la empresa permitieron el desempeño observado, se puede distinguir que el sustrato AWT presentan el menor grado de compactación debido que hay una disminución del sistema radicular desarrollado, esto se relaciona con el resultado obtenido de la variable materia secas del área radicular.

En este ensayo los sustratos evaluados son a base de turba rubia, son sustratos adecuado para la obtención de plántulas de lechuga con mejor desarrollo del sistema radicular, debido a que, con estos sustratos, las plántulas encontraron mejores condiciones de nutrición, aireación, soltura y retención de humedad, con las cuales prosperaron mejor, asegurando un mejor material vegetativo para el trasplante. (Bunt, 1988)

Es más frecuente el uso de turbas rubias en cultivo sin suelo, debido a que las turbas negras tienen una aireación deficiente y contenidos elevados en sales solubles. Las turbias rubias tienen un buen nivel de retención de agua y de aireación, pero muy variable en cuanto a su composición ya que depende de su origen. La inestabilidad de su estructura y su alta capacidad de intercambio catiónico interfiere en la nutrición vegetal, presentan un pH que oscila entre 3.5 y 8.5. Se emplean en la producción ornamental y de plántulas hortícolas en semilleros.

2.6.7. Resistencia

Los cepellones con mayor grado de resistencia se observaron en el sustrato TKL, con un promedio de 97 %, le siguió el sustrato KEK con 96.50 % de resistencia, posteriormente el sustrato FAG con 96 %, luego el sustrato RMI con 95.25 % y por último con el resultado más bajo, el sustrato AWT con 94.75 % de resistencia.

Según el análisis de varianza de los datos del grado de resistencia de los cepellones muestra que existe diferencia estadística significativa entre los sustratos y en la prueba de Tukey, muestra tres grupos, en el primer grupo (A) se encuentran el sustrato TKL, este es el mejor resultado, el segundo grupo (AB) esta abarcado por los sustratos KEK, FAG y RMI, y por último en el grupo (B) se ubicó el sustrato AWT.

En la figura 15 se muestran los grados de resistencia, en el cuadro 22 se muestran los resultados del análisis de varianza y en el cuadro 23 se muestran los resultados del análisis de prueba de medias de Tukey de los grados de resistencia de los cepellones de lechuga Cartagena en cinco sustratos comerciales.

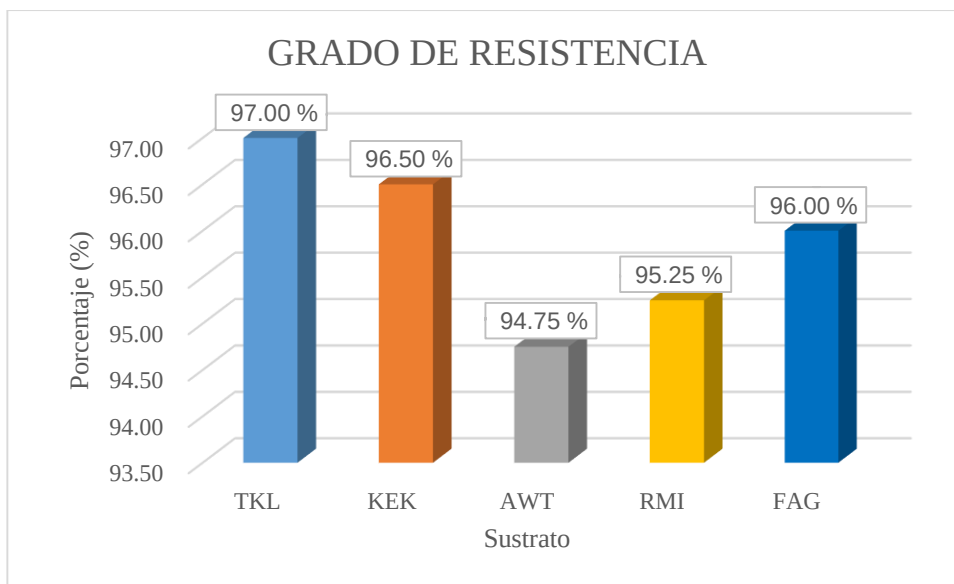


Figura 15. Grado de resistencia de los cepellones en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Cuadro 22. Resultado del análisis de ANDEVA del grado de resistencia de los cepellones en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	13.30	4	3.33	4.75	0.0112
Error	10.5	15	0.70		
Total	23.80	19		CV:	0.87 %.

Cuadro 23. Análisis de medias del grado de resistencia (%) de las plántulas de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Tratamiento	Medias (%)	Grupo de Tukey
TKL	97	A
KEK	96.50	AB
FAG	96	AB
RMI	95.25	AB
AWT	94.75	B

Según la resistencia del cepellón todos los sustratos se encuentran en la escala alta, lo que indica que se producen cepellones con resistencia bueno ya que al extraer el cepellón de la bandeja al dejar caerlo no se desmorona (se mantiene el 100 %) como se describe en el cuadro 11, ya que al hacer la prueba los cepellones de los distintos sustratos mantuvieron su forma, los cuales son los que menos se desintegraron al ser golpeados, esto debido a que se desarrolló un sistema radicular que se distribuyó por todo el sustrato, estableciendo una especie de red para mantener el sustrato fijo. Los sustratos que se adaptan a la producción de plántulas muestran mejores condiciones de desarrollo, en cuanto al porcentaje de resistencia cual se traduce directamente en un mejor crecimiento de la parte aérea, por lo que las plántulas son más vigorosas (Quesada y Méndez 2005).

El sistema radicular tiene importantes funciones físicas y fisiológicas desde el inicio de la germinación, emergencia, crecimiento y el trasplante de los cepellones. El tamaño, morfología y arquitectura puede ejercer un control sobre el tamaño relativo y ritmo de crecimiento del tallo (Torres, 2001).

Los cepellones producidos en el sustrato AWT presentaron el menor grado de resistencia, ya que, al ser golpeados, el sistema sustrato-raíz se desintegró más en comparación con los otros sustratos. Los cepellones con grado de resistencia bajo, deben transportarse con cuidado para evitar pérdida del sustrato y con ello que la plántula se deshidrate.

2.6.8. Calidad de adobe

Los cepellones con mayor calidad de adobe se observaron en el sustrato TKL con 96 %, le siguió el sustrato FAG con un 95.50 %, luego el sustrato KEK con 95.25 %, consecutivamente el sustrato RMI con 94.75 % y por último los cepellones del sustrato AWT con 89.75 %.

Según el análisis de varianza de los datos de calidad de adobe de los cepellones muestra que existe diferencia estadística significativa entre los sustratos y en la prueba de Tukey, muestra dos grupos, en el primer grupo (A) se encuentran los sustratos TKL, KEK, RMI y FAG y en el segundo grupo (B) se ubicó el sustrato AWT.

En la figura 16 se muestran las calidades de adobe, en el cuadro 24 se muestran los resultados del análisis de varianza y en el cuadro 25 se muestran los resultados del análisis de prueba de medias de Tukey de las calidades de adobe de los cepellones de lechuga Cartagena en cinco sustratos comerciales.

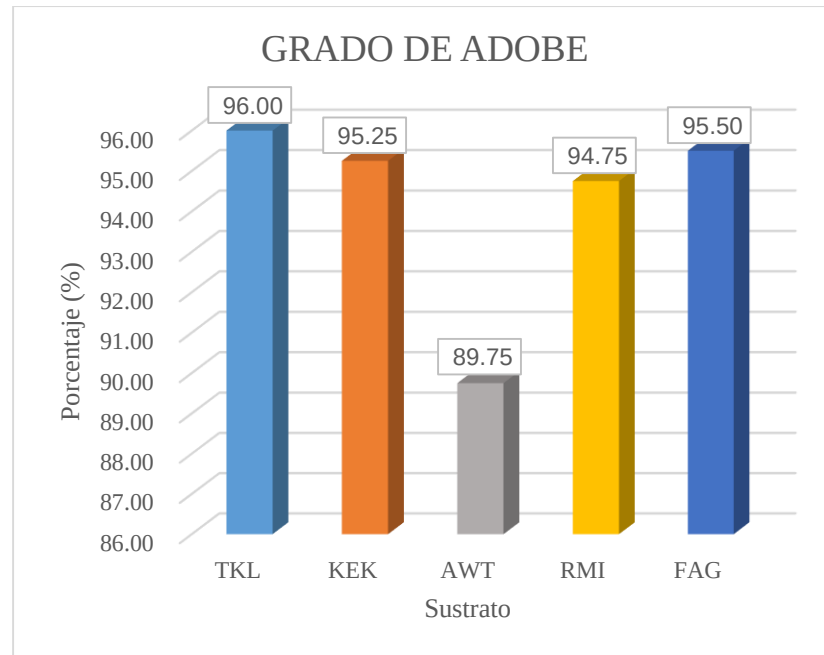


Figura 16. Calidad de adobe de los cepellones de lechuga en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Cuadro 24. Resultados del análisis de ANDEVA de la calidad de adobe de los cepellones de lechuga en la evaluación de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Cuadrados medios	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	104.50	4	26.13	16.85	<0.0001
Error	23.25	15	1.55		
Total	138.95	19			

CV: 1.32 %.

