



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**CARRERA DE BIOLOGÍA**

**HUERTOS DE PARED CON PLANTAS AROMÁTICAS Y SU  
POTENCIAL PARA SER ESTABLECIDOS EN LAS COCINAS  
MEXICANAS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
B I Ó L O G A  
P R E S E N T A :  
CECILIA MONTES PÉREZ**

**JURADO DE EXAMEN**

**DIRECTORA: DRA. MARÍA DEL SOCORRO OROZCO ALMANZA  
ASESOR: M. EN C. ARMANDO CERVANTES SANDOVAL  
ASESOR: BIÓL. JUAN ROMERO ARREDONDO  
SINODAL: DR. GERARDO CRUZ FLORES  
SINODAL: DR. ARCADIO MONROY ATA**



**Investigación financiada por PAPIME proyecto 203824**

**CIUDAD DE MÉXICO**

**2024**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## ***Dedicatoria***

*A mi madre Adriana Pérez Juárez, por darme su apoyo incondicional, por hacer todo en su entender para comprenderme, por haber luchado para sacarme adelante y darme más de lo que he necesitado. Por ser mi ejemplo a seguir, mi pilar y mi sostén.*

*A mi difunto abuelo Abel Pérez García, por haberme acogido en sus manos como una hija más, por ser mi cómplice, mi amigo y mi refugio.*

*A Carmen, por quererme como solo una abuela sabe y por su gran apoyo.*

*A Kuma, porque sin saberlo, esos ojitos que no ven me llenaron de vida.*

## **Agradecimientos**

A la Universidad Nacional Autónoma de México y Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por ser mi segunda casa, mi orgullo y por brindarme las herramientas para forjar mi camino.

A la Dra. María del Socorro Orozco Almanza por darme la oportunidad de unirme a su equipo de trabajo en el momento de incertidumbre que fue la pandemia, por su tiempo, su paciencia, su apoyo y su sabiduría, que fueron invaluable no solo para este trabajo, sino también para mi formación profesional.

A los profesores Roberto Ramos González y María de Jesús Rojas Cortés, por sus conocimientos, comentarios y experiencia, que robustecieron este trabajo y me proporcionaron nuevos puntos de vista.

A mis sinodales, Armando Cervantes Sandoval, Biol. Juan Romero Arredondo, Dr. Arcadio Monroy Ata, por su tiempo, experiencia y aportaciones que dedicaron a este trabajo para hacerlo lo mejor posible.

A mis profesores de la carrera de biología, quienes regaron mi pasión por la biología y fertilizaron con su amplia experiencia y conocimiento en sus campos.

A mis amigos, Sergio, Lucía y Karen, quienes me apoyaron cuando más lo necesité y fueron parte esencial en mi vida.

## Contenido

<b>Contenido</b>	<b>3</b>
<b>Resumen</b>	<b>14</b>
<b>I. Introducción</b>	<b>15</b>
<b>II. Antecedentes</b>	<b>16</b>
<b>III. Marco teórico</b>	<b>17</b>
3.1. Huertos verticales	17
3.1.2. Beneficios de los huertos verticales	18
3.1.2.1. Beneficios ambientales	18
3.1.2.2. Beneficios sociales	18
3.1.2.3. Beneficios económicos	18
3.2. Agricultura orgánica	18
3.3. Las cocinas mexicanas	19
3.4. Características de las especies aromáticas a estudiar	20
3.4.1. Albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> L.) (Fig.1).	20
3.4.1.1. Características botánicas	20
3.4.1.2. Cultivo	21
3.4.1.3. Usos	21
3.4.1.4. Partes utilizadas	21
3.4.2. Cilantro ( <i>Coriandrum sativum</i> L.) (Fig 2).	22
3.4.2.1. Características botánicas	22
3.4.2.2. Cultivo	22
3.4.2.3. Usos	23
3.4.2.4. Partes utilizadas	23
3.4.3. Cebollín [ <i>Allium schoenoprasum</i> Dumort., <i>Florula Belgica</i> (1827)] (Fig 3).	24
3.4.3.1. Características botánicas	24
3.4.3.2. Cultivo	24
3.4.3.3. Usos	25
3.4.3.4. Partes utilizadas	25
3.4.4. Romero [ <i>Rosmarinus officinalis</i> L., <i>Sp. Pl.</i> 1: 23 (1753)] (Fig. 4).	25
3.4.4.1. Características botánicas	26
3.4.4.2. Cultivo	26
3.4.4.3. Usos	26
3.4.4.4. Partes utilizadas	27
3.4.5. Perejil [ <i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Fuss, <i>Fl. Transsilv.</i> 254 (1866)] (Fig. 5)	27
3.4.5.1. Características botánicas	27
3.4.5.2. Cultivo	28
3.4.5.3. Usos	28
3.4.5.4. Partes utilizadas	28

3.4.6. Requerimientos para el cultivo de las cinco especies	29
3.5. Variables ambientales durante el crecimiento de las especies	30
3.6. Sustratos de cultivo	30
3.7. Variables edáficas durante el crecimiento de las especies	31
<b>IV. Hipótesis</b>	<b>31</b>
<b>V. Justificación</b>	<b>32</b>
<b>VI. Objetivos</b>	<b>32</b>
7.1. Objetivo general	32
7.2. Objetivos particulares	32
<b>VII. Metodología</b>	<b>33</b>
7.1. Esquema de metodología	33
7.2. Localización del área estudio	35
7.3. Elaboración de abonos orgánicos	35
7.4. Diseño de los sistemas de cultivo	36
7.4.1. Espacios reducidos en las cocinas mexicanas e investigación de las especies aromáticas más demandadas	36
7.4.2. Requerimientos del espacio dentro de las cocinas	36
7.5. Construcción de los sistemas de cultivo	36
7.6. Experimento 1	38
7.6.1. Obtención de germoplasma	38
7.6.2. Elaboración de sustratos	38
7.6.3. Propagación de especies	38
7.6.4. Labores culturales	39
7.7. Experimento 2	40
7.7.1. Obtención de germoplasma	40
7.7.2. Elaboración de sustratos	40
7.7.3. Trasplante de las plantas a las celdas de los diferentes huertos	41
7.7.4. Labores culturales	41
7.8. Variables de respuesta	41
7.8.1. Variables ambientales	41
7.8.2. Variables edáficas	41
7.9. Variables de respuesta durante el crecimiento de las especies	41
7.10. Análisis estadístico	42
<b>VIII. Resultados</b>	<b>43</b>
8.1. Diseño de huertos verticales de especies aromáticas	43
8.1.1. Encuesta para la definición de especies y espacio	43
8.1.1.1. Cocinas mexicanas	44
8.1.1.2. Plantas aromáticas más utilizadas por la población encuestada	46
8.2. Experimento 1	47
8.2.1. Diseño y construcción del huerto vertical de plantas aromáticas	47
8.2.2. Emergencia acumulada de las especies aromáticas propagadas por semilla	49

8.2.3. Tiempo promedio de emergencia de las especies aromáticas	50
8.2.3.1. Albahaca, Cilantro y Perejil	50
8.2.4 Tratamiento 1 (Huerto a sol directo)	51
8.2.5. Tratamiento 2 (huerto cultivado bajo media sombra)	55
8.2.6. Tratamiento 3 (cultivos con lámparas LED de crecimiento vegetal)	59
8.2.7. Comparación del crecimiento y rendimiento de las especies en los tres tipos de huertos	64
8.2.7.1. Albahaca	64
8.2.7.2. Cilantro	67
8.2.7.3. Cebollín	70
8.2.7.4. Romero	73
8.2.7.5. Perejil	76
8.3. Experimento 2 (Las especies se compraron en el mercado de plantas “Acuexcomatl” y se trasplantaron. En este experimento cada especie se trabajó con un solo sustrato)	80
8.3.2. Tratamiento 1 (a sol directo)	80
8.3.3. Tratamiento 2 (a media sombra)	85
8.3.4. Tratamiento 3 (a lámparas de crecimiento)	89
8.3.5. Comparación del crecimiento y rendimiento de las especies en los diferentes huertos.	93
8.3.5.1. Albahaca	93
8.3.5.2. Cilantro	96
8.3.5.3. Cebollín	99
8.3.5.4. Romero	102
8.3.5.5. Perejil	105
8.3.6. Radiación solar y Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR)	108
<b>IX. Discusión</b>	<b>109</b>
9.1. Diseño de sistema de muro vertical para el crecimiento de plantas aromáticas	109
9.2. Crecimiento y supervivencia de las especies aromáticas	111
9.2.1. Experimento 1	111
9.2.1.1. Porcentaje de emergencia	111
9.2.1.2. Crecimiento y supervivencia de las especies	112
9.2.1.2.1. Albahaca	112
9.2.1.2.2. Cilantro	113
9.2.1.2.4. Romero	115
9.2.1.2.5. Perejil	116
9.2.1.8. Requerimientos del cultivo	117
9.2.2. Experimento 2	118
9.2.2.1. Albahaca	118
9.2.2.2. Cilantro	119
9.2.2.3. Cebollín	121
9.2.2.4. Romero	122

9.2.2.5. Perejil	123
9.2.2.6. Requerimientos del cultivo	124
9.3. Rendimiento de las especies aromáticas	125
9.3.1. Experimento 1	125
9.3.1.1. Albahaca	125
9.3.1.2. Cilantro	125
9.3.1.3. Cebollín	125
9.3.1.4. Romero	126
9.3.1.5. Perejil	126
9.3.2. Experimento 2	126
9.3.2.1. Albahaca	126
9.3.2.2. Cilantro	126
9.3.2.3. Cebollín	127
9.3.2.4. Romero	127
9.3.2.5. Perejil	127
<b>X. Conclusiones</b>	<b>128</b>
<b>XI. Referencias</b>	<b>130</b>
<b>XIII. Anexos</b>	<b>141</b>
Anexo 1. Preparación de bocashi	141
Anexo 2. Entrevistas	142
Anexo 3. Análisis de fertilidad de suelos	146
Anexo 4. Biopreparados	148

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Requerimientos de luz, sustrato, pH, riego y otras características importantes para el cultivo de albahaca, cebollín, cilantro, perejil y romero	26
Cuadro 2. Tiempo promedio de emergencia de plántulas de albahaca, cilantro y perejil	46
Cuadro 3. Atributos del rendimiento de las plantas aromáticas al momento de cosecha	48
Cuadro 4. Organismos potencialmente plagas registrados en albahaca y cilantro	49
Cuadro 5. pH y CE de los sustratos en los que se desarrollaron las especies aromáticas durante los tres meses de su cultivo	49
Cuadro 6. Costo de producción de un huerto vertical de plantas aromáticas a sol directo	50
Cuadro 7. Atributos del rendimiento de las plantas aromáticas al momento de cosecha	52
Cuadro 8. pH y CE de los sustratos en los que se desarrollaron las especies aromáticas durante los tres meses de su permanencia en los huertos verticales a media sombra	53
Cuadro 9. Costo de la producción de un huerto vertical de plantas aromáticas a media sombra	54
Cuadro 10. Atributos del rendimiento de las plantas aromáticas al momento de cosecha	56
Cuadro 11. Organismos potencialmente plagas registrados en los huertos cultivados con lámparas	57
Cuadro 12. pH y CE de los sustratos en los que se desarrollaron las especies aromáticas durante los tres meses de su cultivo en los huertos verticales con lámparas LED	58
Cuadro 13. Costo de la producción de un huerto vertical de plantas aromáticas	59

Cuadro 14. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de albahaca en los distintos tratamientos	62
Cuadro 15. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de cilantro en los distintos tratamientos	65
Cuadro 16. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de cebollín en los distintos tratamientos	68
Cuadro 17. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de romero en los tres tipos de huertos	71
Cuadro 18. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de perejil en los distintos tratamientos	74
Cuadro 19. Radiación solar en tres niveles de altura sobre los sistemas de cultivo en los distintos tratamientos.	74
Cuadro 20. PAR en cuatro niveles de altura sobre los sistemas de cultivo en los distintos tratamientos (tres tipos de huertos)	75
Cuadro 21. Atributos del rendimiento al momento de la cosecha	76
Cuadro 22. Organismos potencialmente plaga registrados en el tratamiento 1	78
Cuadro 23. pH y CE de los sustratos en los que se desarrollaron las especies aromáticas durante los tres meses de su permanencia en los huertos verticales del tratamiento 1	79
Cuadro 24. Costo de la producción de un huerto vertical de plantas aromáticas a media sombra	80
Cuadro 25. Atributos del rendimiento al momento de la cosecha	81
Cuadro 26. pH y CE de los sustratos en los que se desarrollaron las especies aromáticas durante los tres meses de su permanencia en los huertos verticales del tratamiento 2.	82
Cuadro 27. Costo de la producción de un huerto vertical de plantas aromáticas a media sombra	83
Cuadro 28. Atributos del rendimiento al momento de la cosecha	85
Cuadro 29. Organismos potencialmente plagas que se registraron en los huertos cultivados con lámparas LED	86
Cuadro 30. pH y CE de los sustratos en los que se desarrollaron las especies aromáticas durante los tres meses de su permanencia en los huertos verticales del tratamiento 3.	87
Cuadro 31. Costo de la producción de un huerto vertical de plantas aromáticas	88
Cuadro 32. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de albahaca en los distintos tratamientos.	91
Cuadro 33. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de cilantro en los distintos tratamientos.	94
Cuadro 34. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca, rendimiento y número de bulbos al momento de la recolecta de las plantas de cebollín en los distintos tratamientos.	97
Cuadro 35. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de romero en los distintos tratamientos.	100
Cuadro 36. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de perejil en los distintos tratamientos.	103
Cuadro 37. Radiación solar en tres niveles de altura sobre los sistemas de cultivo en los distintos tratamientos.	103
Cuadro 38. PAR en cuatro niveles de altura sobre los sistemas de cultivo en los distintos tratamientos.	104

## Índice de Figuras



Figura 1. Parte aérea de una planta de <i>Ocimum basilicum</i> tomada al término del experimento 2 (180 días de edad).	17
Figura 2. Partes aéreas de una planta de <i>Coriandrum sativum</i> tomada al término del experimento 2 (180 días).	19
Figura 3. Partes aéreas de una planta de <i>Allium schoenoprasum</i> tomada al término del experimento 1 (180 días de edad).	21
Figura 4. Fotografía de una planta de <i>Rosmarinus officinalis</i> tomada al término del primer experimento (180 días de edad).	23
Figura 5. Fotografía de una planta de <i>Petroselinum crispum</i> tomada al término del primer experimento (90 días de edad).	24
Figura 6. Esquema de la metodología resumida.	30
Figura 7. Centro de Capacitación en Agricultura Urbana Ecológica “Chimalxochipan” de la Unidad de Investigación en Ecología Vegetal, de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza	31
Figura 8: Elaboración de abono orgánico bokashi	31
Figura 9. Fotografías de los microambientes de cada tratamiento; 9a. Sistemas de cultivo del tratamiento 1 (sol directo); 9b. Sistemas de cultivo del tratamiento 2 (media sombra); 9c. Sistemas de cultivo del tratamiento 3 (lámparas de crecimiento)	33
Figura 10. Propagación sexual de las especies albahaca y cilantro en almácigos	34
Figura 11. Propagación sexual de perejil al voleo	34
Figura 12: Realización de labores culturales en los huertos verticales	35
Figura 13. Características de los 100 mexicanos encuestados. 13a. Género de las personas encuestadas; 13b. Profesión de las personas encuestadas; 13c. Edades de las personas encuestadas; 13d. Estados de procedencia de las personas encuestadas	39
Figura 14. Altura de las cocinas de las personas mexicanas	40
Figura 15. Iluminación de las cocinas mexicanas	40
Figura 16. Disponibilidad de un espacio de 1.50 x 0.50 m en una de las paredes de la cocina	41
Figura 17. Especies aromáticas más empleadas por mexicanos	41
Figura 18. Sistema de cultivo vertical compuesto por una zapatera de boca ancha y un marco de madera. 16a. Vista frontal del sistema de cultivo; 19b. Vista lateral del sistema de cultivo; 19c. Vista dorsal del sistema de cultivo.	43
Figura 19. Fotografías de los microambientes de cada tratamiento; 19a. Sistemas de cultivo del tratamiento 1 (sol directo); 19b. Sistemas de cultivo del tratamiento 2 (media sombra); 20c. Sistemas de cultivo del tratamiento 3 (lámparas de crecimiento)	44
Figura 20. Emergencia acumulada de plántulas de albahaca	45
Figura 21. Emergencia acumulada de plántulas de cilantro	45
Figura 22. Emergencia acumulada de plántulas de perejil	46
Figura 23. Supervivencia de las especies aromáticas cultivadas a sol directo	47
Figura 24. Altura promedio de las especies aromáticas cultivadas a sol directo	47
Figura 25. Cobertura promedio de las especies aromáticas cultivadas a sol directo	48
Figura 26. Especies aromáticas a los tres meses de su cultivo en los huertos verticales a sol directo	48
Figura 27. Caracoles como organismos potencialmente plagas en las plantas de albahaca y cilantro	49
Figura 28. Humedad relativa y temperatura del micrositio del huerto a sol directo. 28a: Temperatura (°C); 28b: Humedad relativa (%).	50
Figura 29. Supervivencia de las especies aromáticas cultivadas a media sombra	51
Figura 30. Altura promedio de las especies aromáticas cultivadas a media sombra	52

Figura 31. Cobertura promedio de las especies aromáticas cultivadas a media sombra	52
Figura 32. Especies aromáticas a los tres meses de su cultivo en los huertos verticales a media sombra	53
Figura 33. Humedad relativa y temperatura del micrositio de los huertos a media sombra. 33a: Temperatura (°C); 33b: Humedad relativa (%).	54
Figura 34. Supervivencia de las especies aromáticas cultivadas a lámparas LED de crecimiento vegetal	55
Figura 35. Altura promedio de las especies aromáticas cultivadas con lámparas LED de crecimiento vegetal	55
Figura 36. Cobertura promedio de las especies aromáticas cultivadas con lámparas LED de crecimiento vegetal	56
Figura 37. Especies aromáticas a los tres meses de su cultivo en los huertos verticales con lámparas LED de crecimiento vegetal	57
Figura 38: Babosas como organismos potencialmente plagas en albahaca, cilantro y cebollín.	58
Figura 39. Humedad relativa y temperatura del micrositio de los huertos con lámparas LED de crecimiento vegetal. 39a: Temperatura (°C); 39b: Humedad relativa (%).	58
Figura 40. Comparación de la altura promedio de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos	60
Figura 41. Comparación de la cobertura promedio de las plantas de albahaca en los distintos tratamientos	60
Figura 42. Comparación de la supervivencia de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos	61
Figura 43. Comparación de la TCR promedio de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos	61
Figura 44. Comparación del ICD de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos	62
Figura 45. Comparación del ICD de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos	63
Figura 46. Comparación de la cobertura de las plantas de cilantro en los tres tipos de huertos	63
Figura 47. Comparación de la supervivencia de las plantas de cilantro en los distintos tratamientos	64
Figura 48. Comparación de la TCR de las plantas de cilantro en los distintos tratamientos	64
Figura 49. Comparación del ICD de las plantas de cilantro en los tres tipos de huertos	65
Figura 50. Comparación de la altura de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos	66
Figura 51. Comparación de la cobertura de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos	66
Figura 52. Comparación de la supervivencia de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos	67
Figura 53. Comparación de la TCR de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos	67
Figura 54. Comparación del Índice de Calidad de Dickson de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos.	68
Figura 55. Comparación de la altura de las plantas de romero en los tres tipos de huertos	69
Figura 56. Comparación de la cobertura de las plantas de romero en los tres tipos de huertos	69