Cuadro 25. Análisis de medias de la calidad de adobe en la evaluación de los de cinco sustratos comerciales para la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Tratamiento	Medias (%)	Grupo de Tukey	Categoría
TKL	96.00	A	Excelente
FAG	95.50	A	Excelente
KEK	95.25	A	Excelente
RMI	94.75	A	Excelente
AWT	89.75	B	Bueno

Los sustratos TKL, KEK, RMI y FAG tienen la mejor calidad de adobe, se encuentran dentro del rango excelente (95 % - 100 %) tomando en cuenta los parámetros del cuadro 11. El resultado obtenido tiene relación con el peso de raíces, lo cual constituye una ventaja al momento del trasplante, dado por sus propiedades físicas similares permiten el desarrollo y anclaje de las raíces al sustrato, como se muestra en el cuadro 25.

Penningsfeld (1975) propone que las características físicas de sustrato y la disponibilidad de nutrientes influyen enormemente en el desarrollo radical de una plántula, no obstante, se deben considerar otros factores como la disponibilidad de agua en el medio. Se deben manejar adecuadamente los niveles hídricos durante esta etapa compensado la evapotranspiración diaria ya que periodos de estrés hídricos (volumen de agua <25 %) se pueden traducir en un mayor crecimiento radicular; así mismo, en casos de humedad excesiva en el medio de la bandeja, el crecimiento radicular generalmente puede superar la base de la celda (hidrotropismo) (Torres, 2001).

Según la escala de la calidad de adobe los cepellones del sustrato AWT se encuentran en el rango bueno (85 % - 94 %), por lo que el porcentaje de pegue en el campo definitivo podría disminuir por la facilidad del desprendimiento en el sistema sustrato - raíz. Según Abad y Noguera (2000) determinaron que existen gran cantidad de factores ligados al cultivo y al ambiente, como el tipo de sistema de cultivo materiales primas utilizadas, calidad del agua de riego, época del año, especie, y variedad vegetal y estado fenológico del cultivo.

Calderón, (2006) determinó la utilización de sustratos con base de turba debe de generar una buena calidad de adobe lo que garantice la mayor supervivencia de la plántula antes y después del trasplante, generando una estabilidad tanto física como química para la planta.

Según las variables evaluadas (Emergencia, altura, materia seca aérea y de raíces, relación tallo/raíz, compactación, resistencia y adobe) el sustrato que presento los mejores resultados para la producción de cepellones de lechuga fue el TKL, ya que proporciono las mejores condiciones para una buena producción, por lo contrario, el sustrato AWT fue el que presento los resultados más deficientes para una buena producción de cepellones. En el cuadro 26 se muestran un resumen de los resultados obtenidos de las diferentes variables evaluadas.

Cuadro 26. Resultados obtenidos de las variables en la evaluación de cinco sustratos comerciales en la producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Tratamiento	Emergencia	Altura	Materia seca aérea	Materia seca de raíces	Relación tallo/raíz	Compactación	Resistencia	Adobe
	Media (%)	Media (cm)	Media (g)	Media (g)	Media	Media (%)	Media (%)	Media (%)
TKL 1	97.92	4.58	0.45	0.23	1.96	95.75	97.00	96.00
KEK 2	98.96	4.45	0.44	0.31	2.07	95.50	96.50	95.25
AWT 5	93.23	3.88	0.31	0.17	1.83	96.00	94.75	89.75
RMI 4	97.40	4.60	0.43	0.23	1.92	96.75	95.25	94.75
FAG 3	98.44	4.06	0.39	0.21	1.92	95.75	96.00	95.00

2.6.9. Análisis económico

Para el análisis económico se consideraron los costos de producción de cepellones de lechuga Cartagena para cada uno de los tratamientos; al realizar el mismo manejo a todos los tratamientos se define que los costos variables son de Q. 29.60 y los costos fijos son de Q. 2.20, variando únicamente en el costo de los sustratos para cada bandeja como se muestra en el cuadro 27.

Al considerar la ganancia neta producida por el testigo (Q. 4.99) se determina que los sustratos TKL y KEK son dominantes en cuanto a un mejor ingreso económico, siendo estos de Q. 5.21 y Q. 5.06, según el análisis de presupuestos parciales y dominancia.

Cuadro 27. Resumen de costos de producción de cepellones de lechuga variedad Cartagena en cinco sustratos comerciales en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Resumen de costos de producción				
Sustrato	Sustrato/bandeja	Variables	Fijos	Total, costos
TKL	Q. 2.47	Q. 29.60	Q. 2.20	Q. 34.27
KEK	Q. 3.04	Q. 29.60	Q. 2.20	Q. 34.84
AWT	Q. 2.34	Q. 29.60	Q. 2.20	Q. 34.14
RMI	Q. 3.12	Q. 29.60	Q. 2.20	Q. 34.92
FAG (Testigo)	Q. 2.90	Q. 29.60	Q. 2.20	Q. 34.70

Cuadro 28. Análisis de presupuestos parciales y dominancia de cinco sustratos comerciales en la producción de cepellones de lechuga variedad Cartagena en la empresa “Los Cinco Elementos”, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Sustrato /Bandeja	Rendimiento			Precio /Pilón	Ingreso bruto	Costo de producción	Ingreso neto	Dominancia
Tipo	Semillas	Germinación	Cepellones					
TKL	288	97.92 %	282	Q. 0.14	Q. 39.48	Q. 34.27	Q. 5.21	1
KEK	288	98.96 %	285	Q. 0.14	Q. 39.90	Q. 34.84	Q. 5.06	2
AWT	288	93.23 %	268	Q. 0.14	Q. 37.59	Q. 34.14	Q. 3.45	5
RMI	288	97.40 %	280	Q. 0.14	Q. 39.27	Q. 34.92	Q. 4.35	4
FAG (Testigo)	288	98.44 %	283	Q. 0.14	Q. 39.69	Q. 34.70	Q. 4.99	3

Los resultados obtenidos en esta evaluación muestran que el sustrato TKL proporciona los más altos valores en germinación (97.92 %), altura (4.58), materia seca aérea foliar (0.45 g), materia seca de raíces (0.23 g), resistencia (97 %), adobe (96 %) e ingreso económico. Estos resultados coinciden con la evaluación realizada por Barales García (2016) que evaluó seis sustratos tipo peat moss y su efecto en la germinación y desarrollo fisiológico de cepellones de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.), en los viveros de Súper Pílon, S.A.; el Tejar, Chimaltenango. Las variables medidas fueron: porcentaje de germinación, altura de planta, grosor de tallo, elongación de hipocotíleo y rendimiento.

Barales García (2016) indica los resultados obtenidos, mostraron que mismo sustrato (TKL) ofrece las mejores condiciones económicas para la producción de plantas de tomate bajo invernadero, la cual presentó un beneficio neto de Q. 144.24 en la producción de mil cepellones y retorno de Q. 0.48 centavos por cada quetzal invertido. Ya que el sustrato TKL contiene óptimos niveles de nutrientes, capacidad de retención de humedad y adecuada aireación, proporcionando los factores ideales para la producción de cepellones.

A pesar de que el sustrato TKL mostro los mejores resultados y AWT los más bajos, los 5 tratamientos evaluados mostraron niveles aceptables en las variables medidas, para la producción de cepellones de lechuga a nivel comercial tanto en calidad y económicamente. En comparación con otros sustratos alternativos o locales; los sustratos tipo peat moss son mejores, tal como señalan Quesada y Méndez, (2005) que realizaron una evaluación agronómica de almácigos de hortalizas (tomate, pepino, lechuga y brócoli) establecidos en diferentes sustratos, se evaluaron variables de vigor en germinación, desarrollo de planta y calidad de adobe.

Los sustratos evaluados fueron: abono orgánico, lombricompost, abono orgánico más granza y abono orgánico más granza, aserrín de melina madurado, suelo, granza y *peat moss* con perlita. En donde concluyen que los mejores almácigos de lechuga se presentaron en los sustratos peat moss + perlita, ya q estos sustratos brinda excelente adobe y los mejores medios en general para los almácigos de lechuga.

2.7. CONCLUSIONES

1. El sustrato TKL mostró los mejores resultados en la mayoría de variables evaluadas en cuanto a la producción cepellones de lechuga Cartagena, este presentó una altura de 4.58 cm, 0.45 g de materia seca aérea foliar, 0.23 g de materia seca sistema radícula, 97 % en resistencia y 96 % en calidad de adobe. También presentó el 97.92 % de emergencia, una relación tallo raíz de 1.96 y una compactación de 95.75 %; presentándose en valores óptimos para la producción de los cepellones de lechuga sin haberse mostrado como los mayores resultados.
2. Los cuatro sustratos TKL, KEK, RMI y FAG en porcentaje de emergencia tienen similar comportamiento superando el 95 % de emergencia.
3. Al utilizar el sustrato TKL se genera un mejor beneficio económico que el sustrato FAG (testigo), tal y como se demostró en el análisis financiero y dominancia; a pesar de tener una germinación de 97.92 %, por debajo de los sustratos KEK (98.96 %) y FAG (98.44 %), este sustrato genera el mejor ingreso económico por bandeja (288 posturas); siendo este de Q. 5.21, superando por Q. 0.22, el ingreso de Q. 4.99 obtenido por el sustrato FAG (testigo).

2.8. RECOMENDACIONES

1. Según los resultados obtenidos en esta investigación, se demuestra que el sustrato TKL presentó los mejores resultados en altura, materia seca del área foliar y radicular, grado de resistencia, calidad de adobe y en ingreso bruto, por lo tanto, es la mejor opción para la producción de cepellones de lechuga variedad Cartagena en la empresa Los Cinco Elementos.
2. Tomando en cuenta el porcentaje de germinación y el ingreso bruto que presentaron los tratamientos, como segunda opción se podría utilizar el sustrato KEK, que prosigue al sustrato TKL, y que son más rentables que el sustrato utilizado actualmente (FAG).
3. Se podría realizar otra investigación en donde se compare el comportamiento en el crecimiento y desarrollo de los cepellones cómo se maneja actualmente a campo abierto y en condiciones controladas.

2.9. BIBLIOGRAFÍA

1. Abad Berjón, M., Noguera Murra, P., Noguera García, V., & Segura Pérez, M. L. (1999). *Los sustratos para el semillero hortícola*. <http://docplayer.es/23947365-Los-sustratos-para-el-semillero-horticola.html>
2. Abad Berjón, M., Noguera Murray, P., & Noguera García, V. (1995). *Turba para semilleros* [Archivo PDF]. España: Junta de Andalucía, Consejerías de Agricultura y Pesca (Congresos y Jornadas 35/96). pp. 79-102. https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337170141II_Jornadas_sobre_Semillas_y_Semilleros_Hortícolas__BAJA.pdf
3. Acevedo, I., & Pier, R. (2007). *Caracterización de sustratos enmendados con lombricompost*. Revista Unellez de Ciencia y Tecnología. <http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/ruct/article/view/104>
4. Ansorena Miner, J. (1994). *Sustratos: Propiedades y caracterización*. Madrid, España, Mundi- Prensa, 171.
5. Bardales García, E. J. (2016). *Evaluación de seis sustratos tipo Peat Moss y su efecto en la germinación y desarrollo fisiológico de pilones de tomate Solanum lycopersicum L.* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5993/1/INFORME%20FINAL%20EDUARDO%20JOSE.pdf>
6. Barrios Arreaga, N. E. (2004). *Evaluación del cultivo de la lechuga Lactuca sativa L. bajo condiciones hidropónicas en Pachalí, San Juan Sacatepéquez, Guatemala* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2071.pdf
7. Bunt, A. C. (1988). *Media and mixes for container-grown plants; A manual on the preparation and use of growing media for pot plants* [Archivo PDF]. London, England: Unwin Hyman. <https://link.springer.com/content/pdf/bfm%3A978-94-011-7904-1%2F1.pdf>
8. Baudoin, W., Grafiadelis, M., Jiménez, R., G., Martínez, P.F., Monteiro, A. A., Nosen, A., Verlodt, H., de Villele, O., von Zbeltitz, C. y Garnaud, J.C. (2002). *El cultivo protegido en clima mediterráneo* [Archivo PDF]. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). <https://www.fao.org/3/s8630s/s8630s.pdf>
9. Burés Pastor, S. (1997). *Sustrato*. España: Ediciones Agrotécnicas
10. Cadahia, L. (2000). *Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*. España. (2 ed). Mundi-Prensa.

11. Calderón O, A. (2006). *Sustratos agrícolas* [Archivo PDF]. Chile: Universidad de Chile.
<https://lecturayescrituraunrn.files.wordpress.com/2013/08/sustratos-agricolas1.pdf>
12. Castilla, N. (2005). *El medio radicular: Suelo y sustrato. En: Invernadero de plástico. Tecnología y manejo*. Madrid, España. Mundi-Prensa.
13. Chávez, N., Romantchik, E., García, E., & Velásquez, M. (2009). *Desinfección en estático con calor de sustratos*.
14. Cordero Espino, V. (2013). *Evaluación de dos fuentes de materia orgánica, para la elaboración de sustratos en la producción de plántulas de café Coffea arabica L. Var. Catuai rojo, a nivel de vivero* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]
15. Díaz Serrano, F. R. (2004). *Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero* [Archivo PDF].
<https://hopelchen.tecnm.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r116910.PDF>
16. Dufaul, R. J. (1986). *Influence nutritional conditioning on muskmelon trasplant quality and early yiel*. Journal of the American Society for Horticultural Science.
17. Duro Tamasiunas, J. M., Mardoqueo Monzón, R., Vásquez Vilatoro, R., Gonzáles Díaz, G., García González, G. P., Arguera Medina, J. C., & Gonzáles Rivera, O. R. (2005). *Atlas temático de la república de Guatemala* [Archivo PDF]. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala).
<https://www.maga.gob.gt/download/ }atlas-tematico.pdf>
18. Fernández-Bravo, C., Urdaneta, N., Silva, W., Poliszuk, H., & Marín, M. (2006). Germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv Río Grande sembradas en bandejas plásticas, utilizando distintos sustratos. *Tikalía*, (2), 188-196.
19. IMF (International Monetary Fund). (2012). *World economic outlook*.
https://www.imf.org/~media/Websites/IMF/imported-flagship-issues/external/pubs/ft/weo/2012/02/pdf/_textpdf.ashx
20. García, O. C., Alcántar, G., Cabrera, R. I., Gavi, F., & Volke, V. (2001). Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra latinoamericana*, 19(3), 249-258.
21. Gallo, R. & Viana, O. (2005). *Evaluación agronómica de sustratos orgánicos en la producción de plantines de tomate (Lycopersicum esculentum)* [Tesis de Grado, Universidad de Montevideo, Uruguay].
22. Klapwijk, D. (1986). *Production of tomato transplants in the Netherlands*.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1986.190.57>



23. Lardizabal, R., & Medlicott, A. (2010). *Compendio de manuales de producción de frutas y hortalizas*. Honduras: Técnicas del Programa de Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores p 450.
24. Leskovar, D. I. (2001). *Introducción al trasplante*. In *Curso Producción y ecofisiología del trasplante hortícola (Memoria)*. Coahuila, México: Texas, A & M University, p 24.
25. Marschner, H. (1995). *Miner nutrition of higher plants*. London, England. Academic Press.
26. Masaguer, A., López, M., & Ruiz, J. (2006). *Producción de plantas ornamentales en contenedor con sustratos alternativos a la turba*. Madrid, España. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, 169 p.
27. Martínez, P. F., & Roca, D. (2011). *Sustratos para el cultivo sin suelo*. http://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/3894/2011_Flori%c3%a1n-Mart%c3%adnez_Sustratos.pdf?sequence=1&isAllowed=y
28. Nachmansohn, J. (2014). *Do plants require nutrients in similar proportions? A possible paradigm shift*. *The Agriculture Programme-Soil/Plant*. Sweden: Swedish University, USA of Agricultural Sciences.
29. Negreros-Castillo, P., Apodaca-Matínez, M., & Miza, C. (2010). *Efecto de sustato y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble*. Madera y Bosques. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712010000200001
30. Nelson, P. (1991). *Greenhouse operation and management*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 171-208 p.
31. Nuez V, F. (2001). *Los cultivos de hortalizas*. México. Mundi-Prensa.
32. Parson, D. (1987). *Cucurbitáceas*. (2 ed.). México. Trillas. (Manuales para Educación Agropecuaria).
33. Penningsfeld, F., & Kurzmann, P. (1975). *Cultivos hidropónicos y turba*. Madrid, España. Mundi-Prensa.
34. Picón Canahui, R. C. (2013). *Evaluación de sustratos alternativos para la producción de pilones del cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. *Estipulas y Chiquimula, Guatemala* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://cunori.edu.gt/descargas/TESIS_RIGOBERTO_PICN.pdf*
35. Quesada Roldán, G., & Méndez Soto, C. (2005). Análisis Físicoquímico de materias primas y sustratos de uso potencial en almácigos de hortalizas. *Revista de Agricultura*



Tropical. <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/78540/Quesada-hortalizas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