Figura 57. Comparación de la supervivencia de las plantas de romero en los tres tipos de huertos	70
Figura 58. Comparación de la Tasa de Crecimiento Relativo de las plantas de romero en los tres tipos de huertos	70
Figura 59. Comparación del ICD de las plantas de romero en los tres tipos de huertos	71
Figura 60. Comparación de la altura de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos	72
Figura 61. Comparación de la cobertura de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos	72
Figura 62. Comparación de la supervivencia de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos	73
Figura 63. Comparación de la Tasa de Crecimiento Relativo de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos	73
Figura 64. Comparación del ICD de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos	74
Figura 65. Supervivencia de las especies aromáticas cultivadas a sol directo	76
Figura 66. Altura de las especies aromáticas cultivadas a sol directo	76
Figura 67. Cobertura foliar de las especies aromáticas cultivadas a sol directo	77
Figura 68. Especies aromáticas a los tres meses de su permanencia en los huertos verticales cultivadas a sol directo	78
Figura 69. Organismos potencialmente plaga registrados en el tratamiento 1. 69a: Caracol depredando una planta de albahaca. 69b: tierra de diatomeas como controlador de los caracoles.	78
Figura 70. Humedad relativa y temperatura del microambiente del tratamiento 1. Figura 70a. Temperatura (°C). Figura 70b. Humedad relativa	79
Figura 71. Supervivencia de las especies aromáticas cultivadas a media sombra	80
Figura 72. Altura de las especies aromáticas cultivadas a media sombra	81
Figura 73. Cobertura foliar de las especies aromáticas cultivadas a media sombra	81
Figura 74. Especies aromáticas a los tres meses de su permanencia en los huertos verticales cultivadas a media sombra	82
Figura 75. Humedad relativa y temperatura del microambiente del tratamiento 2. 75a: Temperatura (°C); 75b: Humedad relativa (%).	83
Figura 76. Supervivencia de las especies aromáticas cultivadas con lámparas LED de crecimiento vegetal	84
Figura 77. Altura de las especies aromáticas cultivadas con lámparas LED de crecimiento vegetal	84
Figura 78. Cobertura foliar de las especies aromáticas cultivadas con lámparas LED de crecimiento vegetal	85
Figura 79. Especies aromáticas a los tres meses de su permanencia en los huertos verticales cultivados con lámparas LED de crecimiento vegetal	86
Figura 80. Organismos potencialmente plagas que se registraron en los huertos verticales cultivados con lámparas LED.	86
Figura 81. Humedad relativa y temperatura del microambiente del tratamiento 2. 81a: Temperatura (°C); 81b: Humedad relativa (%).	87
Figura 82. Comparación de la altura de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos (tratamientos)	89
Figura 83. Comparación de la cobertura de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos (tratamientos)	89
Figura 84. Comparación del porcentaje de supervivencia de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos (tratamientos)	90

Figura 85. Comparación de la TCR de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos (tratamientos)	90
Figura 86. Comparación del ICD de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos (tratamientos)	91
Figura 87. Comparación de la altura de las plantas de cilantro en los tres tipos de huertos (tratamientos)	92
Figura 88. Comparación de la cobertura de las plantas de cilantro en los tres tipos de huertos (tratamientos)	92
Figura 89. Comparación del porcentaje de supervivencia de las plantas de cilantro en los tres tipos de huertos (tratamientos)	93
Figura 90. Comparación de la TCR de las plantas de cilantro en los tres tipos de huertos (tratamientos)	93
Figura 91. Comparación del ICD de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos (tratamientos)	94
Figura 92. Comparación de la altura de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos (tratamientos)	95
Figura 93. Comparación de la cobertura de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos (tratamientos)	95
Figura 94. Comparación del porcentaje de supervivencia de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos (tratamientos)	96
Figura 95. Comparación de la TCR de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos (tratamientos)	96
Figura 96. Comparación del ICD de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos (tratamientos)	97
Figura 97. Comparación de la altura de las plantas de romero en los tres tipos de huertos (tratamientos)	98
Figura 98. Comparación de la cobertura de las plantas de romero en los tres tipos de huertos (tratamientos)	98
Figura 99. Comparación del porcentaje de supervivencia de las plantas de romero en los tres tipos de huertos (tratamientos)	99
Figura 100. Comparación de la TCR de las plantas de romero en los tres tipos de huertos (tratamientos)	99
Figura 101. Comparación del ICD de las plantas de romero en los tres tipos de huertos (tratamientos)	100
Figura 102. Comparación de la altura de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos (tratamientos)	101
Figura 103. Comparación de la cobertura de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos (tratamientos)	101
Figura 104. Comparación del porcentaje de supervivencia de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos (tratamientos)	102
Figura 105. Comparación de la TCR de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos (tratamientos)	102
Figura 106. Comparación del ICD de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos (tratamientos)	103
Figura 107. Datos generales de los entrevistados.	137
Figura 108. Segunda parte de los datos generales de los entrevistados.	138
Figura 109. Delimitación de los espacios dentro de las cocinas mexicanas.	139
Figura 110. Especies aromáticas más utilizadas en las cocinas mexicanas.	140

Figura 111. Análisis de fertilidad de los sustratos empleados. S-1072: sustrato 1; S-1073: sustrato 2, S-1074: sustrato 3 y S-347: abono orgánico. 141

Figura 112. Análisis de fertilidad de los sustratos empleados. 481: sustrato y S-347: abono orgánico. 142

## Resumen

La demanda de alimento sano, libre de metales pesados, fertilizantes y plaguicidas químicos crece cada vez más, así que la construcción de huertos verticales en espacios disponibles en las cocinas mexicanas es una alternativa viable, para cultivar y obtener especies aromáticas con uso gastronómico o medicinal. El objetivo de este trabajo fue diseñar y construir un huerto vertical de bajo costo y viable para la producción ecológica de cinco especies aromáticas (albahaca, cilantro, cebollín, romero y perejil), con potencial de ser instaladas en espacios reducidos y con diferentes condiciones de luz.

Con base en las características de 100 cocinas mexicanas, se establecieron los tratamientos de luz para el cultivo de las especies. Se establecieron tres tratamientos: 1) Sol directo (SD); 2) Media sombra (MS) y c) Lámparas de crecimiento (LdC), cada uno con tres repeticiones. Los sistemas de cultivo se construyeron con zapateras y marcos de madera. Se realizaron dos experimentos, en el primero se propagaron las especies, en tres sustratos: S1: tierra, perlita, turba y bocashi (40:20:20:20); S2: tierra, tezontle, turba y bocashi (40:20:20:20); S3: tierra, perlita, turba y bocashi (40:30:10:20). En el segundo se trasplantaron los individuos comprados en el mercado "Acuexcomatl" y se utilizó un sustrato: tierra, vermiculita, tezontle y bocashi (60:15:15:10). Se midió el crecimiento de las especies (altura, cobertura, supervivencia y el rendimiento peso fresco y seco/ especie) y fueron monitoreadas las condiciones edáficas (pH y conductividad eléctrica) y climáticas de los microambientes (temperatura y humedad relativa).

Los resultados muestran que en el experimento 1, la albahaca y cilantro superaron 75% de emergencia, el perejil presentó 50%, y los bulbos de cebollín emergieron en un 100%. Respecto al crecimiento, rendimiento y supervivencia de las especies, estos fueron mayores en SD para cebollín y romero; en el caso de albahaca y cilantro el mayor crecimiento y rendimiento fue en MS y para perejil en LdC con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). En el segundo experimento el mayor crecimiento, rendimiento y supervivencia se alcanzó en MS para las cinco especies, seguido del tratamiento SD y el tratamiento LdC presentó los menores resultados con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). Se concluye que los mejores resultados de crecimiento, rendimiento y supervivencia para ambos experimentos se presentaron al emplear un único sustrato y el tratamiento MS. En los huertos de MS y SD se recomienda cultivar las cinco especies aromáticas. Para los huertos que requieren luz artificial se recomienda cultivar albahaca, cebollín y perejil cuidando de las necesidades de riego. Por lo anterior se puede afirmar que los huertos de pared construidos con zapateras son una opción viable para cultivar especies aromáticas y tenerlas siempre disponibles en las cocinas mexicanas.

## I. Introducción

Las plantas aromáticas son un elemento fundamental en la gastronomía mexicana desde la antigüedad debido a los aromas y sabores que ofrecen (Juárez-Rosete *et al.*, 2013).

En la actualidad las especies aromáticas se cultivan bajo el sistema de la agricultura industrial, sin embargo, este sistema promueve el monocultivo y por lo tanto fomenta la vulnerabilidad a las infestaciones de malezas, invasiones de insectos, epidemias de enfermedades, así como al cambio climático. De la misma forma se emplean pesticidas y fertilizantes de forma masiva. Estos químicos acaban en los sistemas de agua, aire y suelo, donde causan daños ambientales tales como la disminución de organismos benéficos, polinizadores, enemigos naturales de las plagas, aves y microorganismos del suelo y a la salud humana (Alteri y Nichols, 2020). Igualmente, para regar en ocasiones se utilizan aguas residuales, cargando a los cultivos de organismos patógenos como bacterias coliformes fecales, virus de la hepatitis, nemátodos, así como de metales pesados (Sastriques y Gallego, 2007).

La industrialización ha producido un aumento de la concentración de los metales pesados en las aguas residuales, por lo que al emplear aguas residuales para regar los cultivos existe una migración y fijación de contaminantes. Esto conlleva un riesgo sanitario por la acumulación de desechos biológicos humanos que producen inflamabilidad, proliferación de moscas, roedores y organismos causantes o asociados a enfermedades. Se ha encontrado evidencia de que estas prácticas han producido el aumento de los posibles criaderos de vectores transmisores del dengue y la malaria, parasitismo intestinal y enfermedades diarreicas, entre otros (Elieser, 2014; Guadarrama-Brito y Galván Fernández, 2015).

Las aguas residuales con la presencia de cromo en sus distintas valencias inducen daños a la cadena de ADN de linfocitos humanos, un incremento en la mutagenicidad en la cepa de *Salmonella typhimurium* TA98, por lo que podrían constituir un riesgo en la aparición de cáncer (Quijano Parra *et al.*, 2015).

De la misma forma por el lado económico, los precios de los racimos de hierbas aromáticas oscilan desde cinco a 30 pesos, dependiendo de la planta y la cantidad, sin embargo estas plantas suelen comprarse entre una y cuatro veces por semana para los distintos guisos o remedios caseros, por lo que en promedio se puede llegar a gastar un aproximado de 25 pesos mexicanos en una semana y hasta 100 pesos por mes.

Por esta razón es necesaria la producción de plantas aromáticas en huertos ecológicos, es decir bajo el sistema de la agricultura orgánica, ya que es una alternativa para la producción de alimento que permite cultivar estas especies sin una repercusión negativa en la salud humana y en el medio ambiente. La agricultura orgánica puede efectuarse en zonas rurales y urbanas.

A la agricultura ecológica practicada en las ciudades se le llama agricultura urbana, que de acuerdo con la FAO (1999), se refiere al cultivo de plantas en pequeñas superficies (solares, huertos, márgenes, terrazas o recipientes) situadas dentro de la ciudad.

Por otro lado, las áreas verdes dentro de la ciudad poseen muchas ventajas, algunas de ellas es proporcionar un valor agregado al cumplir con funciones ornamentales, recreativas, perceptual-paisajísticas. Así mismo son capaces de regular el intercambio gaseoso y térmico, son reductores o controladores de la contaminación acústica (Gómez, 2005).

Sin embargo, el establecimiento de huertos urbanos se ve limitado por el espacio disponible en los hogares mexicanos, por lo que es necesario diseñar huertos que permitan el uso eficiente de dichos espacios para la producción en este caso de hierbas aromáticas.

Los huertos verticales son una alternativa para que la población que cuenta con espacios reducidos en su hogar para el cultivo de hortalizas y/o plantas aromáticas (Navarro y Torres, 2012). El espacio más adecuado para el cultivo de este tipo de plantas es la cocina. En México existe una gran variedad de cocinas en cuanto a su tamaño y disponibilidad de luz. De acuerdo con una encuesta realizada durante este proyecto el tamaño promedio de las cocinas mexicanas es de 13.91 m<sup>2</sup> y el 77.1% de las personas cuentan con un espacio disponible en una de las paredes de su cocina de por lo menos 1 m de largo por 0.5 m de ancho para establecer un huerto vertical de plantas aromáticas.

La cantidad de luz de las áreas destinadas a la cocina mexicana es la principal limitante para el establecimiento de huertos verticales con plantas aromáticas, por lo que el objetivo de este proyecto fue diseñar tres huertos verticales con albahaca, cilantro, cebollín, romero y perejil bajo diferentes condiciones de luz.

## **II. Antecedentes**

Es importante mencionar que la literatura respecto a los huertos verticales en su mayoría se limita a su diseño y no a su establecimiento, de igual manera los trabajos con plantas aromáticas son mínimos.

Ramos-González *et al.* (2019) cultivaron albahaca morada (*Ocimum basilicum* var. *purpurascens* L. Benth.), orégano (*Origanum vulgare* L.) y cebollín (*Allium schoenoprasum* L.) en un huerto vertical utilizando bocashi y lombricomposta como abonos orgánicos. Encontraron que la albahaca presenta un buen desarrollo y rendimiento utilizando bocashi como abono orgánico y el cebollín presentó el mayor rendimiento utilizando lombricomposta, el orégano no se adaptó al sistema de producción vertical debido al limitado espacio para el desarrollo de su raíz.



Puente-Gómez *et al.* (2016) cultivaron lechuga orejona, lechuga romana, rábano, cilantro y zanahoria en un sistema de huerto vertical sostenible (HVS) sobre estructuras de materiales reciclados, con el objetivo de implementar el HVS en un área urbana y conocer la respuesta de los cultivos sembrados en suelo testigo y suelo con composta. Encontraron que la composta tuvo un efecto positivo en las variables evaluadas en todos los cultivos.

Dorais *et al.* (2020) evaluaron el crecimiento de especies aromáticas en huertos verticales bajo la iluminación de luz LED con el objetivo de evaluar el crecimiento de las plantas y el contenido de metabolitos fenólicos en tres variedades de menta (*Mentha citrata*, *M. piperita*, *M. spicata*), orégano (*Origanum vulgare*), romero (*Rosmarinus officinalis*), salvia (*Salvia officinalis*), estevia (*Stevia reboiana*) y tomillo (*Thymus vulgaris*) al utilizar seis tratamientos de luz LED. Encontraron que los huertos de plantas aromáticas pueden iluminarse con LED. El uso de luz blanca (W) obtuvo mayor contenido de clorofila en comparación con la luz azul:rojo (BR) y azul:rojo + rojo lejano (BRFR).

Martínez-Najera (2016) comparó un sistema de muro vertical con un cultivo tradicional en maceta de forma horizontal para el cultivo de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* var. *cortesana*, *starfighter* y *rugby sky*), albahaca (*Ocimum basilicum*), perejil (*Petroselinum crispum*) y cebollín (*Allium schoenoprasum*). El objetivo fue elaborar un muro verde de bajo costo con hortalizas utilizando los principios de la agricultura orgánica y de utilidad para los hogares mexicanos, entre otros. Encontró que el sistema vertical es viable al obtener una supervivencia del 100%. El índice costo/beneficio para ambos sistemas de cultivo resultó rentable económicamente.

### **III. Marco teórico**

#### **3.1. Huertos verticales**

Los huertos verticales son un sistema que permite el cultivo de diversas plantas, cuya principal ventaja es su capacidad de establecerlos en espacios reducidos. Son una bioconstrucción a nivel pequeño y asequible (Arteaga-López, 2020).

Se adaptan a cualquier área donde no se cuenta con espacio disponible para cultivar de modo tradicional, optimiza las técnicas de cultivo sin suelo. Al no requerir trabajarlos al ras del suelo brindan mayor comodidad y por la misma causa, la incidencia de plagas y maleza es menor. Son reductores de la huella ecológica al aportar aire natural y orgánico al hogar. Genera bienestar al ser humano ya que aumenta el contacto con la naturaleza (Fernández, 2015; Leo Lobato, 2021).

Los muros verdes se clasifican de la siguiente forma (Martínez-Najera, 2016):

- 1) Plantación que emplean: por la selección de especies a través de un catálogo llamado paleta vegetal.
- 2) Lugar de instalación: ya sea una pared interior o exterior.
- 3) Tipo de instalación: en un método pasivo o activo.
  - a) Sistema pasivo: en módulos estándar, membranas, paneles o fieltro, con bajo mantenimiento
  - b) Sistema activo: automatizado con o sin recirculación de agua y nutrientes.

### **3.1.2. Beneficios de los huertos verticales**

#### **3.1.2.1. Beneficios ambientales**

Los huertos verticales son sumideros de carbono, al absorber el dióxido de carbono por medio de la fotosíntesis, así mismo liberan oxígeno. Mejoran la calidad del aire al capturar partículas suspendidas. Por medio de la captación pluvial hacen un uso eficiente del agua. Proporcionan aislamiento térmico y acústico, evitando el sobrecalentamiento producido en las zonas urbanas. Ejercen el control biológico de plagas al repeler insectos (Hernández-Campuzano, 2014; Martínez-Najera, 2016).

#### **3.1.2.2. Beneficios sociales**

Los muros verdes ofrecen un paisaje atractivo a la vista al otorgar olores, formas y colores distintos a los urbanos, por lo que alegran el hábitat. Permiten aprovechar los espacios inhábiles y de esta forma los convierten en entornos productivos. Generan un espacio para la convivencia. Promueven la coincidencia ecológica. El contacto cercano con la naturaleza es capaz de relajar y reducir el estrés (Hernández-Campuzano, 2014; Martínez-Najera, 2016).