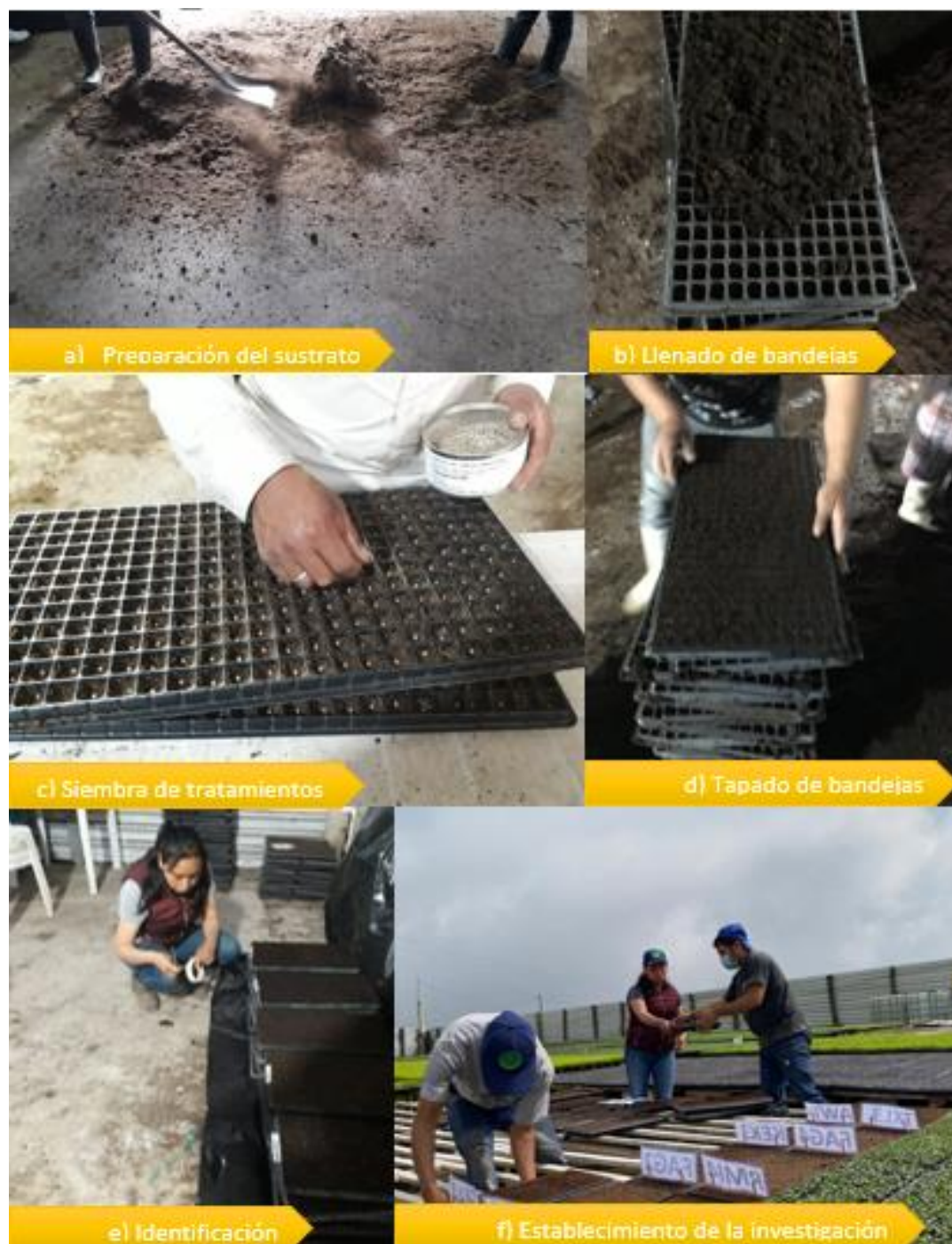
36. Quesada Roldán, G., & Méndez Soto, C. (2005). Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. *Agronomía Mesoamericana*, 16(2), 171-183. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43716207.pdf>
37. Raviv, M., Chen, Y., & Inbar, T. (1986). Peat and peat substitutes as growth media for container-grown plants. In *The role of organic matter in modern agriculture*. Dordrecht, Países Bajos, Martinus Nijhoff. Eds. Y Chen y Y Avnimelech, 257-287 p.
38. Raviv, M; Leith, JH. (2008). *Soilless culture theory and practice*. California, US, Elsevier. 608p.
39. Reyes Hernández, M. (2001). *Análisis económico con experimentos agrícolas con presupuestos parciales*. Guatemala. Boletín Informativo CIAGROS 1-2001. https://www.researchgate.net/publication/334655730_Analisis_economico_de_experimentos_agricolas_con_presupuestos_parciales_Re-ensenando_el_uso_de_este_enfoque
40. Rodrigues, E., Leal, P., Costa, E., De Paul, E., & Gomes, V. (2010). Producao de mudas de tomateiro em diferentes substratos e recipientes em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 28(4): 483-488. https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362010000400018&script=sci_arttext
41. Ryder, E. (1999). *Lettuce, endive and chicory*. Wallingford, Reino Unido: CAB Internacional.
42. Saavedra, G. (2017). *Manual de producción de lechuga*. Santiago de Chile, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). <https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/09%20Manual%20Lechuga.pdf>
43. Samor, O. C. (2002). Qualidade de mudas de angico e sesbania, produzidas em diferentes recipientes e subtratos. *Revista Árvore*, 26(2):209-215.
44. Schrader, W. (2014). Using transplants in vegerable production. *University California, Agriculture and Natural Resouroes, Publication* 8013, 7. <https://escholarship.org/uc/item/36p2j72h>
45. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). (2010). *Plan de desarrollo Patzicía Chimaltenango*. <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/biblioteca-documentos/category/53-chimaltenango?download=104:pdm-patzicia>



46. Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). *Plant physiology* (3 ed.). Annals of Botany Company
<http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/PlantPhysiologyTaiz2002.pdf>
47. Tong, J. H., L. J., & Jiang, H. Y. (2013). Machine vision techniques for the evaluation of seedling quality based on leaf area. *Biosystems Engineering*, 115(3), 369-379:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511013000305>
48. Torres, A., Camberato, D., Lopez, R., & Mickelbart, M. (2010). *Producción comercial de cultivos bajo invernadero y vivero* [Archivo PDF]. Purdue University.
<https://www.extension.purdue.edu/extmedia/ho/ho-237-sw.pdf>

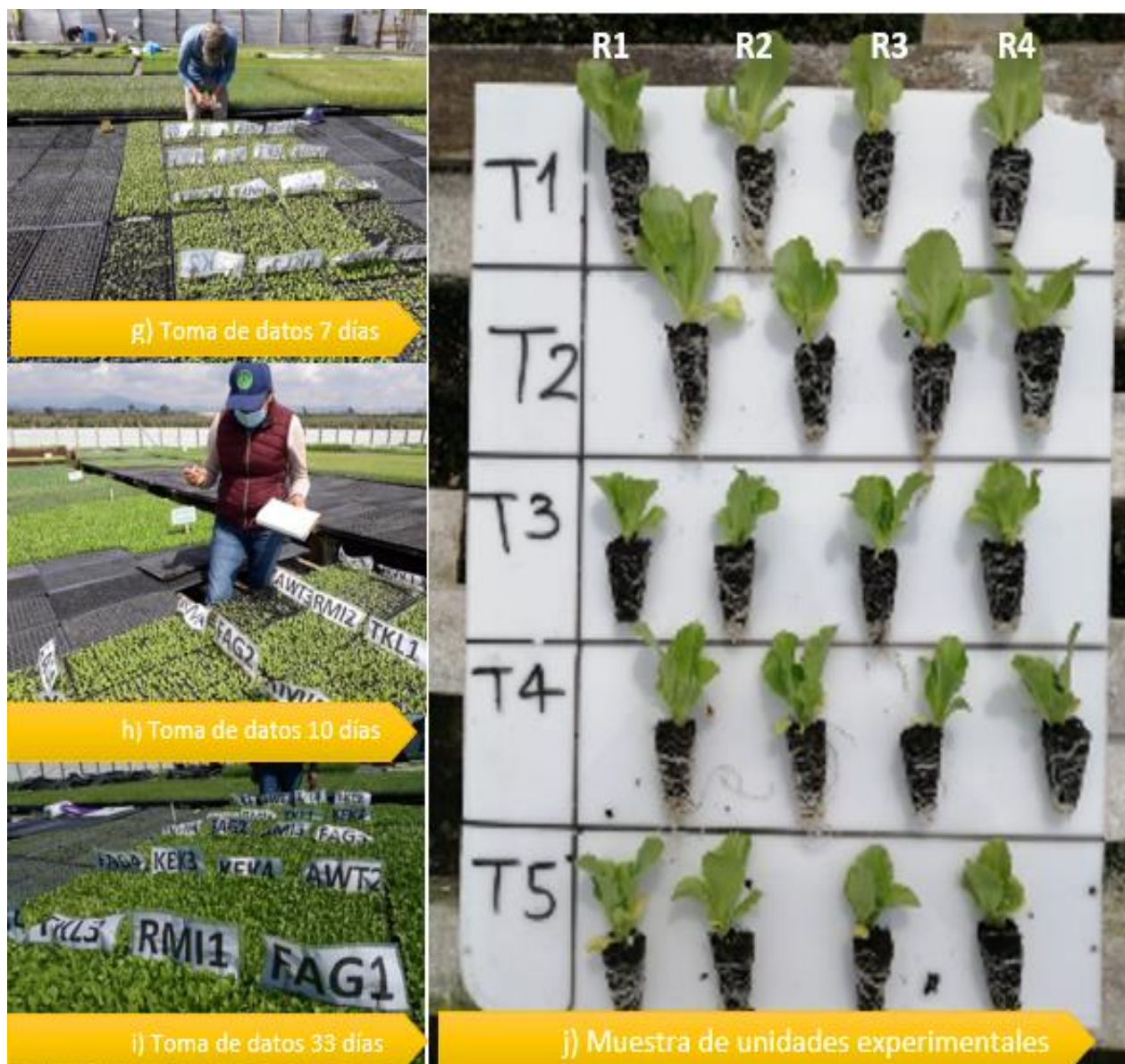


2.10.ANEXOS



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 17A. Proceso del establecimiento de la investigación.



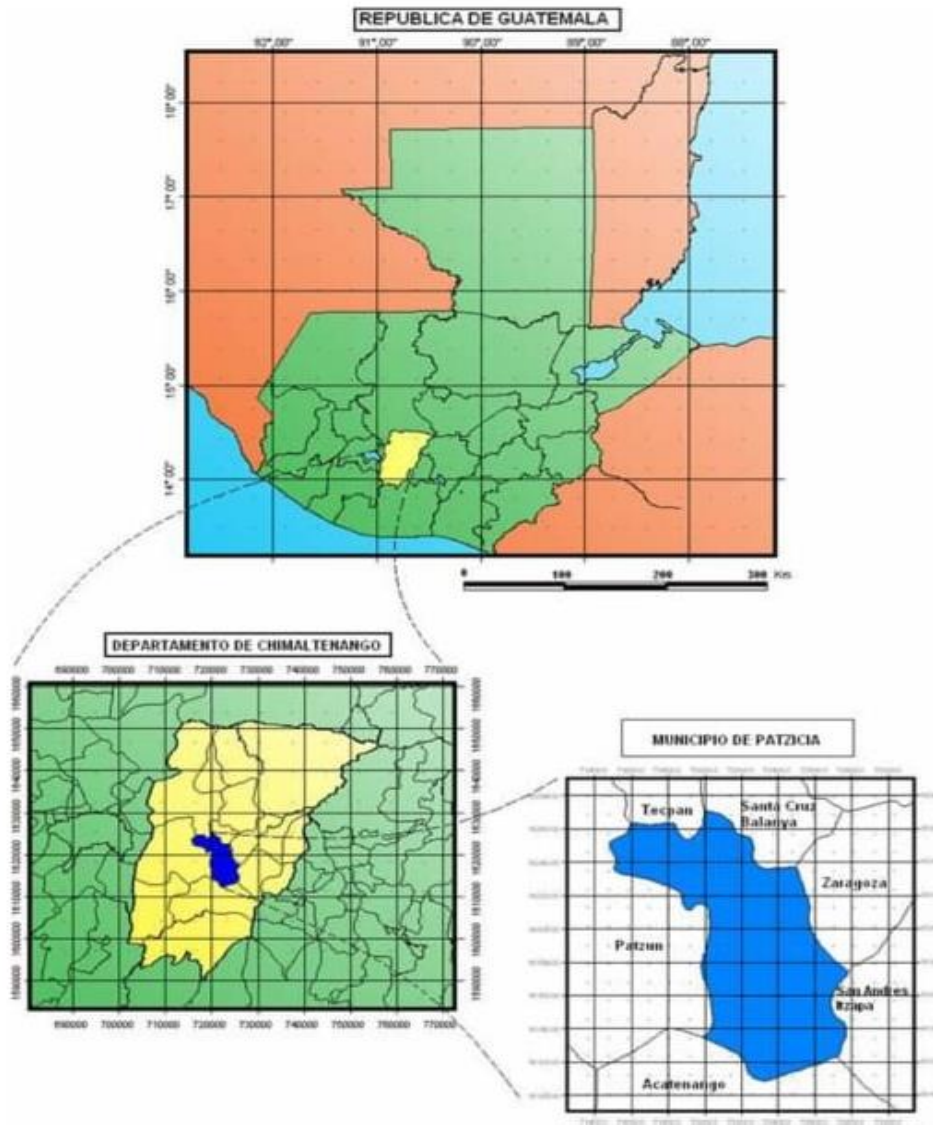
Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 18A. Lectura de los datos para las variables de respuesta.

Cuadro 29A. Resumen de los datos cuantitativos.

T	CÓDIGO	DATOS CUANTITATIVOS							
		Plantas emergidas	% emergencia	Altura (cm)	Peso fresco (g)		Peso seco (g)		
					Área foliar	Sistema radicular	Área foliar	Sistema radicular	Relación tallo/raíz
A	TKL1	46	95.83	4.94	0.836	0.527	0.49	0.25	1.92
A	TKL2	47	97.92	4.72	0.831	0.489	0.48	0.23	2.06
A	TKL3	47	97.92	4.27	0.674	0.459	0.39	0.22	1.78
A	TKL4	48	100.00	4.39	0.752	0.442	0.44	0.21	2.06
B	KEK1	47	97.92	4.8	0.941	0.412	0.51	0.19	2.63
B	KEK2	48	100.00	4.29	0.782	0.464	0.43	0.22	1.94
B	KEK3	47	97.92	4.44	0.741	0.462	0.40	0.22	1.84
B	KEK4	48	100.00	4.25	0.748	0.462	0.41	0.22	1.86
C	AWT1	46	95.83	3.94	0.573	0.315	0.29	0.15	1.92
C	AWT2	46	95.83	3.89	0.61	0.36	0.31	0.17	1.79
C	AWT3	42	87.50	3.82	0.64	0.374	0.32	0.18	1.80
C	AWT4	45	93.75	3.85	0.642	0.373	0.32	0.18	1.81
D	RMI1	47	97.92	4.38	0.695	0.431	0.37	0.21	1.77
D	RMI2	46	95.83	4.79	0.926	0.475	0.50	0.23	2.14
D	RMI3	48	100.00	4.58	0.773	0.464	0.41	0.23	1.83
D	RMI4	46	95.83	4.63	0.824	0.472	0.44	0.23	1.92
E	FAG1	48	100.00	3.92	0.653	0.449	0.37	0.22	1.71
E	FAG2	48	100.00	3.7	0.607	0.366	0.34	0.18	1.95
E	FAG3	46	95.83	4.32	0.79	0.438	0.45	0.21	2.12
E	FAG4	47	97.92	4.28	0.697	0.433	0.39	0.21	1.89

Fuente: elaboración propia, 2020.



Fuente: Ramírez S. S., 2009

Figura 19A. Ubicación geográfica del municipio de Patzicía.



FACULTAD DE AGRONOMÍA

FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



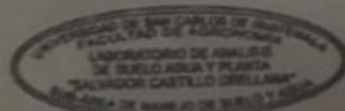
INTERESADO: ANA LUISA CACATZÍ
PROCEDENCIA: PATZICIZ, CHIMALTENANGO

ANÁLISIS QUÍMICO DE MATERIAL ORGÁNICO

IDENTIFICACIÓN	pH	μS /cm C.E.	%				ppm					%		C : N
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	C.O	NT	
KEK	5.9	1,050.0	0.08	0.32	1.63	0.26	5	15	615	15	400	41.29	1.47	28.0 :1
RMI	5.5	700.5	0.10	0.34	3.06	0.26	15	30	550	60	200	42.06	1.37	30.7 :1
AWT	5.6	1,230.0	0.06	0.18	2.38	0.11	20	20	630	20	225	42.82	1.26	34.0 :1
TKL	5.6	1,615.0	0.06	0.23	2.00	0.14	20	20	950	20	225	43.59	1.20	36.3 :1
FAG	5.6	2,470.0	0.05	0.18	2.50	0.15	15	25	525	15	375	41.29	1.17	35.3 :1

IDENTIFICACION	ppm		Meq/100gr		ppm				Meq/100gr					% SB
	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	
KEK	300	78	65.47	17.47	5.00	10.00	90.00	20.00	22.93	12.48	3.62	0.30	0.95	75.66
RMI	415	373	62.36	5.14	5.00	15.00	147.50	5.00	17.06	9.98	0.82	0.11	0.79	68.63
AWT	310	238	82.63	6.43	2.50	10.00	102.50	25.00	26.13	17.47	1.32	0.17	0.64	75.00
TKL	330	288	68.65	7.19	5.00	10.00	127.50	35.00	29.33	14.22	1.69	0.20	0.72	57.37
FAG	225	225	84.18	8.73	2.50	12.50	95.00	7.50	27.19	17.91	1.89	0.31	0.54	75.23





Fuente: laboratorio de suelo-planta-agua "Salvador Castillo Orellana" (2020).

Figura 20A. Análisis de laboratorio de los sustratos evaluados.

**CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN LA EMPRESA LOS CINCO ELEMENTOS,
PATZICÍA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA.**



3.1. PRESENTACIÓN

Durante el proceso de las actividades contempladas a desarrollar por parte del Ejercicio Profesional Supervisado, EPS, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se encuentra la elaboración de servicios dentro de la empresa que iniciaron en el mes de febrero y finalizaron en el mes de noviembre de 2020.

En el diagnóstico realizado en la empresa Los Cinco Elementos se identificó una serie de problemas en la cual se enfocó principalmente en la solución. A continuación, se describe los tres servicios realizados que se contempló en común con la gerencia de la empresa.

El primer servicio, se efectuó en el área administrativa y consistió en la planificación de siembra mensual, con este servicio se logró obtener una organización de las actividades dentro de la empresa, definiendo las especies de cepellones y la cantidad de cada uno a sembrar.

El segundo servicio realizado a nivel de producción de cepellones podemos mencionar la identificación de las áreas y sub-áreas de producción y administración para una mejor comprensión de la infraestructura de la empresa.