#### **3.1.2.3. Beneficios económicos**

Los huertos verticales proporcionan plantas con solo una inversión inicial y sin necesidad de comprarlas regularmente; pueden representar un ingreso económico al ser vendidas, por lo que salvaguardan y mejoran la economía. Al actuar como aislante térmico permiten el ahorro de gas por calefacción y electricidad por el uso de aire acondicionado (Hernández-Campuzano, 2014; Martínez-Najera, 2016).

### **3.2. Agricultura orgánica**

De acuerdo con la FAO a la agricultura orgánica se le conoce como método agrícola en el cual no se utilizan fertilizantes o plaguicidas sintéticos. El Codex Alimentarius por otro lado, define a la agricultura orgánica como “un sistema holístico de ordenación de la producción promotora y mejoradora de la salud del agrosistema, con inclusión de la biodiversidad, los ciclos biológicos y actividad microbiana del suelo, así mismo hace énfasis en el empleo de prácticas de ordenación considerando que las condiciones regionales requieren sistemas que se ajusten a cada zona. Para lograrlo se emplean métodos agronómicos, biológicos y mecánicos en vez de materiales sintéticos” (SIAP, 2016).

### **3.3. Las cocinas mexicanas**

Es necesario mencionar que en la literatura se encuentran las reglas generales de la arquitectura para construir una cocina funcional, por lo que se utilizarán estas medidas a modo de guía, así como las afirmaciones de algunos arquitectos en foros dedicados a la arquitectura.

De acuerdo con estas reglas de la arquitectura para la cocina, se requiere de diseñar un mobiliario, cuyos primeros puntos a tomar en cuenta son las actividades y sus soluciones (Medina-García, 2011):

- 1) Instalaciones de gas, agua, drenaje y luz.
- 2) Estufa
- 3) Fregadero
- 4) Almacenamiento:
  - 5) Alimentos:
    - a) Perecederos: en el refrigerador
    - b) No perecederos: en la alacena
  - 6) Enseres
    - a) En gabinetes superiores e inferiores

Cada uno de estos muebles o equipo, requiere de medidas especiales que ofrezcan un mejor aprovechamiento y uso del espacio y para esto existen tres tipologías principales con las que se puede construir una cocina (Medina-García, 2011):

- 1) Lineales (o dos lineales paralelas)
- 2) En L
- 3) En U

El triángulo de trabajo, que conecta el recorrido para acceder a las principales zonas o puntos de trabajo en la cocina debe mantenerse en una relación fluida (Medina-García, 2011; ARAUCO, 2015).

Los anchos estandarizados de un módulo son variables y dependen del uso que tiene cada módulo. Por lo general se tiende a trabajar en medidas cerradas: 30 cm, 45, 50, 60, 75, 80, 90, y 100. Todas las medidas se consideran de costado exterior a costado exterior del módulo (ARAUCO, 2015).

Los módulos bases tienen una profundidad estándar de 60 cm, esta medida considera que los costados tienen un ancho de 58 cm. En el caso de módulos superiores se tiende a trabajar con dos medidas: 30 o 35 cm (ARAUCO, 2015).

En México, el tamaño mínimo que debe tener una cocina es de 6.80 m<sup>2</sup> de acuerdo con Gemez-Jiménez (2012).

### 3.4. Características de las especies aromáticas a estudiar

#### 3.4.1. Albahaca (*Ocimum basilicum* L.) (Fig.1).

La albahaca es una especie de la familia Lamiaceae, originaria de Irán, India, Pakistán y otras regiones tropicales de Asia. En México se ha naturalizado y registrado en Campeche, Chiapas, Colima, Jalisco, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Vibrans, 2009).

La especie *Ocimum basilicum* fue descrita por Carlos Linneo en 1753. El nombre científico deriva del griego, *Ocimum* proviene de "okimon", hace referencia a la hierba aromática, así mismo el epíteto *basilicum*, de "basilikon" que significa "planta real, majestuoso" (INECOL, 2020).

En regiones tropicales es una planta perenne que vive por pocos años mientras que en lugares templados se cultiva como planta anual debido a su sensibilidad a las heladas (INECOL, 2020).



Figura 1. Parte aérea de una planta de *Ocimum basilicum* tomada al término del experimento 2 (180 días de edad).

##### 3.4.1.1. Características botánicas

Es una hierba de vida corta, con un tamaño de 40 a 60 cm de alto. Los tallos son marcadamente tetragonales, rojizos a púrpura, generalmente sin pelos; las hojas son opuestas, ovadas a elípticas, con la base adelgazada hacia el pecíolo, con dientes en el margen, con la cara inferior más clara que la superior; los pecíolos delgados, acanalados, de hasta 3 cm de largo. Sobre el eje de la inflorescencia (en la punta de los tallos) a tramos más o menos iguales se encuentran grupos de generalmente 6 flores (3 en la axila de cada bráctea) cortamente pediceladas, dispuestas como verticilos, formando en conjunto un racimo (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>1</sup>, 2009; Vibrans, 2009).

El cáliz de las flores es un tubo algo aplanado y arqueado, que hacia el ápice se divide en 2 labios, el superior redondeado y con un pico diminuto en el ápice, el labio inferior terminado en 4 picos, 2 de ellos más largos; la corola blanca o lila clara, es un tubo que no sobrepasa el cáliz y que hacia el ápice se divide en 2 labios, uno de ellos dividido en 4 lóbulos; estambres 4, desiguales. Dentro del cáliz persistente se encuentra el fruto que se divide en 4 segmentos obovoides, con la superficie lisa, de color café (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>1</sup>, 2009; Vibrans, 2009).

Presenta un crecimiento indeterminado, cuyo meristemo terminal permanece vegetativo (INECOL, 2020).

#### **3.4.1.2. Cultivo**

Es una especie que requiere un suelo rico en materia orgánica, con buena retención de humedad, suelos profundos y sueltos, ligeros, bien drenados y con una textura liviana, franca, franco-arenosa o franco-arcillosa, con pH entre 4.3 y 8.2 (INECOL, 2020).

Se requiere una precipitación regular durante el periodo de crecimiento, sin que se produzcan encharcamientos. Se requiere de una humedad relativa media de 60-70% (INECOL, 2020).

La siembra puede ser directa o por trasplante, con un ciclo vegetativo de cinco a seis meses de vida, con primera cosecha a los 65 a 90 días, si la siembra es directa y para su comercialización en húmedo. La germinación se produce entre los 7 a 10 días después de la siembra (Sanca-Mendoza, 2018). Es necesario que sea sembrada en terrenos húmedos, sueltos, bien drenados, provistos de sustancias orgánicas y asoleados (Fersini, 1976).

#### **3.4.1.3. Usos**

La albahaca tiene importancia médica al poseer propiedades digestivas, las cuales incluyen la regulación del movimiento del tracto digestivo, así como la expulsión de gases, vómito, dolor, dispepsia, inapetencia y cólicos. De igual forma tiene propiedades espasmolíticas, antisépticas, insecticidas, sedantes (en dolores reumáticos y articulares), emenagogas (favoreciendo las menstruaciones) y propiedades antiacné. Así mismo tiene propiedades fungistáticos y antimicrobianos (Sánchez Govín *et al.*, 2000; Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>1</sup>, 2009; MHT, 2010; González-Palomares, 2020).

En la medicina tradicional mexicana se utiliza para curar trastornos digestivos como “latido” y “empacho”, así como enfermedades culturales como el “susto” o “mal de aire” (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>1</sup>, 2009).

#### **3.4.1.4. Partes utilizadas**

Se emplean las partes aéreas, es decir, hojas y tallos para la extracción de aceite esencial. El aceite esencial contiene propiedades digestivas, carminativas, espasmolíticas, antisépticas, insecticidas y sedantes, con un tiempo óptimo de almacenamiento en frasco de vidrio de 10 meses. Las hojas frescas o secas se preparan en una infusión y se emplea para aliviar la dispepsia, estreñimiento, cólicos, dolor de estómago, vómitos, meteorismo, para favorecer la menstruación, para lavar heridas. Si las hojas para las infusiones se almacenan en sobres de polietileno, el tiempo óptimo es de 10 meses. De igual forma las hojas pueden macerarse en alcohol y usarse en friegas para aliviar dolores articulares y reumáticos. Las hojas frescas pueden macerarse y usar el jugo para disminuir cuadros de acné (Sánchez Govín *et al.*, 2000; MHT, 2010).

### 3.4.2. Cilantro (*Coriandrum sativum* L.) (Fig 2).

Pertenece a la familia Apiaceae, es originario del sur de Europa, habita en climas cálido, semicálido y templado entre los 1000 y 3000 msnm, alcanza entre 30 y 70 cm de altura, cuyas hojas, tallos y frutos se emplean como saborizantes y especias en la gastronomía. Es de importancia médica debido a sus propiedades alelopáticas y anestésicas, así como en la reducción de las flatulencias, colesterol y glucosa y tratamiento del insomnio y la ansiedad (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>2</sup>, 2009; INTAGRI, 2021).



Figura 2. Partes aéreas de una planta de *Coriandrum sativum* tomada al término del experimento 2 (180 días de edad).

#### 3.4.2.1. Características botánicas

Es una herbácea anual, de 40 a 60 cm de altura, con tallos erectos, lisos y cilíndricos, ramificados en la parte superior. Posee raíz pivotante y ramificada, delgada y contiene el aceite de la semilla. Las hojas inferiores son pecioladas, pinnadas con segmentos ovales en forma de cuña, mientras que las superiores son bi-tripinnadas con segmentos agudos. Los frutos ovalados y globulares con un diámetro de hasta 6 mm. Los frutos son diaquenios, globosos con diez costillas primarias longitudinales y ocho secundarias, constituidas por mericaprios fuertemente unidos, de color amarillo-marrón. Contiene dos semillas por cada aquenio. Las inflorescencias están dispuestas en umbelas formadas por varias umbélulas que poseen flores son pequeñas, blancas o rosadas, con cinco pétalos y distribuidas en parejas a lo largo de las ramas floríferas, con hojas compuestas de contorno aserrado (Benavides, 2007; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 2011).

#### 3.4.2.2. Cultivo

Se adapta a suelos francos, silíceos-arcillosos, algo calcáreos, ligeros, húmedos, permeables, profundos e incluso ligeramente ácidos, no se recomiendan suelos fríos e impermeables. Su crecimiento se ve favorecido en zonas templadas, sin embargo, también se desarrolla en zonas cálidas, aunque limita el desarrollo del follaje; el rango óptimo de temperatura es entre 10°C y 30°C. Puede cultivarse desde los 14 a los 2800 msnm. Se considera al cilantro como una planta de fotoperiodo corto, debido a que los días largos y con una temperatura promedio superior a los 30°C favorece la floración temprana. La siembra es directa, a un centímetro de profundidad y a una temperatura media de 15°C alcanza un 90% de germinación en 20 días, de la misma forma puede sembrarse con el diseño a “tres bolillo” colocando una indeterminada cantidad de semillas por golpe y una separación entre matas de 18 a 25 cm y con el diseño a “chorrillo”, es decir a doble hilera (con una separación de 20 a 30 cm entre cada una). La recolección puede

realizarse a los 40 y 60 días tras la siembra (Benavides, 2007; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 2011; INTAGRI 2021).

#### **3.4.2.3. Usos**

Tradicionalmente el cilantro se ha empleado como un ingrediente dentro de la gastronomía, de igual forma también posee propiedades antimicrobianas (antibacterianas y antifúngicas), antioxidantes, hipoglucemiantes, hipolipemiantes, ansiolíticas, analgésicas, antiinflamatorias, anticonvulsivas, anticancerígenas (Laribi *et al.*, 2015; Mandal y Mandal, 2015).

En la medicina india tradicional se emplea para tratar desórdenes de los sistemas digestivo, respiratorio y urinario. También se ha empleado para acelerar el proceso digestivo. Así mismo debido a la actividad antimicrobiana y antioxidante del aceite esencial es empleado para aumentar la duración de los alimentos y la prevención de su putrefacción (Laribi *et al.*, 2015; Mandal y Mandal, 2015).

#### **3.4.2.4. Partes utilizadas**

Las semillas, hojas, flores y frutos del cilantro poseen actividades antioxidantes, antidiabéticas, antimutagénicas, sedantes, anticonvulsivas, diuréticas, fungistáticas, anticancerígenas, ansiolíticas, hepatoprotectivas, antimicrobianas, antiulcerosas, anticonceptivas post coitales, además de favorecer la desintoxicación de metales pesados, disminuir el colesterol y tener un rol protector contra la toxicidad por plomo (Momin *et al.*, 2012).

En Turquía las semillas (infusión) son usadas como agente digestivo, carminativo y para mejorar el apetito, por otra parte, en el norte de Pakistán es empleada toda la planta con los mismos fines (Laribi *et al.*, 2015).

En México se prepara un compuesto con las semillas remojadas en mezcal y vino junto con naranja, raíz de chán, cáscara de limoncito tierno, raíz de sidra, canela, nuez moscada y azúcar para tratar la bilis (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>2</sup>, 2009).

El aceite esencial obtenido de los frutos y semillas posee actividad antibiótica contra diversas bacterias, entre ellas *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* y *B. cereus*, así como el hongo *Candida albicans* (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>2</sup>, 2009).

#### **3.4.3. Cebollín [*Allium schoenoprasum* Dumort., *Florula Belgica* (1827)] (Fig 3).**

Es una planta de la familia Liliaceae, es originaria del norte de Europa, Asia y América, nativa del hemisferio norte, presente en clima cálido desde el nivel del mar hasta los 30 m. Se conoce de la existencia del cebollín desde hace al menos 5000 años, aun así su primer registro fue en el siglo XIX (Farrell, 1985 *cit in* Small, 1997; Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>3</sup>, 2009).

Expide un ligero olor a cebolla y ajo, por lo que es considerada una hierba aromática. A comparación de otras especies del género *Allium*, posee un alto contenido de Vitamina C y betacarotenos, tiene un alto contenido de vitamina A, potasio y calcio (Davis, 1994; Fernández, 2004).

#### **3.4.3.1. Características botánicas**

Es una planta monocotiledónea, herbácea, provista de un bulbo fusiforme oblongo poco marcado que se parece más a un rizoma, llevando numerosas raíces enredadas (Arvy y Gallouin, 2007).

Sus hojas poseen un hábito de crecimiento erecto cilíndricas y huecas, con un diámetro de 2 a 3 mm, de color verde grisáceo y aspecto ceroso, planas en la base, con una vaina estriada que rodea al tallo en la parte inferior (Fernández, 2004).

Posee un sistema de rizomas y tubérculos, de donde emergen brotes erectos de hasta 30 cm de altura con varios ciclos de reproducción sexual mediante sus estructuras vegetativas a través de bulbillos. Los brotes comprenden hojas verdes oscuro, delgadas con un tallo de sección triangular del cual surge una inflorescencia de color lila o violáceo dispuesta en umbelas. Forma matas o macollos, no crece de modo aislado, las plantas presentan un olor característico, sus tallos son finos de medio centímetro de grosor, verdes, huecos y erectos con una o dos hojas que envuelven al tallo en su parte inferior. La floración tiene lugar a finales de primavera y dura tres semanas. Forma un fruto de cápsula que contiene varias semillas de color negro de 5 mm de largo y 2 mm de ancho, por anemocoria (Fernández, 2004).

#### **3.4.3.2. Cultivo**

Requiere de suelos bien drenados, en suelos francos y húmedos, debido a su sistema radical poco profundo y a su vez su limitada capacidad de búsqueda de nutrientes. Se adapta a un rango de pH entre 4.5 y 7 (Guerrero, 1998).

Se produce en ubicaciones soleadas en suelos húmedos y ligeramente arcillosos, no se adapta a suelos secos. La brotación de los tubérculos tiene lugar a temperaturas entre 10 y 45°C, las óptimas se encuentran entre 30 y 35°C. Puede cultivarse por semilla, por división del bulbo. Se siembra en mayo y se recolecta de mayo a septiembre (García-Suárez y Serrano, 2013).

#### **3.4.3.3. Usos**

El cebollín tiene propiedades antimicrobianas, antioxidantes y fungistáticas, se ha usado para aliviar quemaduras de sol y dolor de garganta. Los extractos de las hojas del cebollín poseen efectos antiinflamatorios al inhibir la fagocitosis a través de la



Figura 3. Fotografía de una planta de *Allium schoenoprasum* tomada al término del experimento 1 (180 días de edad).



reducción del estrés nitro oxidativo. Puede bajar la presión arterial (Parvu *et al.*, 2014; Singh *et al.*, 2018).

En Indonesia es utilizado por sus propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias, antihipertensivas y antihelmínticas. En Asia oriental se emplea para tratar resfriados y congestión pulmonar. Así mismo se ha empleado para aliviar el dolor de quemaduras solares y de garganta, para estimular el apetito y ayudar a la digestión (Singh *et al.*, 2018).

#### **3.4.3.4. Partes utilizadas**

Pese a que toda la planta posee las propiedades antioxidantes, son las hojas las que tienen la mayor actividad antioxidante (Štajner *et al.*, 2004).

Los extractos de las hojas son empleados para inhibir la actividad fúngica de *Aspergillus niger*, *Penicillium gladioli*, *Botrytis cinérea*, *Fusarium oxysporum*, *Botrytis paeoniae* y *Sclerotinia sclerotiorum* (Singh *et al.*, 2018).

La planta completa se pulveriza y al administrarse durante ocho días disminuye el número de helmintos en el intestino de ratones infestados con *Trichuris muris* en comparación con ratones sin tratamiento (Singh *et al.*, 2018).

El líquido resultante de mastrujar el bulbo o soasar y exprimir las hojas se aplica en el oído para aliviar el dolor del mismo, por otra parte, en Quintana Roo, México, se soasa el bulbo y su jugo se unta en el pecho para curar el “acecido” (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>3</sup>, 2009).

#### **3.4.4. Romero [*Rosmarinus officinalis* L., Sp. Pl. 1: 23 (1753)] (Fig. 4).**

Pertenece a la familia Lamiaceae, es originario de la región mediterránea, se presenta en climas cálido, semicálido, semiseco y templado, desde los 899 a los 3900 msnm. En la actualidad se considera que su nombre proviene de la unión de dos vocablos griegos, “rhos” que significa arbusto y “myrinos” que significa aromático, su nombre específico “officinalis” expresa su aplicación como planta medicinal (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>4</sup>, 2009; Estrada-Jeréz *et al.*, 2021).

##### **3.4.4.1. Características botánicas**

Es un arbusto aromático, leñoso de hasta 2 metros de alto, ramificado y frondoso, con tallos herbáceos cuadrangulares, hojas perennes, lanceoladas, opuestas, verde en el haz, blanco en el envés, con cutícula gruesa. Posee tricomas donde se almacena el aceite esencial. Posee flores de lilas a moradas de 5 mm de largo, con los estambres más largos que los pétalos. Es una flor de corola bilabiada de una sola pieza, teniendo el labio superior curvado, la corola es azulada, rosa o blanca, con manchas violetas en el interior. El fruto es un tetraquenio de color pardo (Cortés-Rojas y Pérez Trujillo, 2014; Estrada-Jeréz *et al.*, 2021).