El tercer servicio se determinó los costos de producción de cinco variedades de cepellones de hortalizas que demanda la empresa las cuales son: apio Mambo, cebolla Santamaría, coliflor Skywalker, hierba mora o quilete y lechuga Cartagena.

Con los servicios realizados en la empresa Los Cinco Elementos se contribuyó en la mejora de procesos importantes en la operación en la empresa.

3.2. SERVICIO I: PLANIFICACIÓN DE SIEMBRA

La planificación de la siembra en la empresa, es la forma más adecuada para saber que cultivos se van a sembrar, de que cliente, que cantidad se va a sembrar.

3.2.1. Objetivo

Plantear un programa de siembra mensual de acuerdo a la época del año y demanda de las variedades.

3.2.2. Metodología

1. Se consultó a la empresa el historial de siembra de los años anteriores.
2. Se pidió al área administrativa el programa de clientes fijos para tomarlo en cuenta al momento de definir y ejecutar el programa, ya que años anteriores no se llevaba un registro preciso de cuanto programar solo se realizaba un cálculo más o menos de cuanto sembrar.
3. Así mismo, se recolectó la información sobre la situación de siembra y disponibilidad de las variedades de cepellones presentes en el momento.
4. Se verificó la demanda actual (en el momento del servicio) de las distintas variedades. Ya que en la época lluviosa hay mayor demanda y es importante llevar un mejor control en la programación de siembra.
5. Luego se realizó un análisis de las variables mencionadas para definir el programa de siembra, con el fin de evitar pérdidas de un 20 a 25 % de perdidas mensuales al momento de no llevar una programación de siembra.
6. Elaborado el programa de siembra, fue entregada al área administrativa para su aprobación.
7. Posteriormente se consultó disponibilidad de las semillas de las distintas casas comerciales.
8. Por último, se mandó la información del programa al área de siembra para su ejecución.

3.2.3.Resultados

En el siguiente cuadro se muestra el programa de siembra del mes de enero de las distintas variedades que trabaja la empresa Los Cinco Elementos, tomando en cuenta la metodología descrita anteriormente.

Cuadro 30. Descripción del programa de siembra del mes de enero del año 2020 de las distintas variedades que trabaja la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango. 2020

Los Cinco Elementos								Año 2020
Siembra mensual							Semilla	
Especies	Variedades	S1	S2	S3	S4	S5	Lote	Observación
Apio	Mambo			84	122			
	Triumph				34	110		
Brócoli	Avenger	28	75	75	75	75		
Cebolla	Red Duke			10				
	Santamaría	200	100	300	200	100		
Cebollín	Parade	5	10	20	10	10		
Coliflor	Alpina		10	10		25		
	Criollo	5			5			
	Sky Walker	25		25		25		
	Twingo			23	10			
Lechuga	Alpha	30	30	50	30	50		
	Cartagena	50		50		50		
	Legacy	53	75	52	63	18		
	New Red Fire		10		10			
	Sementel	10		20		10		
	Suprema	30	50	42	40	45		
Perejil	Liso		10		20			
Remolacha	Boro		5		5			
Repollo	Alegria	20	20	20	20	20		
	Bravo	20	75		20			
	Emblem	60	82		55	50		
	Green Boy	20	27	20	14	30		
	Parel	2.5		2.5		2.5		
	Ruby Queen	5			5			
Quilete	Criollo	20		20		20		
Total		584	579	824	738	641		

Nota: los totales son representados en millares.

3.2.4.Evaluación

Se ejecutó el planteamiento del programa de siembra semanal, mensual y anual, lo que permitió un control sobre el espacio efectivo de producción y la reducción de pérdidas por desecho de cepellones.

3.2.5.Recomendaciones

1. Seguir realizando programas de siembra de acuerdo a la época del año y demanda de las variedades para evitar pérdidas significativas y brindar un mejor servicio.
2. Llevar un control preciso de dicho programa para evitar pérdidas en la producción.

3.3. SERVICIO II: IDENTIFICACIÓN Y ROTULACIÓN DE LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN

3.3.1.Objetivo

Identificar y rotular las subáreas de interés que se encuentran en cada una de las áreas productivas.

3.3.2.Metodología

1. Se realizó un recorrido en las áreas de producción y administración para ubicar las subáreas donde se realizan las actividades.
2. Se elaboró el diseño del modelo para los rótulos.
3. Se elaboró un presupuesto para cantidad de rótulos que se requería en cada área.
4. Luego se prestó el presupuesto al área administrativa para su aprobación.
5. Posteriormente, se mandó a elaborar los rótulos.
6. Por último, se colocaron los rótulos en las áreas correspondientes.

3.3.3.Resultado

Las áreas se encuentran identificadas en una posición estratégica para que sea visible.

Las áreas que se identificaron son: oficinas, sanitarios, duchas, dormitorios, comedor, área de mezcla de agroquímicos, basureros, bodega de herramientas, servicio a domicilio y personal autorizado.

Cuadro 31. Presupuesto de la identificación y rotulación de las áreas de producción de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango. 2021

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Diseño e impresión	9	Q. 20	Q. 180
Masking tape doble cara	3	Q. 20	Q. 60
Total			Q. 240



Figura 21. Rótulos de las áreas de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía Chimaltenango, 2020.



Figura 22. Colocación de los rótulos en las áreas de producción en la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

3.3.4 Evaluación

Se elaboraron rótulos para la identificación de las subáreas de interés, con ello se logró definir el espacio para realizar cierta actividad o para la depositar los materiales, así mismo, conllevó a una mejor organización de las subáreas en las áreas de producción.

3.4.SERVICIO III: COSTO DE PRODUCCIÓN DE CEPELLONES DE HORTALIZAS DE LA EMPRESA LOS CINCO ELEMENTOS

3.4.1.Objetivos

A. Objetivo general

Determinar los costos de producción de los cepellones de hortalizas producidos en la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía Chimaltenango.

B. Objetivos específicos

1. Determinar el costo de producción de un lote de 100,000 cepellones para las variedades de hortalizas de interés.
2. Realizar un análisis económico mediante indicadores financieros, para evaluar la rentabilidad y eficiencia operativa de cada uno de los costos de producción evaluados.

3.4.2.Metodología

A. Recolección de datos

Actualmente, la empresa posee un plan de manejo definido desde la siembra hasta la cosecha para todas las hortalizas, por lo que se solicitó a la empresa, la información cuantificada de los insumos que conlleva la producción, así como una cuantificación en horas de la mano de obra cada uno de los procesos del manejo.

B. Clasificación de los costos de producción

Se realizó una clasificación por costos fijos y costos variables debidos que el costo de producción se determinara con fines de análisis económico. (AgroWin, 2011)

a. Costos fijos

Estos costos son aquellos que no cambian en función del nivel de producción, o bien, que no cambian si haya producción o no, tales como: gastos administrativos, seguros, préstamos, entre otros. (AgroWin, 2011)

Algunos de los costos fijos utilizados son: sueldos fijos, seguros, servicios de cable e internet, energía eléctrica, entre otros.

b. Costos Variables

Estos costos son aquellos que cambian en función al nivel de producción, es decir, que varían en función de la cantidad de producto producido. (AgroWin, 2011)

Algunos de los costos variables utilizados son: semillas, sustrato, bandejas, fertilizantes, mano de obra, entre otros.

C. Elaboración del formato para determinar los costos de producción

Ya teniendo los datos de los costos se procedió a elaborar un formato a través del programa Excel para determinar el costo de producción para todas las variedades de las hortalizas producidas por la empresa, en dicho formato se clasificaron los costos por fijos y variables, en ello quedará cuantificado los costos de cada una de las actividades que servirá para realizar los cálculos.

D. Definición las variedades de las hortalizas a determinar los costos de producción

Actualmente, la empresa maquila 19 tipos de hortalizas y un total de 50 variedades, de las cuales se seleccionaron 5 de interés, mayor demanda y relevancia económica para determinar los costos de producción, las cuales se presentan en el cuadro 32.

Cuadro 32. Hortalizas y sus variedades a los que se les determinó el costo de producción para la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

No.	Hortaliza	Variedad
1	Apio	Mambo
2	Cebolla	Santamaría
3	Coliflor	Sky Walker
4	Hierba mora (Quilete)	Criollo
5	Lechuga iceberg	Cartagena

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3.Cálculos para determinar los costos de producción

Posteriormente, se ingresaron los datos de cada variedad al formato definido y se insertaron las fórmulas para determinar los costos totales para una producción de 100,000 cepellones, o una cantidad acorde a la demanda en ciertos cultivos.

A. Indicadores financieros y su cálculo

Con los datos del costo de producción y con el precio de venta por millar, se determinaron los siguientes indicadores financieros:

a. Punto de equilibrio

Indica cuando los ingresos totales son iguales a los costos totales, es decir, cuando no se gana ni se pierde. Existen 2 formas por las cuales se determinó el punto de equilibrio:

i. Por unidades producidas.

$$Y = \frac{CFT}{Py - CVP}$$

En donde:

Y= Punto de equilibrio en unidades

CFT= Costos fijos totales

Py= Precio de venta

CVP= Costo variable promedio (unitario) (AgroWin, 2011)

ii. Por valor monetario.

$$Y = \frac{CFT}{1 - \frac{CVP}{Py}}$$

En donde:

Y= Punto de equilibrio en valor monetario

CFT= Costos fijos totales

Py= Precio de venta

CVP= Costo variable promedio (unitario) (AgroWin, 2011)

b. Relación beneficio costo

Compara directamente los beneficios con los costos para dar una conclusión a cerca de la viabilidad de la producción, el resultado se compara con 1; si es superior a 1 indica que los beneficios superan a los costos, si es igual a 1 indica que no hay ganancias, es decir que los beneficios son iguales a los costos y, si es menor a 1 indica que los costos son mayores que los beneficios y la producción no es viable. (Vallejos H, Chiliquinga, M. 2017)

$$B/C = \left(\frac{IT}{CT} \right)$$

En donde:

B/C= Relación beneficio/costo

IT= Ingresos totales

CT= Costos totales

c. Rentabilidad

Es el retorno o ganancia que se obtiene sobre la producción en términos porcentuales.

$$R = \left(\frac{IT - CT}{CT} \right) * 100$$

En donde:

R= Rentabilidad en porcentaje (%)

IT= Ingreso total

CT= Costo total (Vallejos H, Chiliquinga, M. 2017.)

B. Análisis de los costos de producción en base a los indicadores financieros

Se interpretaron los indicadores financieros para dar una conclusión sobre la viabilidad de la producción de un lote de 100,000 cepellones de cada una de las variedades de las hortalizas definidas.

3.4.4.Resultados

Por políticas de la empresa, los resultados no se presentarán a detalle o un desglose de cada uno de los rubros de los costos de producción, únicamente se presentará un resumen de los costos fijos, costos variables y los indicadores financieros calculados en una producción de un lote de 100,00 cepellones.

A. Cultivo de apio (*Apium graveolens* L.), variedad Mambo

En el cuadro 33 se presenta un resumen de los costos de producción de un lote de 100,000 cepellones de apio Mambo. En este cultivo se presenta un 80% de plantas viables que se cosechan; esta variedad en específica se vende a un precio de Q. 150.00 por millar de producto (Q. 0.15 por unidad), dando un ingreso total de Q. 12,000.00; los costos totales son de Q. 10,459.08 (Q. 0.13 por unidad debido al 80% de plantas viables que se comercializan).

Cuadro 33. Resumen del costo de producción de cepellones de apio, variedad Mambo de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Concepto	Total	Valor unitario	Valor/ millar
Producción neta total (80%)	80000 cepellones		80 millares
Ingreso total	Q 12,000.00	Q 0.15	Q 150.00
Costos variables	Q 9,036.63	Q 0.11	Q 112.96
Costos fijos	Q 1,422.45	Q 0.02	Q 17.78
Costos totales	Q 10,459.08	Q 0.13	Q 130.74

Nota: los datos de los costos variables, fijos y totales unitarios y por millar fueron calculados en base a la producción neta.

En el cuadro 34 se presentan los indicadores financieros del costo de producción del lote de cepellones de apio Mambo. También se presenta la interpretación de los valores obtenidos, por lo que se puede observar que la producción es viable, obteniendo un beneficio de Q. 1,540.92.

Cuadro 34. Indicadores financieros del costo de producción de cepellones de apio, variedad Mambo de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Concepto	Valor	Interpretación
Punto de equilibrio (Unidades producidas)	38,400.88	Se debe tener una producción mínima de 38,401 plantas viables para no incurrir a pérdidas
Punto de equilibrio (Quetzales)	Q 5,760.13	Se debe tener un ingreso mínimo total de Q. 5,760.13 para no incurrir a pérdidas
Relación beneficio/costo	1.15	La relación 1.15 indica que se obtiene un beneficio de Q. 0.15 por cada quetzal invertido en costo.
Rentabilidad	15%	Se tiene una rentabilidad de 15% arriba de los costos

Nota: en esta tabla se presentan los indicadores financieros del lote de apio Mambo. Fuente:

B. Cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad Santamaría

En el cuadro 35 se presenta un resumen de los costos de producción de un lote de 100,000 cepellones de cebolla Santamaría. En este cultivo se presenta un 80% de pantas viables que se cosechan; esta variedad en específica se vende a un precio de Q. 65.00 por millar de producto (Q. 0.07 por unidad), dando un ingreso total de Q. 5,200.00; los costos totales son de Q. 3,940.12 (Q. 0.05 por unidad debido al 80% de plantas viables que se comercializan).

Cuadro 35. Resumen del costo de producción de cepellones de cebolla, variedad Santamaría de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Concepto	Total	Valor unitario	Valor/ millar
Producción neta total (80%)	80000 cepellones		80 millares
Ingreso total	Q 5,200.00	Q 0.07	Q 65.00
Costos variables	Q 3,637.85	Q 0.05	Q 45.47
Costos fijos	Q 302.27	Q 0.00	Q 3.78
Costos totales	Q 3,940.12	Q 0.05	Q 49.25

Nota: los datos de los costos variables, fijos y totales unitarios y por millar fueron calculados en base a la producción neta.

En el cuadro 36 se presentan los indicadores financieros del costo de producción del lote de cepellones de cebolla Santamaría. También se presenta la interpretación de los valores obtenidos, por lo que se puede observar que la producción es viable, obteniendo un beneficio de Q. 1,259.88.

Cuadro 36. Indicadores financieros del costo de producción de cepellones de cebolla, variedad Santamaría de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Concepto	Valor	Interpretación
Punto de equilibrio (Millares producidas)	15,479.68	Se debe tener una producción mínima de 15,480 plantas viables para no incurrir a pérdidas
Punto de equilibrio (Quetzales)	Q 1,006.18	Se debe tener un ingreso mínimo total de Q. 1,006.18 para no incurrir a pérdidas
Relación beneficio/costo	1.32	La relación 1.32 indica que se obtiene un beneficio de Q. 0.32 por cada quetzal invertido en esta producción.
Rentabilidad	32%	Se tiene una rentabilidad de 32 % arriba de los costos

Nota: en esta tabla se presentan los indicadores financieros del lote de cebolla Santamaría.

C. Cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* L.) variedad Skywalker

En el cuadro 37 se presenta un resumen de los costos de producción de un lote de 100,000 cepellones de coliflor Skywalker. En este cultivo se presenta un 90% de plantas viables que se cosechan; esta variedad en especifica se vende a un precio de Q. 260.00 por millar de producto (Q. 0.26 por unidad), dando un ingreso total de Q. 23,400.00; los costos totales son de Q. 21,146.25 (Q. 0.23 por unidad debido al 90% de plantas viables que se comercializan).

Cuadro 37. Resumen del costo de producción de cepellones de variedad Skywalker de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Concepto	Total	Valor unitario	Valor/ millar
Producción neta total (90%)	90000 cepellones		90 millares
Ingreso total	Q 23,400.00	Q 0.26	Q 260.00
Costos variables	Q 20,275.00	Q 0.23	Q 225.28
Costos fijos	Q 871.25	Q 0.01	Q 9.68
Costos totales	Q 21,146.25	Q 0.23	Q 234.96

Nota: los datos de los costos variables, fijos y totales unitarios y por millar fueron calculados en base a la producción neta.

En el cuadro 37 se presentan los indicadores financieros del costo de producción del lote de cepellones de coliflor Skywalker. También se presenta la interpretación de los valores obtenidos, por lo que se puede observar que la producción es viable, obteniendo un beneficio de Q. 2,253.75.

Cuadro 38. Indicadores financieros del costo de producción de cultivo de coliflor, variedad Skywalker de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Concepto	Valor	Interpretación
Punto de equilibrio (Millares producidas)	25,092.01	Se debe tener una producción mínima de 25,092 plantas viables para no incurrir a pérdidas
Punto de equilibrio (Quetzales)	Q 6,523.92	Se debe tener un ingreso mínimo total de Q. 6,523.92 para no incurrir a pérdidas
Relación beneficio/costo	1.11	La relación 1.11 indica que se obtiene un beneficio de Q. 0.11 por cada quetzal invertido en costo.
Rentabilidad	11%	Se tiene una rentabilidad de 11% arriba de los costos

Nota: en esta tabla se presentan los indicadores financieros del lote de coliflor Skywalker.

D. Cultivo de hierba mora o quilete criolla (*Solanum nigrum* L.)

En el cuadro 39 se presenta un resumen de los costos de producción de un lote de 100,000 cepellones de hierba mora o quilete criolla. En este cultivo se presenta un 85% de plantas viables que se cosechan; esta variedad en específica se vende a un precio de Q. 120.00 por millar de producto (Q. 0.12 por unidad), dando un ingreso total de Q. 10,200.00; los costos totales son de Q. 7,579.77 (Q. 0.09 por unidad debido al 85% de plantas viables que se comercializan).