La floración dura casi todo el año, sus flores son hermafroditas y de polinización entomófila o asistida por insectos, siendo las abejas el principal polinizador (Estrada-Jeréz *et al.*, 2021).

#### **3.4.4.2. Cultivo**

Se caracteriza por habitar matorrales abiertos y formaciones arbóreas abiertas, en lugares expuestos, secos y calientes. Cabe resaltar que el pH del terreno influye en la composición cualitativa del aceite esencial, en pH ácido el aceite posee una elevada cantidad de eucaliptol y terpineol, mientras que en pH básico hay un elevado contenido en alcanfor (Estrada-Jeréz *et al.*, 2021).

Se adapta a diversos tipos de suelo, suelos ligeramente ácidos, neutros o ligeramente alcalinos, se desarrolla apropiadamente en un pH de 5.5 y 8.0, prefiere los suelos secos y calcáreos, ricos en calcio, no resiste la asfixia radicular, por lo que es necesario un suelo bien drenado, se recomiendan suelos arenosos o franco arenosos, sin embargo, se pueden emplear suelos con textura fina (con arcillas y barros pesados) si se mejora la textura. Requiere suelos con materia orgánica (Estrada-Jeréz *et al.*, 2021).

Los mayores requerimientos hídricos del cultivo suceden cuando el romero es joven, así como durante la floración, aun así, es un cultivo que resiste periodos de estrés hídrico o sequías (requiere precipitaciones que van desde los 200 a 600 mm/año) (Estrada-Jeréz *et al.*, 2021).

#### **3.4.4.3. Usos**

El romero se ha empleado en EE. UU. como un antioxidante natural, permitiendo alargar la vida de los alimentos perecederos. Los extractos de las hojas de romero contienen efectos antibacterianas, carminativos y analgésicos articulares y musculares. Así mismo los aceites esenciales obtenidos de las flores y hojas son utilizados para aliviar heridas menores, erupciones, dolor de cabeza, dispepsia, problemas circulatorios, así como expectorante, diurético y antiespasmódico en cólicos renales (Andrade *et al.*, 2018).

De la misma forma ha sido utilizado en la medicina tradicional para prevenir y aliviar resfriados, reumatismo, cáncer y controlar la diabetes.

#### **3.4.4.4. Partes utilizadas**

Sus hojas y las flores se emplean en aceites esenciales y extractos (antiinflamatorio, antibacteriano, analgésico, diurético, antitumoral, antioxidante) (Andrade *et al.*, 2018).



Figura 4. Fotografía de una planta de *Rosmarinus officinalis* tomada al término del primer experimento (180 días de edad).

Las hojas en extracto dependiendo de la dosis puede tener un efecto similar a la indometacina (Altinier *et al.*, 2007).

En Oaxaca, México se utiliza para hacer lavados después del parto, mientras que en la zona centro del país se emplea contra infecciones vaginales, para fomentar la fertilidad femenina, baños para las parturientas, para prevenir abortos y aliviar el flujo vaginal, así mismo se emplea para curar enfermedades culturales como “dolor de aire”, “sustos” y “brujería” (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>4</sup>, 2009).

### 3.4.5. Perejil [*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss, Fl. Transsilv. 254 (1866)] (Fig. 5)

Pertenece a la familia Apiaceae, es originario del mediterráneo oriental, se considera como centro secundario el Asia Menor. Se encuentra presente en climas cálido, semiseco, semicálido y templado de los 200 a los 2300 msnm. Su cultivo se reconoce desde hace más de 300 años y sus primeros usos como planta medicinal se remontan a registros de las culturas griega y romana. En el siglo XVI se comenzó su cultivo en Italia con importancia alimenticia, esto se extendió a otros países europeos y posteriormente a América durante la conquista. En la actualidad se distribuye alrededor del mundo y su cultivo en su mayoría se limita al alimenticio, al ser una planta aromática popular en la gastronomía mundial (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>5</sup>, 2009; Saavedra *et al.*, 2019).



Figura 5. Fotografía de una planta de *Petroselinum crispum* tomada al término del primer experimento (90 días de edad).

#### 3.4.5.1. Características botánicas

Es una herbácea bianual o anual debido al interés en sus hojas y peciolo, alcanza los 40 cm de altura y un diámetro de 20 cm; posee tallos floríferos que pueden superar los 50 cm de altura, sus flores son de color verde amarillentas (La Molina, 2000).

Los tallos son generalmente erguidos; las hojas son pecioladas en la mayoría de las variedades, pueden ser lisas o rizadas, muy divididas y aromáticas. Las flores crecen a partir de un tallo floral determinado como umbela. El fruto es un aquenio que se emplea como semilla, para su germinación es necesario que la cubierta se pudra por la humedad del ambiente, hasta que la misma llegue a la semilla, así mismo la cubierta contiene sustancias que promueven la inhibición de la germinación (Japón Quintero, 1985).

#### **3.4.5.2. Cultivo**

Se cultiva durante todo el año, debido a que prefiere un clima templado, en una temperatura óptima de 10-18°C (La Molina, 2000).

Se desarrolla mejor a media sombra que bajo sol directo, así mismo puede resistir el frío, pero no temperaturas menores a 0°C ni mayores a 35°C. Tiene un mejor desarrollo en suelos ricos en materia orgánica, sin embargo, se adapta a otro tipo de terreno. Prefiere suelos profundos, sueltos y libre de malezas. El suelo debe tener un pH de 6.5 a 8.0. Requiere de suelos húmedos (Saavedra *et al.*, 2019).

La siembra puede efectuarse desde los últimos días de febrero hasta septiembre. Cabe resaltar que la germinación es lenta, pues para obtener plántulas es necesario esperar alrededor de un mes, manteniendo el suelo húmedo. Después de un periodo de aproximadamente tres meses puede efectuarse la cosecha (Saavedra *et al.*, 2019).

#### **3.4.5.3. Usos**

Se le han atribuido al perejil propiedades laxantes, diuréticas y antiurolitiásico (tratamiento de las piedras renales), dolencias del hígado. Se ha empleado como tratamiento para el estreñimiento, flatulencias, ictericia, cólicos, edemas, reumatismo, enfermedades prostáticas e incluso como afrodisíaco (Al-Howiriny *et al.*, 2003).

Tiene usos carminativos, diuréticos, antiséptico del tracto urinario, contra la urolitiasis, antiinflamatorio, contra la amenorrea, dismenorrea, desórdenes gastrointestinales, hipertensión, enfermedades cardíacas, enfermedades urinarias, otitis, diabetes y enfermedades dérmicas (Farzaei *et al.*, 2013).

#### **3.4.5.4. Partes utilizadas**

Las hojas se emplean con aplicación caliente sobre la piel (antiinflamatorio, contra mastitis y hematomas (Al-Howiriny *et al.*, 2003).

La raíz se utiliza como un poderoso diurético, así como dispepsia, cistitis, dismenorrea, amenorrea funcional y mialgia (Agyare *et al.*, 2017).

Las semillas se usan como antimicrobiano, antiséptico, antiespasmódico y agente sedante en el tratamiento de desórdenes gastrointestinales en Irán. Las hojas se emplean como saborizante de comida, antitusivo, diurético y para ayudar en las piedras de los riñones, hemorroides, desórdenes gastrointestinales y dermatitis (Agyare *et al.*, 2017).

En Michoacán se cuecen los tallos y hojas, se hacen buches con esta preparación para aliviar el dolor de muelas, en Guerrero la misma preparación se utiliza como diurético, carminativo y emenagogo. Para utilizarlo como anticonceptivo se bebe como té durante tres días seguidos después de la regla. También se usa para curar

enfermedades culturales como “espanto” y “susto” (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>5</sup>, 2009).

### 3.4.6. Requerimientos para el cultivo de las cinco especies

Las cinco especies presentan requerimientos de cultivo semejantes, por lo que el potencial de cultivarlas en un mismo huerto puede ser factible (Cuadro 1).

Cuadro 1. Requerimientos de luz, sustrato, pH, riego y otras características importantes para el cultivo de albahaca, cebollín, cilantro, perejil y romero.

ESPECIE	LUZ	SUSTRATO	PH	RIEGO
<b>ALBAHACA</b> <i>Ocimum basilicum</i>	Sol directo	Suelto, bien drenado, con materia orgánica	Rango óptimo entre 4.3 y 8.2	Riego constante
<b>CEBOLLÍN</b> <i>Allium schoenoprasum</i>	Sol directo	Ligeramente arcillosos, bien drenados, con materia orgánica.	Rango óptimo entre 4.5 y 7	Constante
<b>CILANTRO</b> <i>Coriandrum sativum</i>	Sol directo - Media sombra	Franco, drenados de arcillas, calcáreos, ligeros, permeables.	Ligeramente ácidos (6.2 – 6.8)	Constante a escaso
<b>PEREJIL</b> <i>Petroselinum crispum</i>	Sol directo – media sombra	Bien drenados, con materia orgánica, sueltos.	Rango óptimo entre 5.5 y 8	Frecuente
<b>ROMERO</b> <i>Rosmarinus officinalis</i>	Sol directo	Franco arenosos, bien drenados, poca materia orgánica, no necesariamente turboso.	pH neutro	Moderado

### 3.5. Variables ambientales durante el crecimiento de las especies

La iluminación, humedad y temperatura son las tres variables ambientales principales que determinan el crecimiento de las especies aromáticas y de cualquier otro tipo de especies vegetales (Yepes y Silveira-Buckeridge, 2011).

Iluminación: es el elemento clave y fuente primaria de la fotosíntesis, actúa como regulador del crecimiento y desarrollo de los vegetales. El sol proporciona prácticamente en su totalidad la iluminación para la fotosíntesis de las plantas, sin

embargo, se puede hacer uso de luz artificial para el crecimiento vegetal, esta ha sido diseñada para cultivar cuando existe poca o nula radiación solar, así como para modificar la duración de horas luz. Las lámparas de cultivo imitan la composición del espectro de la luz solar, siendo las lámparas L.E.D (Light Emitting Diode) la tecnología que imitó los espectros a medida (de las Rivias, 2013; Bures *et al.*, 2018).

Humedad: hace referencia a la cantidad de vapor de agua que se encuentra presente en el aire, es capaz de limitar o potenciar el crecimiento y la productividad de las plantas (Yepes y Silveira-Buckeridge, 2011).

Temperatura: afecta la tasa de desarrollo plantular a través de sus distintas fases, así como la producción de hojas, tallos, entre otros. Todos los procesos fisiológicos de la planta ocurren con mayor rapidez a medida que la temperatura aumenta, obteniendo su mayor rendimiento en su temperatura óptima, que es específica para cada especie (FAO, 2001).

### **3.6. Sustratos de cultivo**

Las plantas responden a las propiedades de los sustratos, ya que la composición física y química de los sustratos determinan el éxito de los sistemas agrícolas (Vallejo-Carreón, 2017). Dichas propiedades son:

- a) Propiedades físicas
  - i) Capacidad de retención de agua elevada
  - ii) Aireación suficiente
  - iii) Porosidad elevada
  - iv) Distribución del tamaño de las partículas que conserve las condiciones mencionadas
  - v) Baja densidad aparente
  - vi) Estructura estable
- b) Propiedades químicas
  - i) Salinidad reducida
  - ii) pH ligeramente ácido o cercano a la neutralidad
  - iii) Mínima velocidad de descomposición
  - iv) Suficiente nivel de nutrientes

Otros factores que se deben considerar son el costo, la facilidad de elaboración, el manejo, la disponibilidad de los componentes y estar libre de patógenos, semillas de malezas y contaminantes (Vallejo-Carreón, 2017).

### **3.7. Variables edáficas durante el crecimiento de las especies**

La conductividad eléctrica (CE) y el pH son las principales variables edáficas que determinan el crecimiento de las especies vegetales.

pH: hace referencia a la acidez o la alcalinidad del suelo, se mide en unidades de una escala de 1 a 14. El valor 7 indica la neutralidad, la acidez aumenta conforme el valor disminuye (7 a 4) y la alcalinidad aumenta conforme el valor aumenta (7 a

10). La disponibilidad y ausencia de nutrientes en la solución del suelo para la nutrición vegetal varían de acuerdo con el valor del pH (FAO, 2001).

Conductividad Eléctrica: se refiere a la concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato. Es la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica, de forma que el valor será más alto cuanto más se mueva la corriente. Es decir que a mayor CE, mayor es la concentración de sales. Se recomienda que la CE de un sustrato sea baja, en lo posible menor a  $1\text{dS m}^{-1}$  (1+5 v/v). Cabe resaltar que una CE baja permite el manejo de la fertilización y se minimizan problemas por fitotoxicidad en el cultivo (Barbaro *et al.*, 2014).

Humedad: hace referencia a la cantidad de agua en el suelo disponible para las plantas, de la cual dependerá la productividad de las mismas (Yepes y Silveira-Buckeridge, 2011). Existen tres tipos de humedad (Caicedo-Rosero *et al.*, 2021):

- a) Humedad gravitacional: se encuentra en los macroporos y se mueve debido a la fuerza de gravedad, por lo que no se considera como humedad disponible para las plantas.
- b) Humedad capilar: se encuentra en los microporos, por lo que es responsable de las interacciones fisicoquímicas y mineralógicas-biológicas entre el suelo y el medio ambiente.
- c) Humedad higroscópica: se encuentra alrededor de la superficie de las partículas del suelo como una película fina. Su fuerza de adhesión produce que eliminarla sea difícil.

#### **IV. Hipótesis**

Las cinco especies cultivadas en el huerto vertical presentarán un adecuado crecimiento y desarrollo indistintamente de la condición de luz evaluada, debido a sus requerimientos de luz, lo que les permite cultivarse dentro de un espectro desde media sombra a luz solar directa.

#### **V. Justificación**

El motivo que llevó a investigar sobre la producción de plantas aromáticas en huertos verticales bajo diferentes condiciones de luz es la preocupación por la procedencia de dichas especies destinadas al consumo de la población mexicana. Debido a que en su cultivo se emplean pesticidas, fertilizantes químicos, donde su elaboración requiere el uso de combustibles fósiles que contribuyen a la liberación de gases de efecto invernadero, que a su vez promueven el cambio climático (Sastriques y Gallego, 2007; Elieser, 2014). Asimismo, en muchas ocasiones se hace uso de aguas residuales con una gran carga de metales pesados y organismos patógenos que representan un riesgo tanto a la salud humana como para el medio ambiente, por lo que es necesario y prioritario generar alternativas que permitan la

producción de especies aromáticas sanas que la población mexicana pueda consumir.

De la misma forma debido a los espacios reducidos que están disponibles para cultivar hortalizas y plantas aromáticas y medicinales dentro de los hogares mexicanos es necesario diseñar una guía que permita a la población establecer huertos verticales y abastecerse de las especies aromáticas que son más utilizadas.

De igual manera los cultivos urbanos con principios agroecológicos ofrecen ventajas ambientales, como lo son el incremento de las áreas verdes dentro de la ciudad, la reducción de la contaminación al disminuir el transporte de alimentos del campo a la ciudad, mejoramiento del microclima y la calidad del aire, así como la conservación de la biodiversidad como los polinizadores si los huertos se establecen al aire libre.

## **VI. Objetivos**

### **7.1. Objetivo general**

- Diseñar y construir un huerto vertical de bajo costo y viable para la producción de un huerto con cinco especies aromáticas albahaca (*Ocimum basilicum* L.), cebollín [*Allium schoenoprasum* Dumort., Florula Belgica (1827)], cilantro (*Coriandrum sativum* L.), perejil [*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss, Fl. Transsilv. 254 (1866)] y romero [*Rosmarinus officinalis* L., Sp. Pl. 1: 23 (1753)] que pueda ser instalado en espacios reducidos con diferentes condiciones de luz en los hogares mexicanos.

### **7.2. Objetivos particulares**

- Diseñar un sistema de huerto vertical que sea funcional para el crecimiento de especies aromáticas
- Evaluar el crecimiento y supervivencia de las especies aromáticas en huertos verticales instalados en diferentes condiciones de luz
- Evaluar el rendimiento de las especies aromáticas en relación con la condición de luz
- Calcular los costos de producción del huerto vertical en diferentes condiciones de luz



## VII. Metodología

### 7.1. Esquema de metodología

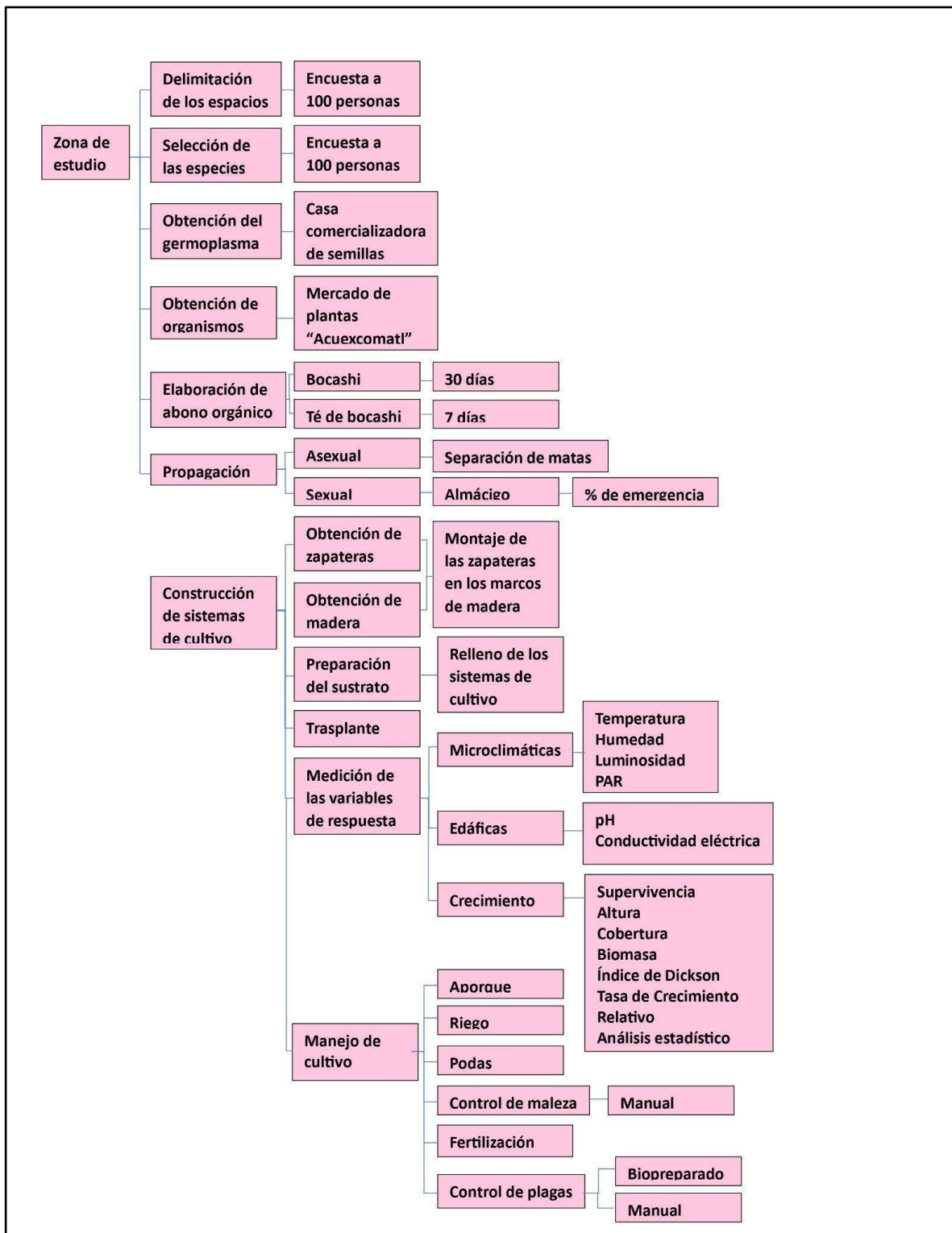


Figura 6. Esquema de la metodología resumida.