Cuadro 39. Resumen del costo de producción de cepellones de hierba mora criolla la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Concepto	Total	Valor unitario	Valor/ millar
Producción neta total (85%)	85000 cepellones		85 millares
Ingreso total	Q 10,200.00	Q 0.12	Q 120.00
Costos variables	Q 6,637.40	Q 0.08	Q 78.09
Costos fijos	Q 942.37	Q 0.01	Q 11.09
Costos totales	Q 7,579.77	Q 0.09	Q 89.17

Nota: los datos de los costos variables, fijos y totales unitarios y por millar fueron calculados en base a la producción neta.

En el cuadro 40 se presentan los indicadores financieros del costo de producción del lote de cepellones de hierba mora criolla. También se presenta la interpretación de los valores obtenidos, por lo que se puede observar que la producción es viable, obteniendo un beneficio de Q. 2,620.23.

Cuadro 40. Indicadores financieros del costo de producción de cepellones de hierba mora criolla de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Concepto	Valor	Interpretación
Punto de equilibrio (Millares producidas)	22,484.06	Se debe tener una producción mínima de 22,484 plantas viables para no incurrir a pérdidas
Punto de equilibrio (Quetzales)	Q 2,698.09	Se debe tener un ingreso mínimo total de Q. 2,698.09 para no incurrir a pérdidas
Relación beneficio/costo	1.35	La relación 1.35 indica que se obtiene un beneficio de Q. 0.35 por cada quetzal invertido en costo.
Rentabilidad	35%	Se tiene una rentabilidad de 35% arriba de los costos

Nota: en esta tabla se presentan los indicadores financieros del lote de hierba mora criolla.

E. Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Cartagena

En el cuadro 41 se presenta un resumen de los costos de producción de un lote de 100,000 cepellones de lechuga Cartagena. En este cultivo se presenta un 95% de plantas viables que se cosechan; esta variedad en específica se vende a un precio de Q. 140.00 por millar de producto (Q. 0.14 por unidad), dando un ingreso total de Q. 13,300.00; los costos totales son de Q. 11,854.43 (Q. 0.12 por unidad debido al 95% de plantas viables que se comercializan).

Cuadro 41. Resumen del costo de producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Concepto	Total	Valor unitario	Valor/ millar
Producción neta total (95%)	95000 cepellones		95 millares
Ingreso total	Q 13,300.00	Q 0.14	Q 140.00
Costos variables	Q 11,089.86	Q 0.12	Q 116.74
Costos fijos	Q 764.57	Q 0.01	Q 8.05
Costos totales	Q 11,854.43	Q 0.12	Q 124.78

Nota: los datos de los costos variables, fijos y totales unitarios y por millar fueron calculados en base a la producción neta.

En el cuadro 42 se presentan los indicadores financieros del costo de producción del lote de cepellones de lechuga Cartagena. También se presenta la interpretación de los valores obtenidos, por lo que se puede observar que la producción es viable, obteniendo un beneficio de Q. 1,445.57.

Cuadro 42. Indicadores financieros del costo de producción de cepellones de lechuga, variedad Cartagena de la empresa Los Cinco Elementos, Patzicía, Chimaltenango, 2020.

Concepto	Valor	Interpretación
Punto de equilibrio (Millares producidas)	32,863.96	Se debe tener una producción mínima de 32,864 plantas viables para no incurrir a pérdidas
Punto de equilibrio (Quetzales)	Q 4,600.95	Se debe tener un ingreso mínimo total de Q. 4,600.95 para no incurrir a pérdidas
Relación beneficio/costo	1.12	La relación 1.12 indica que se obtiene un beneficio de Q. 0.12 por cada quetzal invertido en costo.
Rentabilidad	12%	Se tiene una rentabilidad de 12 % arriba de los costos

Nota: en esta tabla se presentan los indicadores financieros del lote de lechuga Cartagena.

3.4.5.Conclusiones

1. En la producción de 100,000 cepellones en la empresa Los Cinco Elementos, se necesita un costo de producción de: Q. 10,459.08 en apio Mambo, Q. 3,940.12 en cebolla Santamaría, Q. 21,146.25 en coliflor Skywalker, Q. 7,579.77 en hierba mora criolla y Q. 11,854.43 en lechuga Cartagena, teniendo una producción neta o plantas viables que se cosecha de 80%, 80%, 90%, 85% y 95% respectivamente.
2. Para llegar a un punto de equilibrio la empresa debe producir y vender: 38,401 cepellones de apio Mambo, 15,480 cepellones de cebolla Santamaría, 25,092 de coliflor Sky Walker, 22,484 cepellones de hierba mora criolla y 32,864 cepellones de lechuga Cartagena, siendo en valor monetario Q. 5,760.13, Q. 1,006.18, Q. 6,523.92, Q. 2,698.09 y Q. 4,600.95 respetivamente. Produciendo arriba de las cantidades del punto de equilibrio anteriormente mencionadas para cada hortaliza se obtienen beneficios.
3. En la producción de los lotes de 100,000 cepellones, se obtiene una rentabilidad de: 15% en apio Mambo, 32% en cebolla Santamaría, 11% en coliflor Sky Walker, 35% en hierba mora criolla y 12 % en lechuga Cartagena, siendo buenas rentabilidades al producir varios lotes.
4. Se obtiene un beneficio de: Q. 1,540.92 el cultivo de apio Mambo, Q. 1,259.88 en el cultivo de cebolla Santamaría, Q. 2,253.75 en el cultivo de coliflor Sky Walker, Q. 2,620.23 en el cultivo de hierba mora criolla y Q. 1,445.57 en el cultivo de lechuga Cartagena, en una producción de 100,000 cepellones.

3.4.6.Recomendaciones

1. Es necesario determinar los costos de producción de cada una de las 45 variedades restantes, para poder determinar la variación del costo de producción al momento de algún cambio de alguno de los insumos, jornal de mano de obra o de los cargos indirectos que conlleva la producción de cierta variedad, así como determinar las pérdidas que se tendrán en una mala producción o una producción descartada.
2. Realizar una cuantificación más precisa de los costos variables que conlleva la producción cepellones de hortalizas producidos por la empresa, con el fin de realizar una estimación más precisa.
3. Evaluar la situación económica de la empresa por medio de estados financieros (balance general, estado de resultados y flujo de efectivo).

3.4.7. Bibliografía

1. AgroWin. (2011). *Manual costo de produccion*. InSoft Ltda.
<http://www.agrowin.com/documentos/manual-costos-de-produccion/MANUAL-COSTOS-AGROWIN-CAP1-2y3.pdf>
2. Vallejos Orbe, H. M. & Chilibingua Jaramillo, M. P. (2017). *Costos. Modalidad órdenes de producción* [Archivo PDF]. Ecuador: Universidad Técnica del Norte. Editorial UTN
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7077/1/LIBRO%20Costos.pdf>



3.4.8. Anexos



Figura 23A. Cepellones de apio variedad Mambo.



Figura 24A. Cepellones de cebolla variedad Santamaría



Figura 25A. Cepellones de coliflor variedad Skywalker.



Figura 26A. Cepellones de hierba mora o quilete.



Figura 27A. Cepellones de lechuga variedad Cartagena.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
COORDINACIÓN ÁREA INTEGRADA

DICTAMEN DE REUNIÓN ACADÉMICA II
Período: Febrero – Noviembre de 2020

Nombre Estudiante: Ana Eliza Cacatzí Pichiya
Fecha de Realización: 18 de febrero 2021

Carné: 201408051

Título: EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN DE CEPELLONES DE LECHUGA (*Lactuca sativa*) TIPO ICEBERG, VARIEDAD CARTAGENA EN LA EMPRESA LOS CINCO ELEMENTOS, PATZICIA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA.

TERNA EVALUADORA:

Evaluador IIA: Ing. Agr. Walter Tello
Asesor Específico: Ing. Agr. Edgar Franco
Docente Asesor: Dr. Aníbal Sacabajá (Coordinador del Evento)

EVALUACIÓN:

-Presentación Oral	30 (35/70)	Incorporar Observaciones
-Documento	30 (35/70)	Repetir Documento

X

La terna evaluadora de la Reunión Académica II, considera que el trabajo del estudiante ha sido APROBADO PARA SU INTEGRACIÓN. Sin embargo, deberá tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

Recomendaciones:

- Mejorar la redacción y ortografía de todo el documento.
- Antecedentes de investigaciones relacionarlos con los resultados encontrados.
- Discutir los resultados obtenidos.
- Relacionar los resultados de los análisis realizados en los sustratos evaluados con las variables evaluadas.

NOTA: Si el trabajo ha sido aprobado, tiene diez días hábiles para elaborar las correcciones y presentarlas oficialmente al Supervisor-Docente del EPS. Si el trabajo está sujeto a cambios, tiene diez días hábiles para su replanteamiento y presentación oficial al supervisor Docente del EPS.

Fecha de Entrega del dictamen: 4 marzo 2021

Firma de Recibido: _____


Dr. Aníbal Sacabajá Galindo
Coordinador del Evento


Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Rey
Coordinador Área Integrada – EPS





Trabajo de Graduación: "EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN DE PILONES DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) TIPO ICEBERG, VARIEDAD CARTAGENA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN LA EMPRESA LOS CINCO ELEMENTOS, PATZICÍA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A."

Estudiante: Ana Elisa Cacatzl Pichiyá

Carné: 201408051

"IMPRÍMASE"

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