## **7.2. Localización del área estudio**

El presente trabajo se realizó en el Vivero del Centro de Capacitación en Agricultura Urbana Ecológica “Chimalxochipan” (CCAUCH) de la Unidad de Investigación en Ecología Vegetal, en el campo II de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FES-Z), ubicado en la zona oriente de la Ciudad de México, en la delegación Iztapalapa, con las coordenadas 19° 22'23" N y 99° 02'04" W, a 2248 msnm (Fig. 7).



Figura 7. Centro de Capacitación en Agricultura Urbana Ecológica “Chimalxochipan” de la Unidad de Investigación en Ecología Vegetal, de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

## **7.3. Elaboración de abonos orgánicos**

Se llevó a cabo la elaboración del abono orgánico bocashi y té de bocashi (Anexo 1), se consideró la técnica e insumos propuestos por el CCAUCH de la FES Zaragoza, de la UNAM (Fig. 8).



Figura 8: Elaboración de abono orgánico bokashi.

#### **7.4. Diseño de los sistemas de cultivo**

##### **7.4.1. Espacios reducidos en las cocinas mexicanas e investigación de las especies aromáticas más demandadas**

A través de la plataforma Google Forms se realizó una encuesta a 100 personas para determinar cuáles son las medidas promedio de las cocinas mexicanas (Anexo 2).

##### **7.4.2. Requerimientos del espacio dentro de las cocinas**

El sistema de cultivo vertical a utilizar mide 100 cm de alto y 50 cm de ancho, por lo que es necesario que dentro de la cocina se tenga un espacio en la pared con mínimo estas medidas con o sin una ventana, o tragaluz cercano.

#### **7.5. Construcción de los sistemas de cultivo**

Cada sistema de cultivo vertical (tres tratamientos o condiciones de luz) consistió de zapateras comerciales para tenis de 1 m de largo y 0.50 m de ancho con 16 cavidades de 1.5 l, en las cuáles se colocaron tres ejemplares por cada especie, ocupando en este caso solo 15 cavidades.

Las especies se colocaron en las bolsas zapateras con un patrón diagonal, para evitar la competencia por la luz.

Se evaluó el crecimiento y rendimiento de las cinco especies aromáticas en relación con la exposición lumínica en tres tratamientos.

- Tratamiento 1 (SD): Sistema de cultivo a luz solar directa
- Tratamiento 2 (MS): Sistema de cultivo a media sombra
- Tratamiento 3 (LdC): Sistema de cultivo iluminado por lámparas LED para crecimiento vegetal

Cada tratamiento consistió en tres repeticiones (tres huertos /tratamiento)

La ubicación específica para cada huerto fue la siguiente:

Tratamiento 1. Sol directo (SD). Los tres huertos verticales (repeticiones) se colocaron sobre una malla ciclón que establece el borde del vivero, en orientación noroeste, bajo una radiación solar promedio de 35,355.3 luxes durante el verano (Fig. 9a).

Tratamiento 2. Media sombra (MS). Los huertos se colocaron bajo la sombra de un árbol de pino cembroides localizado en el vivero, también sobre la malla ciclón que sirvió como soporte para los huertos, en orientación suroeste, bajo una radiación solar promedio de 1302 luxes durante el verano (Fig. 9b).

Tratamiento 3. Lámparas LED (LC). Los huertos se colocaron dentro de una casa la cual se construyó con una estructura metálica de dos metros y medio de altura y cinco metros de largo, cubierta por plástico negro que permitió la creación de un microambiente con ausencia de luz solar. Se colocaron lámparas LED de crecimiento de la marca Osunby con espectro completo rojo+azul+UV+IR con una cobertura de 3 x 3 pies a 2 pies de altura, las cuáles se colocaron a 12 pulgadas de distancia a partir de la primera hilera de las zapateras, bajo una incidencia de luz de 1,712 luxes durante el verano (Fig. 9c).



Figura 9. Fotografías de los microambientes de cada tratamiento; 9a. Sistemas de cultivo del tratamiento 1 (sol directo); 9b. Sistemas de cultivo del tratamiento 2 (media sombra); 9c. Sistemas de cultivo del tratamiento 3 (lámparas de crecimiento).

El trabajo se realizó bajo las condiciones de dos experimentos independientes, con el fin de entender mejor los factores que determinan un mejor establecimiento y desarrollo de las especies aromáticas en cada condición de luz.

## **7.6. Experimento 1**

En este experimento se propagaron por semilla las especies albahaca, cilantro y perejil.

### **7.6.1. Obtención de germoplasma**

Se utilizaron semillas certificadas de albahaca (*Ocimum basilicum*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y perejil (*Petroselinum crispum*) las cuales se compraron en la casa comercial "Home Depot". Mientras que para las especies cebollín (*Allium schoenoprasum*) y romero (*Rosmarinus officinalis*) se emplearon plantas de tres meses de edad obtenidas del mercado de plantas "Acuexcomatl" en la delegación Xochimilco.

### **7.6.2. Elaboración de sustratos**

Se elaboraron tres sustratos considerando las distintas necesidades de las especies:

- Sustrato 1: tierra, perlita, turba y bocashi en una proporción 40:20:20:20.
- Sustrato 2: tierra, tezontle, turba y bocashi en una proporción 40:20:20:20.
- Sustrato 3: tierra, perlita, turba y bocashi, en una proporción 40:30:10:20.

Las especies se agruparon de la siguiente manera respecto a los sustratos:

- Sustrato 1: albahaca, perejil y cebollín.
- Sustrato 2: cilantro
- Sustrato 3: romero

### **7.6.3. Propagación de especies**

La propagación de albahaca, cilantro y perejil se llevó a cabo por semilla. La siembra de albahaca y cilantro se realizó indirectamente en almácigos (bandeja de alveolos de plástico de 4 cm de profundidad) con un sustrato compuesto de tierra, turba y bocashi en una proporción 50:25:25, a una profundidad de siembra de tres veces el tamaño de las semillas (Fig. 10). La siembra de perejil se realizó en una bandeja de 15 x 10 x 15 cm, con un sustrato compuesto de tierra, turba y bocashi en una proporción 50:25:25 (Fig. 11). Se observaron diariamente para agregar el agua necesaria al sustrato para mantenerlo húmedo. El trasplante se llevó a cabo a las celdas de los huertos verticales una vez que las plántulas de las diferentes especies desarrollaron de tres a cuatro hojas (Samperio, 1997).



Figura 10. Propagación sexual de las especies albahaca y cilantro en almácigos (n=72)



Figura 11. Propagación sexual de perejil al voleo (n=72)

La propagación de cebollín se llevó a cabo por separación de matas, colocando cinco bulbos en cada celda.

Se tomó la decisión de no propagar la planta de romero debido al tiempo que implica el enraizamiento de estacas de romero, así como el crecimiento a partir de la propagación por semilla, por lo que se adquirieron los organismos de entre 20 y 30 cm de altura del mercado de plantas “Acuexcomatl”.

#### **7.6.4. Labores culturales**

El riego se realizó cada tercer día en el caso de la albahaca, cebollín, cilantro y perejil, mientras que en el romero se realizó cada cuatro días. En todas las especies fue a saturación de forma manual evitando mojar las partes aéreas.

La poda se practicó cada vez que el follaje obstaculiza la captación de luz en las especies aromáticas cercanas.

El control de maleza se llevó a cabo de forma manual.

El aporque se realizó en todos los ejemplares de las especies aromáticas, cubriendo un centímetro por arriba del tallo principal donde asomaban las raíces, cada vez que factores erosivos como el riego descubrieron la base del tallo.

El abonado se realizó con base a la sintomatología de deficiencias nutrimentales que presentaron las plantas a lo largo del estudio.

El control de plagas se llevó a cabo mediante la alelopatía de las especies aromáticas, de la misma forma se realizaron biopreparados para controlar las plagas que atacaron a las especies aromáticas (Fig. 12) (Cuadros 4, 14, 27 y 37).



Figura 12: Realización de labores culturales en los huertos verticales.

## **7.7. Experimento 2**

En este experimento se utilizaron plantas compradas en el mercado de plantas “Acuexcomatl” para las cinco especies.

### **7.7.1. Obtención de germoplasma**

Se utilizaron plantas de albahaca (*Ocimum basilicum*), cebollín (*Allium schoenoprasum*), cilantro (*Coriandrum sativum*), perejil (*Petroselinum crispum*) y romero (*Rosmarinus officinalis*) de tres meses de edad, las cuales se obtuvieron del mercado de plantas “Acuexcomatl” en la delegación Xochimilco.

### **7.7.2. Elaboración de sustratos**

Se elaboró un sustrato para todas las especies, que consiste de:

- Tierra de monte, vermiculita, tezontle y bocashi en una proporción 60:15:15:10.

### **7.7.3 Trasplante de las plantas a las celdas de los diferentes huertos**

El trasplante se llevó a cabo en las horas con menor radiación solar y temperatura para disminuir el estrés de las plantas. Se trasplantaron tres organismos por cada especie a cada sistema de cultivo de los tratamientos.

### **7.7.4. Labores culturales**

Se realizaron de la misma manera que en el experimento 1.

## **7.8. Variables de respuesta**

### **7.8.1. Variables ambientales**

Luz: La radiación solar total se midió semanalmente con un luxómetro digital marca Mastech modelo 6610 cada viernes a las 12:30 pm.

Temperatura: se midió utilizando un termohigrómetro marca Modavela modelo HDLCD diariamente. Adicionalmente se midió la temperatura máxima y mínima con un termómetro de máximas y mínimas. Ambas lecturas se realizaron semanalmente.

Humedad: se midió utilizando un termohigrómetro marca Modavela modelo HDLCD diariamente.

### **7.8.2. Variables edáficas**

El pH se midió con un medidor de humedad del suelo, pH e iluminación marca Chehill y la conductividad eléctrica con un conductivímetro Laquatwin EC-33 marca Horiba. Estos parámetros se evaluaron quincenalmente.

## **7.9. Variables de respuesta durante el crecimiento de las especies**

- Emergencia de plántulas (%): Esta variable se evaluó solamente para las especies propagadas por semilla durante el experimento 1. Consistió en diariamente contar las plántulas que emergían en el almácigo, hasta que este número permaneció constante durante cinco días se tomó el valor de la emergencia final, con base a la siguiente fórmula (González-Zertuche & Orozco-Segovia, 1996):

$$\%Emergencia = \frac{\text{No. total de plántulas emergidas}}{\text{No. total de semillas sembradas}} (100)$$

- Altura de la planta (cm): esta variable al igual que la cobertura y la TCR se evaluaron en todas las plantas trabajadas tanto en el experimento 1 como en el



2. Para ello se midió desde la base del tallo principal hasta el meristemo apical (Birchler *et al.*, 2008).

- Cobertura foliar (cm<sup>2</sup>): Se tomaron dos mediciones en forma de cruz del follaje de la planta con la ayuda de un vernier electrónico, calculando el promedio de los valores:

$$\text{Diámetro} = \frac{(\text{Diámetro 1} + \text{Diámetro 2})}{2}$$

El diámetro promedio obtenido se dividió entre dos para obtener el valor del radio, que se sustituyó en la fórmula del área de un círculo ( $A = \pi r^2$ ), para obtener finalmente la cobertura (Padilla y Goyes-Acosta, 2004).

Tasa de Crecimiento Relativo (TCR): Se calculó con base a la siguiente fórmula propuesta por Leopold y Kreidemann (1975):

$$TCR = \frac{(\ln \ln \text{ altura final} - \ln \ln \text{ altura inicial})}{(t_2 - t_1)}$$

Dónde  $t_2$ : tiempo final;  $t_1$ : tiempo inicial en días; altura final e inicial en cm.

- Índice de cosecha: Se evaluó en todas las especies bajo estudio de acuerdo con la siguiente fórmula (Romero, 2013).

$$\text{Índice de Cosecha (IC)} = \frac{(\text{Productividad económica} \times 100)}{\text{Productividad biológica}}$$

- Índice de calidad de Dickson: Se calculó para todas las especies bajo estudio a través de la siguiente fórmula (Villalobos *et al.*, 2014: 304):

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (cm)}} + \frac{\text{Peso seco aéreo (g)}}{\text{Peso seco radical (g)}}}$$

- Rendimiento: Se calculó para cada especie y tratamiento, con base al peso de la planta fresca y seca, por unidad de cultivo (saco o bolsa de la zapatera). Se cuantificó como g de planta producida/m<sup>2</sup>.

### **7.10. Análisis estadístico**

En el programa estadístico R a cada especie se le aplicó una prueba de normalidad (Shapiro-Wilk W). Posteriormente se realizó un estudio de igualdad de varianzas (Levene), ambos supuestos sobre los residuales de la prueba. Ambos supuestos se

cumplieron, por lo que se realizó un estudio ANOVA de un factor, se encontraron diferencias significativas, es decir  $p \leq 0.05$  (O'Neill y Mathews, 2002; Ross y Wilson, 2017; González-Estrada et al., 2022).

## **VIII. Resultados**

### ***8.1. Diseño de huertos verticales de especies aromáticas***

#### ***8.1.1. Encuesta para la definición de especies y espacio***

La encuesta se dividió en dos partes, una para dar a conocer las características promedio de las cocinas mexicanas y la otra para conocer las plantas aromáticas más utilizadas y de esta forma seleccionar las especies a cultivar. La encuesta se realizó a 100 personas de nacionalidad mexicana, de las cuáles el mayor porcentaje corresponde a mujeres, seguido por hombres y por último personas que se identifican con otro género (Fig. 13a). La ocupación más recurrente entre los encuestados fue estudiante, seguido por personas con una ocupación no mencionada, personal de salud, ama(o) de casa, personas sin ocupación, profesor(a), artista, personal de mantenimiento y por último conductor (Fig. 13b). El rango de edad más común fue de 26 a 40 años, seguido por las personas con 41 a 60 años, después por personas de 18 a 25 años y por último personas mayores de 60 años (Fig. 13c). Alrededor de la mitad de los encuestados son de la Ciudad de México, un cuarto de los encuestados es del Estado de México, seguido de Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Querétaro y por último Michoacán (Fig. 13d).

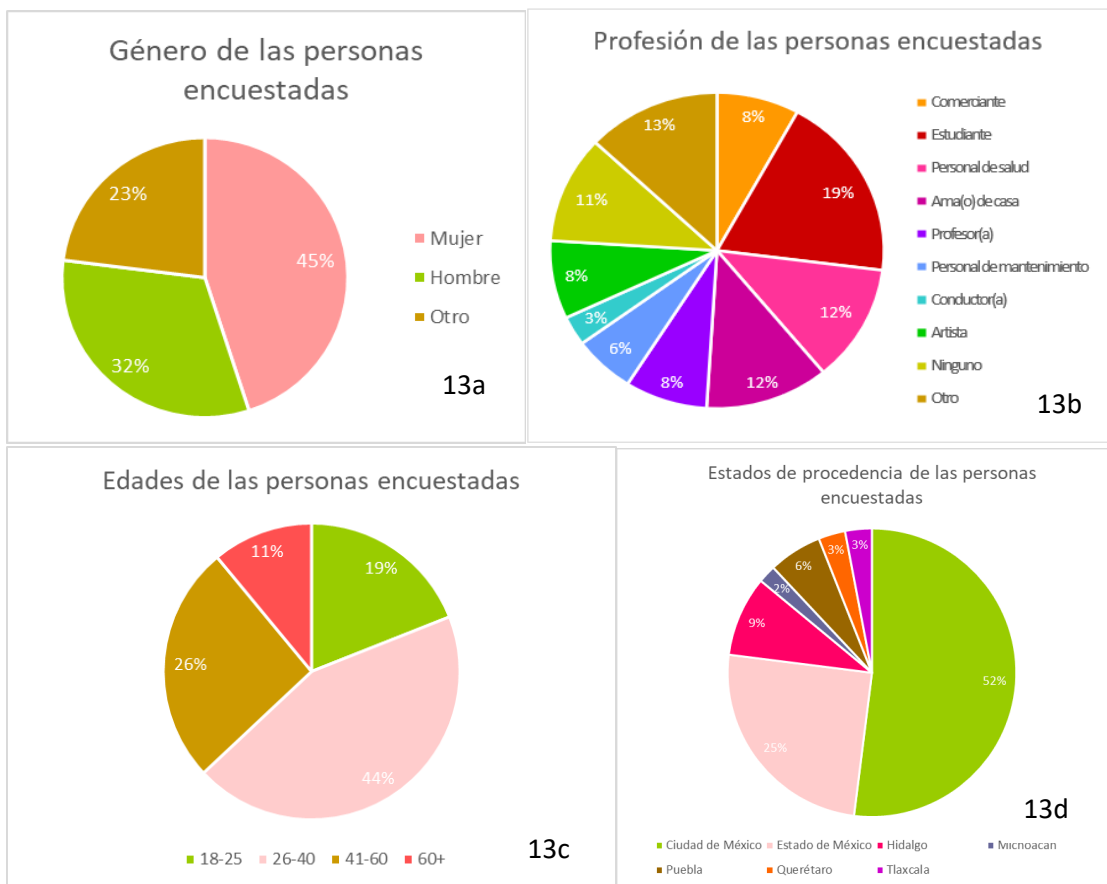


Figura 13. Características de los 100 mexicanos encuestados. 13a. Género de las personas encuestadas; 13b. Profesión de las personas encuestadas; 13c. Edades de las personas encuestadas; 13d. Estados de procedencia de las personas encuestadas (n=100)

### 8.1.1.1. Cocinas mexicanas

De 100 personas encuestadas se observa que la mayor parte tiene una cocina con más de dos metros de altura, seguido por quienes tienen una cocina de menos de 1.80 metros de altura y finalmente los que tienen una cocina con una altura de entre 1.80 y dos metros (Fig. 14).

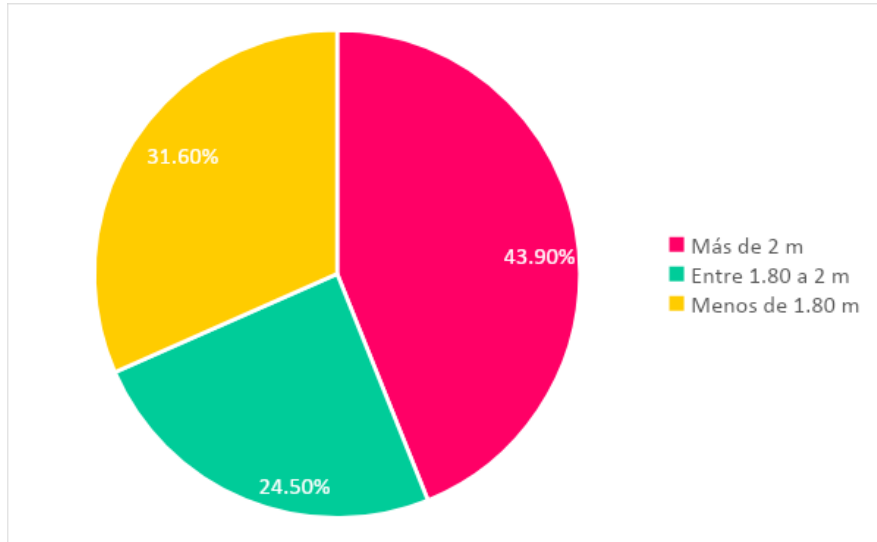


Figura 14. Altura de las cocinas de las personas mexicanas (n=100)

Respecto a la cantidad de luz que las cocinas reciben, la mayor parte cuenta con luz natural filtrada, seguido por las cocinas que reciben poca luz natural y por último las que requieren de luz artificial. Dichas condiciones de luz fueron consideradas para establecer los tratamientos a evaluar en este trabajo: sol directo, media sombra y lámparas de crecimiento vegetal (Fig. 15).

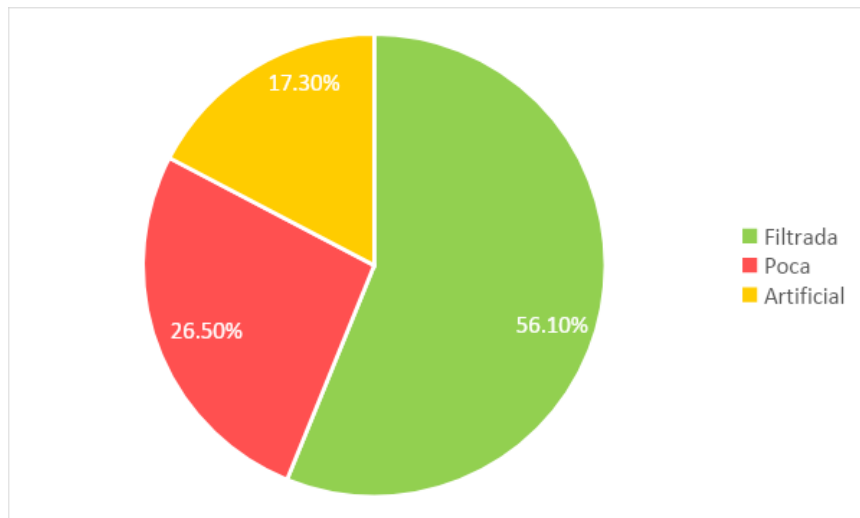


Figura 15. Iluminación de las cocinas mexicanas (n=100)

La mayor parte de las cocinas disponen de un espacio en una de las paredes de su cocina de 1.50 x 0.50 m, mientras que una minoría no lo posee (Fig. 16).

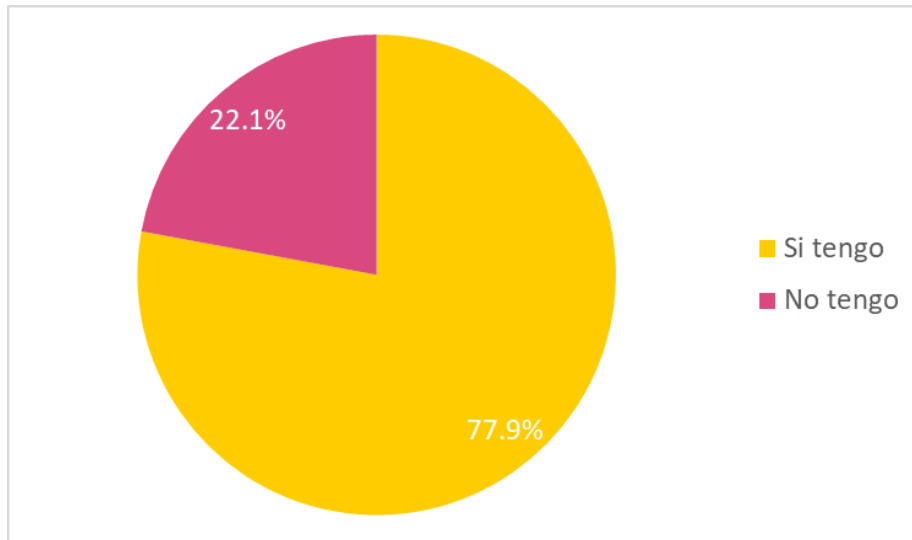


Figura 16. Disponibilidad de un espacio de 1.50 x 0.50 m en una de las paredes de la cocina (n=100)

### 8.1.1.2. Plantas aromáticas más utilizadas por la población encuestada

La albahaca fue la especie más utilizada, seguida por el cilantro, orégano, perejil, romero, laurel y cebollín. Se descartaron a las especies aromáticas con hábitos de crecimiento arbóreo, así como las que en la literatura se encontraron no aptas para su crecimiento en bolsa, como el laurel (Del Villar Ruiz de la Torre y Melo Herráiz, 2010) y el orégano (Ramos-González *et al.*, 2019) respectivamente.

Por lo que para el experimento se seleccionaron: albahaca, cilantro, perejil, romero y cebollín (Fig. 17).

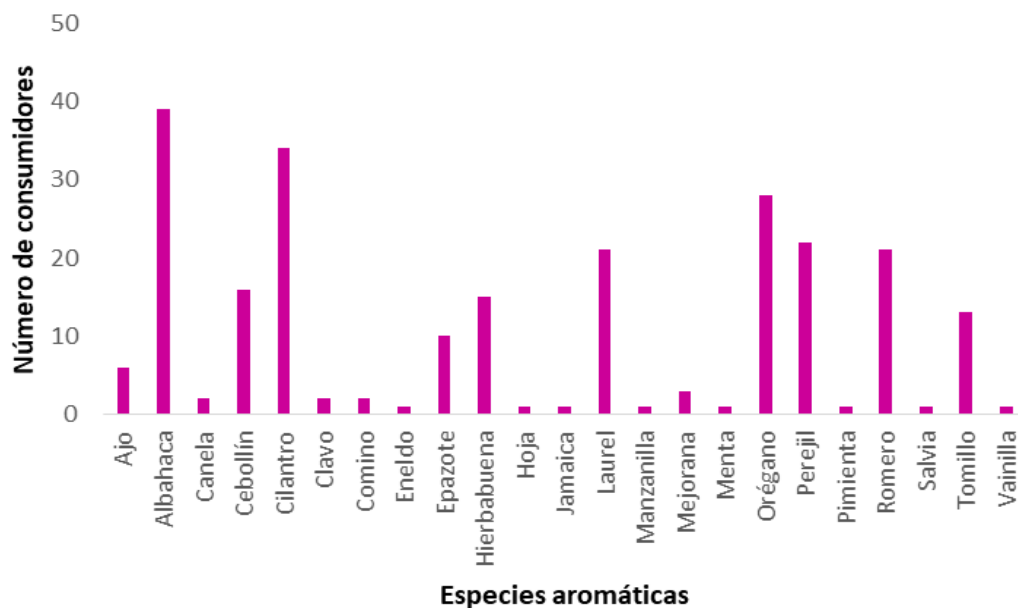


Figura 17. Especies aromáticas más empleadas por mexicanos (n=100)

## 8.2. Experimento 1

Las especies albahaca, cilantro y perejil fueron propagadas por semilla, cebollín por estructuras asexuales y el romero se colocó planta completa por bolsa. En este experimento cada especie se trabajó con un sustrato diferente.

### 8.2.1. Diseño y construcción del huerto vertical de plantas aromáticas

El sistema de huerto vertical se estableció durante la época verano-otoño de 2022. Dentro del vivero Chimalxochipan se seleccionaron tres sitios con base en la iluminación. Los huertos del tratamiento 1 (bajo sol directo) estuvieron orientados con una exposición SE, recibieron una iluminación solar continua y directa durante 6 horas diariamente. Los huertos del tratamiento 2 (bajo media sombra) estuvieron orientados con una exposición SO, bajo la sombra de un árbol recibiendo una iluminación solar continua e indirecta durante 6 horas cada día. Los huertos del tratamiento 3 (bajo lámparas de crecimiento) estuvieron orientados con una exposición SO, recibieron una iluminación artificial directa proporcionada por lámparas LED de crecimiento durante 6 horas por día.

Para los tres tratamientos se emplearon los elementos a continuación:

- a) Malla ciclón que proporciona soporte para colocar los huertos verticales. Puede sustituirse por una pared de ladrillo, cemento, entre otros y armellas para colgar de ellas los huertos, cabe resaltar que dicha pared debe haber sido impermeabilizada con anterioridad.
- b) Zapatera de bolsa ancha o para tenis con 16 sacos de 16.5 × 10.5 × 9.5 cm de alto, ancho y profundidad como sistema de cultivo vertical. Se fijó a un marco de madera de 4 cm de ancho y 2 cm de grosor para obtener mayor soporte (Fig. 18).
- c) Alambre de cobre requemado para amarrar la zapatera a la pared de malla.

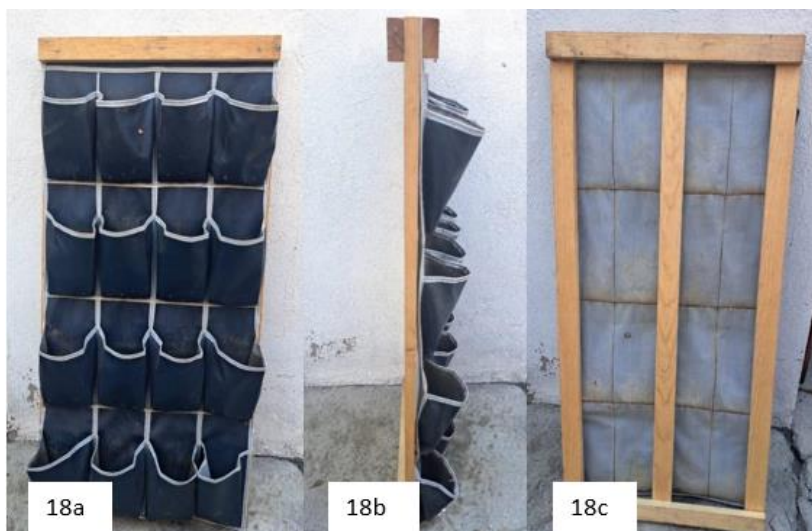


Figura 18. Sistema de cultivo vertical compuesto por una zapatera de boca ancha y un marco de madera. 18a. Vista frontal del sistema de cultivo; 18b. Vista lateral del sistema de cultivo; 18c. Vista dorsal del sistema de cultivo.

Para los huertos del tratamiento 1 se realizó además lo siguiente (Fig. 19a):

- a) Malla mosquitera sobre la pared.
- b) Tubo de 2.5 metros de alto colocado a dos metros de los sistemas de cultivo para proteger los organismos vegetales de las condiciones climáticas adversas sin comprometer el paso de la luz solar.

Para los huertos del tratamiento 2 se realizó lo siguiente (Fig. 19b):

- a) Se localizó un árbol de cinco metros de altura con una cobertura foliar de 51.2 m<sup>2</sup> para proporcionar la semi sombra.

Para los huertos del tratamiento 3 se realizó lo siguiente (Fig. 19c):

- a) Estructura metálica de base, la cual sirvió como soporte para colocar sobre ella una cubierta de plástico negro que permitió la ausencia de luz solar en el interior.
- b) Instalación eléctrica cercana y una extensión para conectar las lámparas.
- c) Lámparas LED de crecimiento Osunby con espectro completo rojo+azul+UV+IR con una cobertura de 3 x 3 pies a 2 pies de altura, las cuáles se colocaron a 12 pulgadas de la primera hilera de las zapateras. Estas se colocaron durante todas las etapas del crecimiento de las plantas.
- d) Temporizador para la automatización del encendido y apagado de las lámparas.



Figura 19. Fotografías de los microambientes de cada tratamiento; 19a. Sistemas de cultivo del tratamiento 1 (sol directo); 19b. Sistemas de cultivo del tratamiento 2 (media sombra); 19c. Sistemas de cultivo del tratamiento 3 (lámparas de crecimiento).

Las medidas de las bolsas de las zapateras son 16.5 × 10.5 × 9.5 cm de alto, ancho y profundidad respectivamente.

### 8.2.2. Emergencia acumulada de las especies aromáticas propagadas por semilla

Las semillas de albahaca presentaron un porcentaje de emergencia final del 65% (Fig. 20). Las semillas de cilantro presentaron una emergencia superior al 80% (Fig. 21) y las semillas de perejil presentaron un porcentaje de emergencia de 40% (Fig. 22).

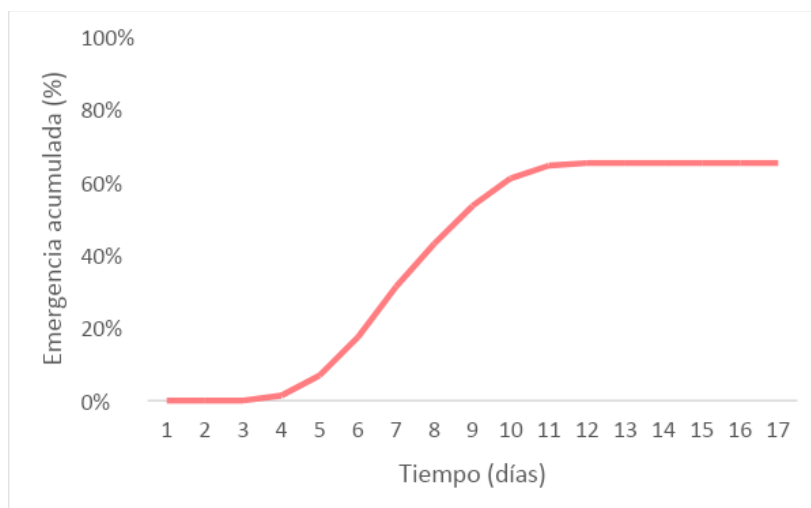


Figura 20. Emergencia acumulada de plántulas de albahaca ( n=50)

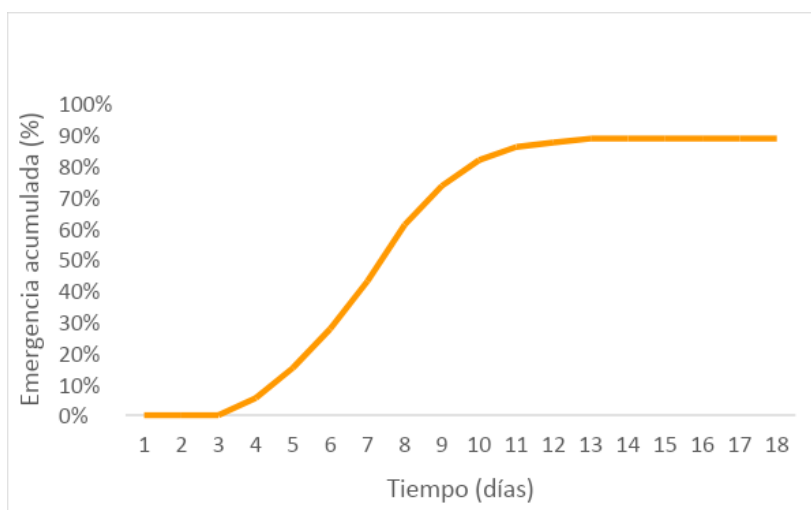


Figura 21. Emergencia acumulada de plántulas de cilantro ( n=50)



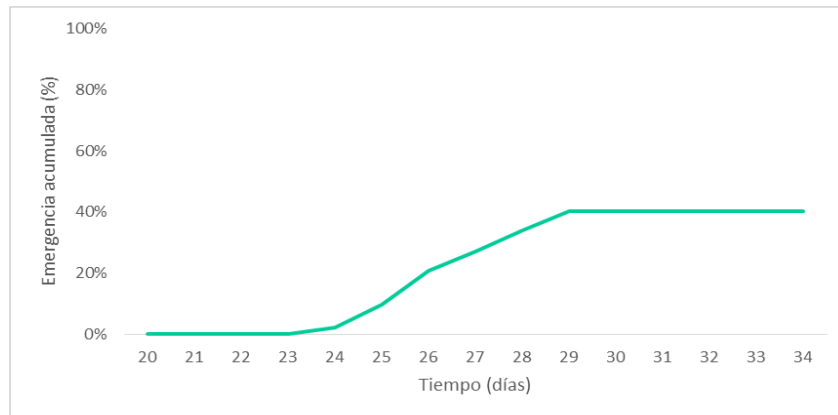


Figura 22. Emergencia acumulada de plántulas de perejil ( n=50)

### 8.2.3. Tiempo promedio de emergencia de las especies aromáticas

#### 8.2.3.1. Albahaca, Cilantro y Perejil

El tiempo promedio de emergencia de las plántulas de albahaca fue de 11 días, de las plántulas de cilantro fue de 13 días y de las plántulas del perejil fue de 29 días (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tiempo promedio de emergencia de las plántulas de albahaca, cilantro y perejil.

	Albahaca	Cilantro	Perejil
Tiempo promedio de emergencia (días)	11	13	29

#### 8.2.4 Tratamiento 1 (Huerto a sol directo)

En este huerto se desarrollaron mejor las especies romero y cebollín con diferencias estadísticas significativas, las cuales se trasplantaron como plantas ya desarrolladas con una altura inicial de 32.7 cm y 15.3 cm respectivamente. Al final presentaron una altura de 21.5 cm y 14.7 cm con una supervivencia del 100% (Fig. 23).

Después de tres meses de crecimiento, estas especies alcanzaron alturas promedio finales menores a las plantas que se comercializan en el mercado (21.5 cm y 14.7 cm) (Fig. 24, 26), al igual que una cobertura foliar aceptable (Fig. 25). Respecto al peso de biomasa fresco y seco el romero presentó los mayores valores, al igual que en el rendimiento, el cebollín presentó el mayor índice de calidad de Dickson y el perejil la mayor tasa de crecimiento relativo, se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) (Cuadro 3).

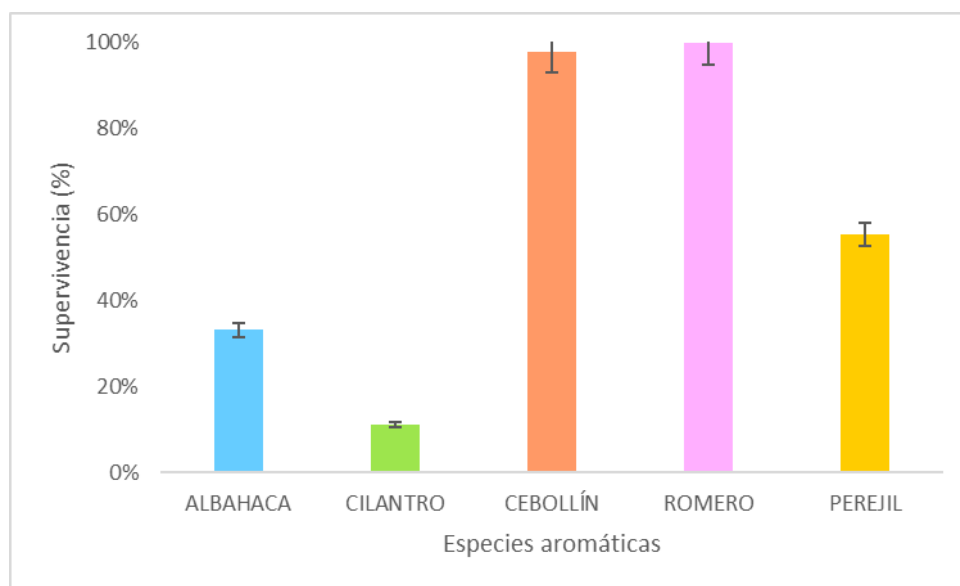


Figura 23. Supervivencia de las especies aromáticas cultivadas a sol directo (n=45)

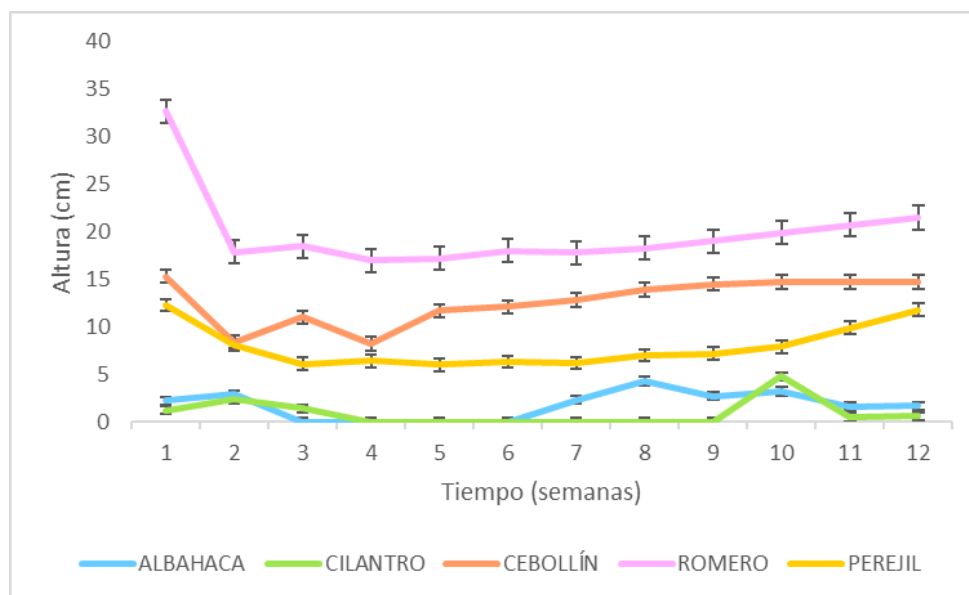


Figura 24. Altura promedio de las especies aromáticas cultivadas a sol directo (n=45)

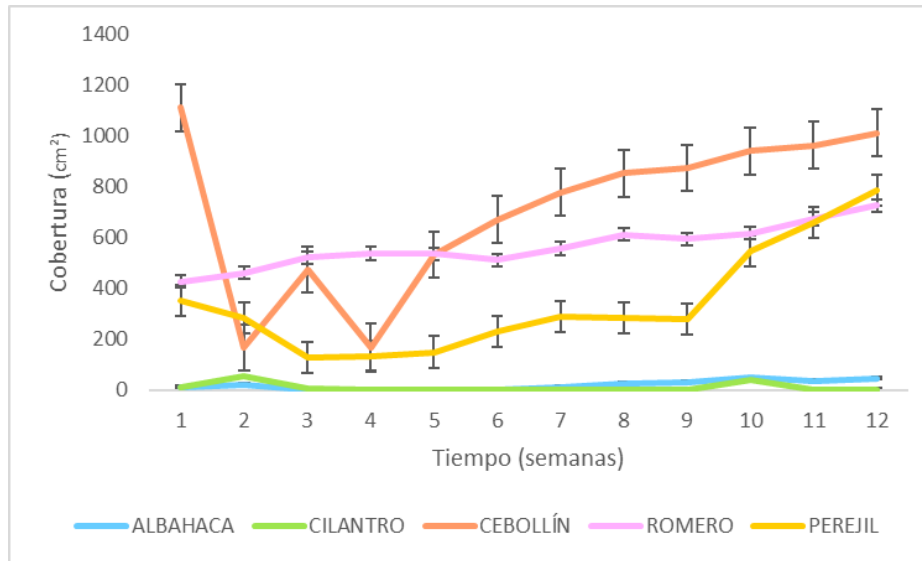


Figura 25. Cobertura promedio de las especies aromáticas cultivadas a sol directo (n=45)

Cuadro 3. Atributos del rendimiento de las especies aromáticas al momento de la cosecha (n=45)

Especie aromática	Tasa de Crecimiento Relativo (d <sup>-1</sup> )	Índice de Calidad de Dickson	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Rendimiento en peso fresco (g/cm <sup>2</sup> )	No. de bulbos
<b>Albahaca</b>	0.033	0.0002	1.66	0.24	0.18	
<b>Cilantro</b>	0.041	0.0003	0.8	0.4	0.08	
<b>Cebollín</b>	0.032	0.265	102	51.1	11.3	91
<b>Romero</b>	0.023	0.238	186	123	20.6	
<b>Perejil</b>	0.081	0.067	38	10	4.2	



Figura 26. Especies aromáticas a los tres meses de su cultivo en los huertos a sol directo

Las especies albahaca y cilantro presentaron infestación de caracoles (Fig. 27 y Cuadro 4), los cuáles se controlaron cubriendo los bordes de los sistemas de cultivo con papel aluminio. Por otro lado, dos granizadas en distintos momentos a lo largo del experimento redujeron la supervivencia de las especies albahaca, cilantro y perejil. Ambos sucesos afectaron el rendimiento de las especies.

Cuadro 4. Organismos potencialmente plagas registrados en albahaca y cilantro en cada huerto

Plaga	Huerto 1	Huerto 2	Huerto 3
<b>Caracoles</b>	Afectó a las especies albahaca y cilantro	Afectó a las especies albahaca y cilantro	Afectó a las especies albahaca y cilantro



Figura 27. Caracoles como organismos potencialmente plagas en las plantas de albahaca y cilantro

Los sustratos utilizados cubrieron con las necesidades nutricionales de las especies aromáticas hasta llegar a la floración (Anexo 3).

El pH y la CE de los sustratos de las especies se presentaron similares y sin diferencias estadísticas entre ellos, el pH osciló entre 7.6 y 7.8, mientras que la CE osciló entre 0.018 y 0.028 respectivamente (Cuadro 5).

Cuadro 5. pH y CE de los sustratos en los que se desarrollaron las especies aromáticas durante los tres meses de su cultivo (n=45)

Especie aromática	pH	Conductividad eléctrica (ds/m <sup>-1</sup> )
<b>Albahaca</b>	7.8	0.019
<b>Cilantro</b>	7.6	0.026
<b>Cebollín</b>	7.8	0.018
<b>Romero</b>	7.8	0.019
<b>Perejil</b>	7.6	0.028

La temperatura ambiental del micrositio osciló entre los 25 y 15°C, mientras que la humedad relativa del micrositio se presentó entre el 80 y 40% (Fig. 28).

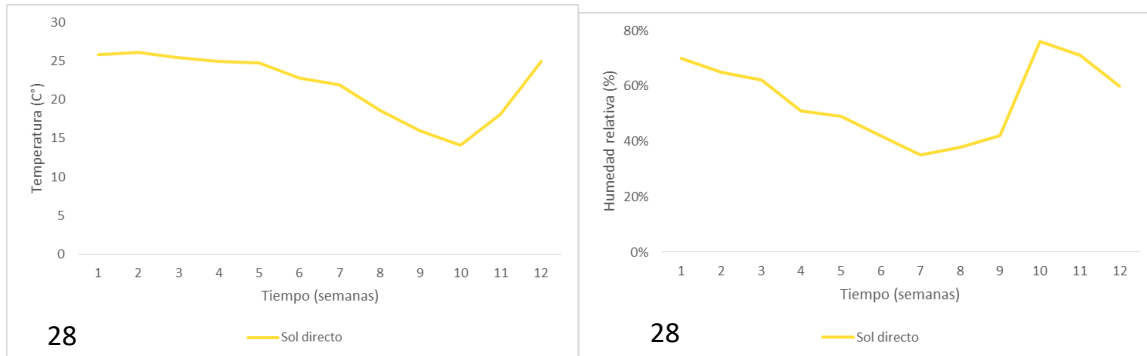


Figura 28. Humedad relativa y temperatura del micrositio del huerto a sol directo. 28a: Temperatura (°C); 28b: Humedad relativa (%).

Las especies que no se desarrollaron satisfactoriamente en este huerto fueron albahaca y cilantro (Fig. 24, Fig. 25 y Fig. 26).

Los costos de producción de un huerto vertical de plantas aromáticas se encuentran en el Cuadro 6. Se especifica el presupuesto requerido para la elaboración del abono bocashi, que se incluyó en el presupuesto de instalación del sistema de huerto vertical.

El costo inicial para un sistema de producción de 0.5 m<sup>2</sup> de huerto vertical en una primera producción de tres meses fue de \$626.72.

Cuadro 6. Costo de la producción de un huerto vertical de plantas aromáticas a sol directo

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio unitario MN \$	Importe MN\$
1	Zapatera para tenis con 16 bolsas	Pieza	100.00	100.00
1	Marcos de madera	Pieza	83.30	83.30
8	Clavos	Pieza	0.30	2.40
2	Rondanas	Pieza	0.25	0.50
0.038	Alambre recocido	g	20.00	0.76
350	Sustrato para almácigo	g	4.9	1.71
150	Semillas	pieza	varios	18.00
6	Plantas	pieza	5	30.00
23.5	Sustrato	kg	3.3	77.55
6	Abono	kg	7.13	42.70

<b>1</b>	Control de plagas (biopreparados)	pieza	10.5	10.50
<b>1.5</b>	Jornada laboral (mano de obra)	h	172.87	259.30
<b>Total</b>				626.72

### 8.2.5. Tratamiento 2 (huerto cultivado bajo media sombra)

En este tratamiento se desarrollaron mejor las especies albahaca, cilantro y romero con una supervivencia del 100% (Fig. 39).

Estas especies durante tres meses de cultivo alcanzaron alturas promedio finales semejantes a las plantas que se comercializan en el mercado (18.1 cm, 13.6 cm y 18.8 cm) (Fig. 30 y 32) al igual que una cobertura foliar aceptable con diferencias estadísticas significativas (Fig. 31). El romero presentó los mayores valores de peso de biomasa fresca y seca, rendimiento en función del peso fresco, índice de Calidad de Dickson y tasa de crecimiento relativo, con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) (Cuadro 7).

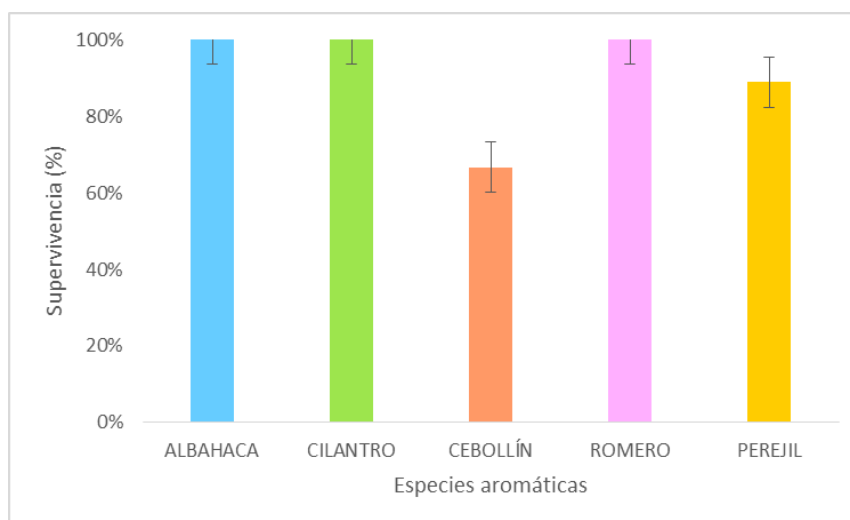


Figura 29. Supervivencia de las especies aromáticas cultivadas a media sombra (n=45)

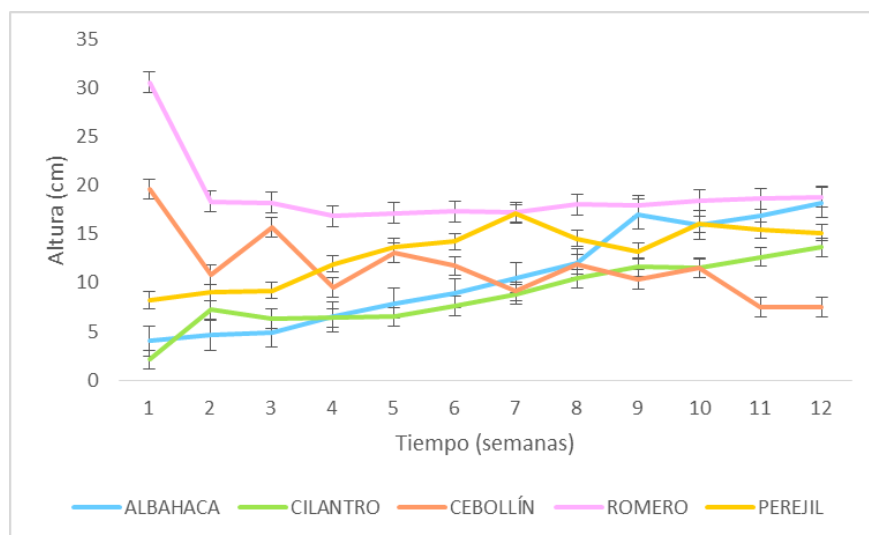


Figura 30. Altura promedio de las especies aromáticas cultivadas a media sombra (n=45)

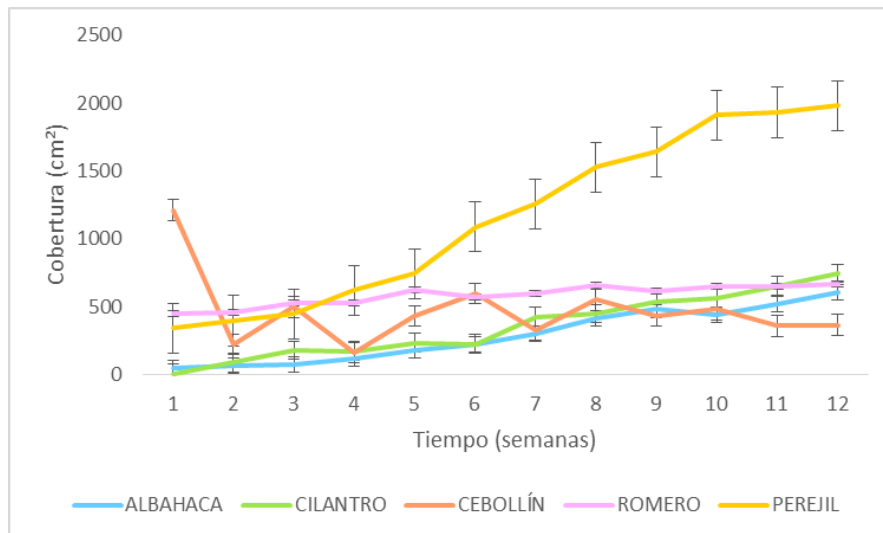


Figura 31. Cobertura promedio de las especies aromáticas cultivadas a media sombra (n=45)

Cuadro 7. Atributos del rendimiento de las especies aromáticas al momento de la cosecha (n=45)

Especie aromática	Tasa de Crecimiento Relativo (d <sup>-1</sup> )	Índice de calidad de Dickson	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Rendimiento en peso fresco (g/cm <sup>2</sup> )	No. de bulbos
Albahaca	0.109	0.121	75	47.6	8.3	
Cilantro	0.119	0.016	63	6.7	7	
Cebollín	0.023	0.16	37.5	34	4.1	42
Romero	0.128	0.293	182	118	20.2	
Perejil	0.092	0.112	98	33	10.8	



Figura 32. Especies aromáticas a los tres meses de su cultivo en los huertos a media sombra

En este tratamiento no se presentaron infestaciones de organismos potencialmente plaga. Los sustratos utilizados cubrieron las necesidades nutrimentales de las especies aromáticas hasta llegar a la floración (Anexo 3).

El pH de los sustratos en los que se desarrollaron las especies se mantuvo entre 7.7 y 7.9, la CE se presentó entre 0.021 y 0.032ds/m<sup>-1</sup>, ambas variables no presentaron diferencias estadísticas (Cuadro 8).

Cuadro 8. pH y CE de los sustratos en los que se desarrollaron las especies aromáticas durante los tres meses de su permanencia en los huertos verticales a media sombra (n=45)

<b>Especie aromática</b>	<b>pH</b>	<b>Conductividad eléctrica (ds/m<sup>-1</sup>)</b>
<b>Albahaca</b>	7.9	0.032
<b>Cilantro</b>	7.8	0.024
<b>Cebollín</b>	7.7	0.021
<b>Romero</b>	7.9	0.026
<b>Perejil</b>	7.8	0.032

La temperatura del micrositio se presentó entre 22 y 17°C, la humedad relativa del micrositio osciló entre 20 y 50% (Fig. 33).



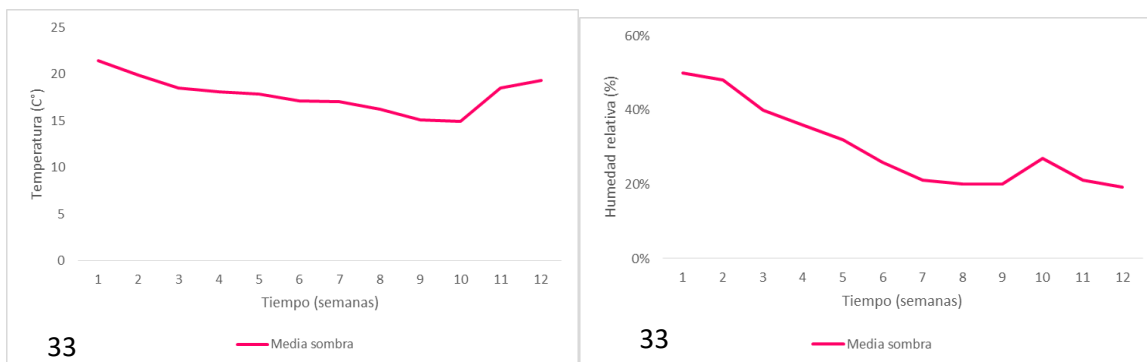


Figura 33. Humedad relativa y temperatura del micrositio de los huertos a media sombra. 33a: Temperatura (°C); 33b: Humedad relativa (%).

Los costos de producción de un huerto vertical de plantas aromáticas se encuentran en el Cuadro 9. Se especifica el presupuesto requerido para la elaboración del abono bocashi, que se incluyó en el presupuesto de instalación del sistema de huerto vertical.

El costo inicial para un sistema de producción de 0.5 m<sup>2</sup> de huerto vertical en una primera producción de tres meses fue de \$626.72.

Cuadro 9. Costo de la producción de un huerto vertical de plantas aromáticas a media sombra

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio unitario MN \$	Importe MN\$
1	Zapatera para tenis con 16 bolsas	Pieza	100.00	100.00
1	Marcos de madera	Pieza	83.30	83.30
8	Clavos	Pieza	0.30	2.40
2	Rondanas	Pieza	0.25	0.50
0.038	Alambre recocido	g	20.00	0.76
350	Sustrato para almácigo	g	4.9	1.71
150	Semillas	pieza	varios	18.00
6	Plantas	pieza	5	30.00
23.5	Sustrato	kg	3.3	77.55
6	Abono	kg	7.13	42.70
1	Control de plagas (biopreparados)	pieza	10.5	10.50
1.5	Jornada laboral (mano de obra)	h	172.87	259.30
<b>Total</b>				<b>626.72</b>

### 8.2.6. Tratamiento 3 (cultivos con lámparas LED de crecimiento vegetal)

En este tratamiento se desarrollaron mejor las especies albahaca y perejil con una supervivencia del 100% (Fig. 34).

Durante tres meses de cultivo el perejil alcanzó alturas promedio finales semejantes a las plantas que se comercializan en el mercado (20.8 cm) (Fig. 35 y 37), al igual que una cobertura foliar aceptable con diferencias estadísticas significativas (Fig. 36). El romero presentó los mayores valores de peso de biomasa fresca y seca, rendimiento en función del peso fresco e índice de calidad de Dickson, mientras que albahaca y cilantro presentaron los mayores valores de tasa de crecimiento relativo, con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) (Cuadro 10).

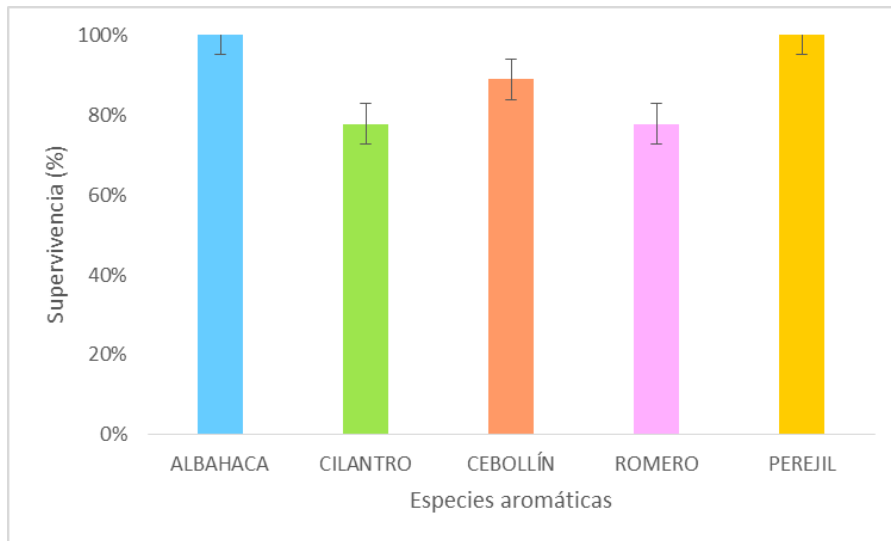


Figura 34. Supervivencia de las especies aromáticas cultivadas a lámparas LED de crecimiento vegetal (n=45)

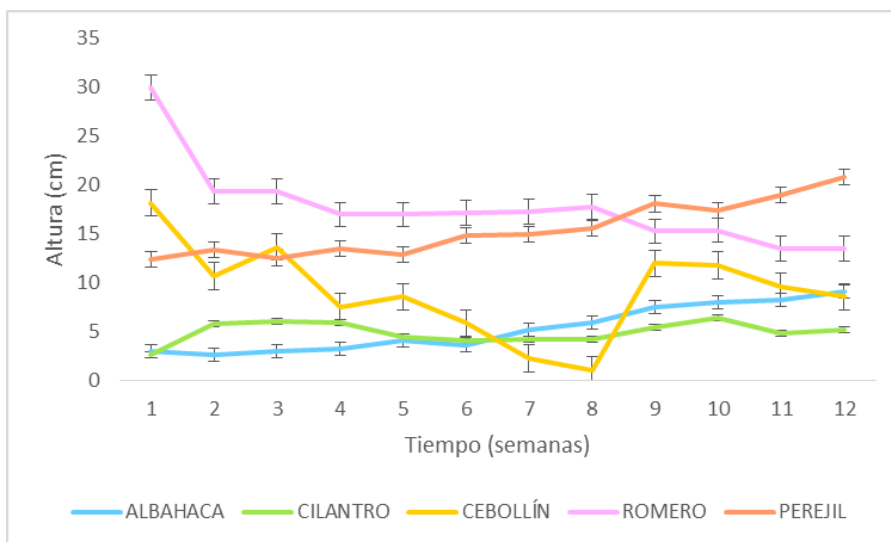


Figura 35. Altura promedio de las especies aromáticas cultivadas con lámparas LED de crecimiento vegetal (n=45)

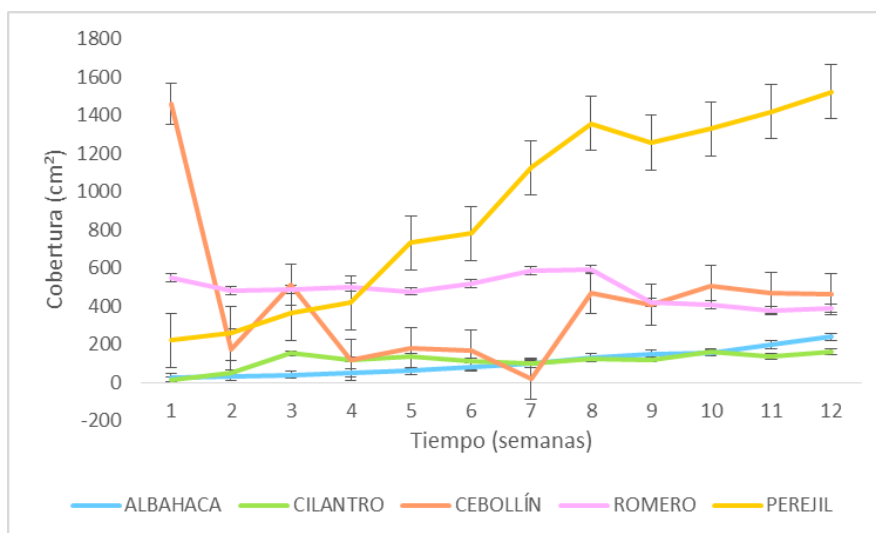


Figura 36. Cobertura promedio de las especies aromáticas cultivadas con lámparas LED de crecimiento vegetal (n=45)

Cuadro 10. Atributos del rendimiento de las especies aromáticas al momento de la cosecha (n=45)

Especie aromática	Tasa de Crecimiento Relativo (d <sup>-1</sup> )	Índice de Calidad de Dickson	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Rendimiento en peso fresco (g/cm <sup>2</sup> )	No. de bulbos
Albahaca	0.103	0.0109	20	3.6	2.2	
Cilantro	0.101	0.0008	8	1.43	0.8	
Cebollín	0.03	0.187	27	28.2	3	34
Romero	0.022	0.209	140	108	15.5	
Perejil	0.089	0.09	63	24.7	7	



Figura 37. Especies aromáticas a los tres meses de su cultivo en los huertos verticales con lámparas LED de crecimiento vegetal

Las especies cebollín, romero y cilantro presentaron una infestación de organismos potencialmente plagas (Cuadro 11), los cuales se controlaron a tiempo con tratamientos naturales (Fig. 38) hasta reducir sus poblaciones las cuales no afectaron el rendimiento de las especies.

Cuadro 11. Organismos potencialmente plagas registrados en los huertos cultivados con lámparas LED

Plaga	Huerto 1	Huerto 2	Huerto 3
<b>Babosa</b>	Albahaca, cilantro y cebollín	Albahaca, cilantro y cebollín	Albahaca, cilantro y cebollín



Figura 38: Babosas como organismos potencialmente plagas en albahaca, cilantro y cebollín.

El pH de los sustratos de cultivo de las especies aromáticas osciló entre 7.5 y 7.9, mientras que la CE presentó los mayores valores en el sustrato de cilantro (Cuadro 12).

Cuadro 12. pH y CE de los sustratos en los que se desarrollaron las especies aromáticas durante los tres meses de su cultivo en los huertos verticales con lámparas LED (n=45)

Especie aromática	pH	Conductividad eléctrica (ds/m <sup>-1</sup> )
<b>Albahaca</b>	7.5	0.128
<b>Cilantro</b>	7.5	0.318
<b>Cebollín</b>	7.7	0.033
<b>Romero</b>	7.8	0.027

<b>Perejil</b>	<b>7.9</b>	<b>0.043</b>
----------------	------------	--------------

La temperatura del micrositio se presentó entre 24 y 14°C, mientras que la humedad relativa del micrositio osciló entre 45 y 77% (Fig. 39).

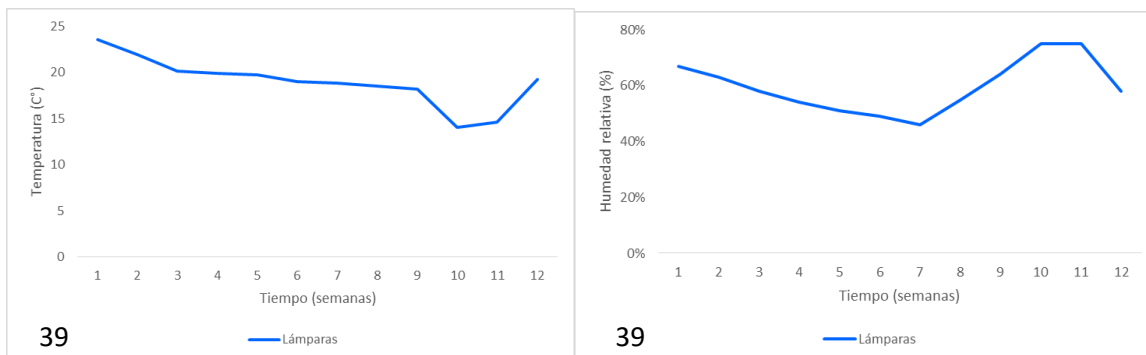


Figura 39. Humedad relativa y temperatura del micrositio de los huertos con lámparas LED de crecimiento vegetal. 39a: Temperatura (°C); 39b: Humedad relativa (%).

Las especies cebollín y cilantro no se desarrollaron satisfactoriamente en estos huertos iluminados artificialmente con lámparas LED (Fig. 34, 35 y 36).

Los costos de producción de un huerto vertical de plantas aromáticas se encuentran en el Cuadro 13. Se especifica el presupuesto requerido para la elaboración del abono bocashi, que se incluyó en el presupuesto de instalación del sistema de huerto vertical.

El costo inicial para un sistema de producción de 0.5 m<sup>2</sup> de huerto vertical en una primera producción de tres meses fue de \$1397.72.

Cuadro 13. Costo de la producción de un huerto vertical de plantas aromáticas

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario MN \$</b>	<b>Importe MN\$</b>
<b>1</b>	Lámpara LED de crecimiento vegetal	Pieza	771.00	771.00
<b>1</b>	Zapatera para tenis con 16 bolsas	Pieza	100.00	100.00
<b>1</b>	Marcos de madera	Pieza	83.30	83.30
<b>8</b>	Clavos	Pieza	0.30	2.40
<b>2</b>	Rondanas	Pieza	0.25	0.50
<b>0.038</b>	Alambre recocido	g	20.00	0.76
<b>350</b>	Sustrato para almácigo	g	4.9	1.71
<b>150</b>	Semillas	pieza	varios	18.00
<b>6</b>	Plantas	pieza	5	30.00
<b>23.5</b>	Sustrato	kg	3.3	77.55
<b>6</b>	Abono	kg	7.13	42.70

<b>1</b>	Control de plagas (biopreparados)	pieza	10.5	10.50
<b>1.5</b>	Jornada laboral (mano de obra)	h	172.87	259.30
<b>Total</b>				1397.72

### 8.2.7. Comparación del crecimiento y rendimiento de las especies en los tres tipos de huertos

#### 8.2.7.1. Albahaca

La albahaca presentó diferencias estadísticas significativas en los tres huertos estudiados ( $p < 0.05$ ), en relación con la altura y la cobertura, la mayor altura la alcanzó en el huerto a media sombra, presentó un tamaño intermedio en el huerto mantenido con lámparas LED y la menor altura en el huerto a sol directo (Fig. 40 y 41).

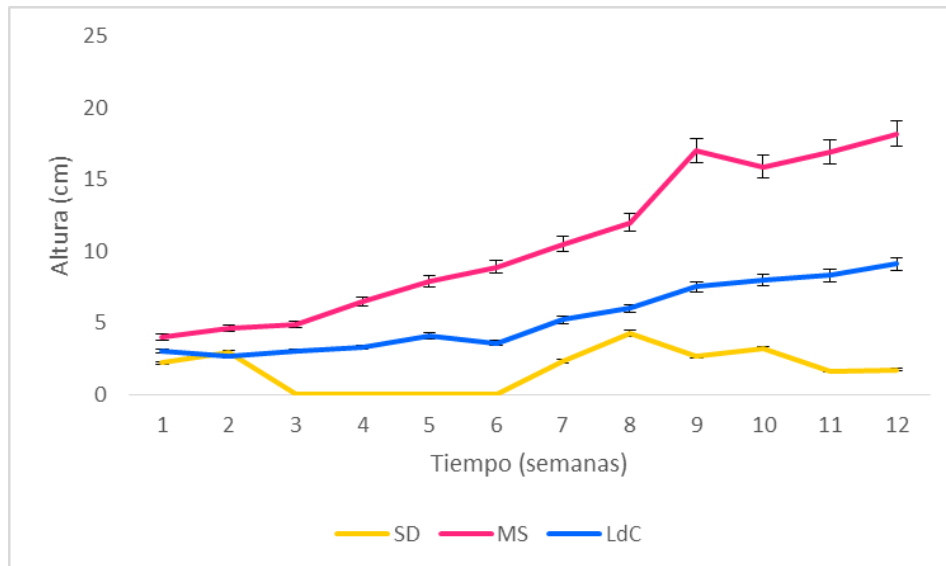


Figura 40. Comparación de la altura promedio de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

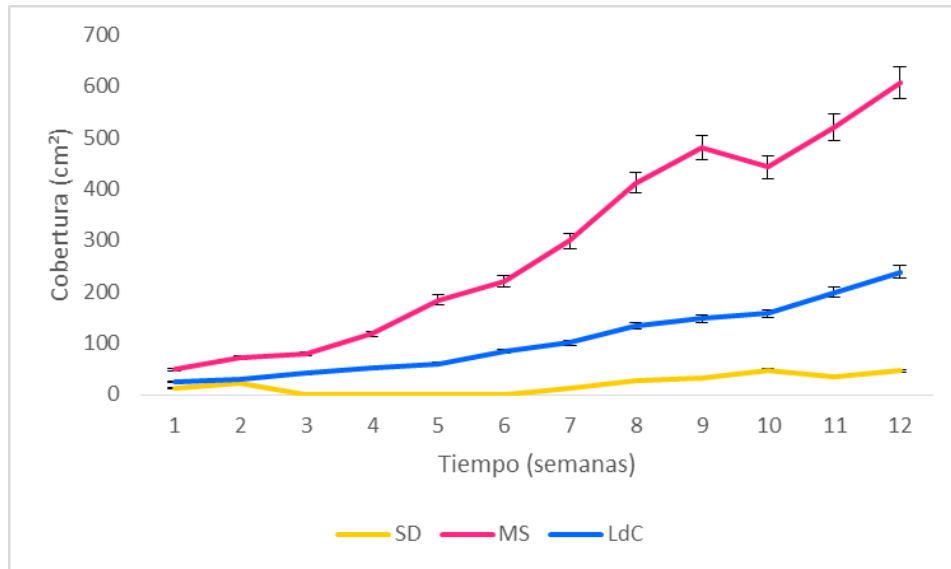


Figura 41. Comparación de la cobertura promedio de las plantas de albahaca en los distintos tratamientos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La supervivencia de las plantas de albahaca fue alta (100%) en los huertos a media sombra y con lámparas LED y sólo del 45% en el huerto a sol directo (Fig. 42). La TCR presentó la misma tendencia (Fig. 43).

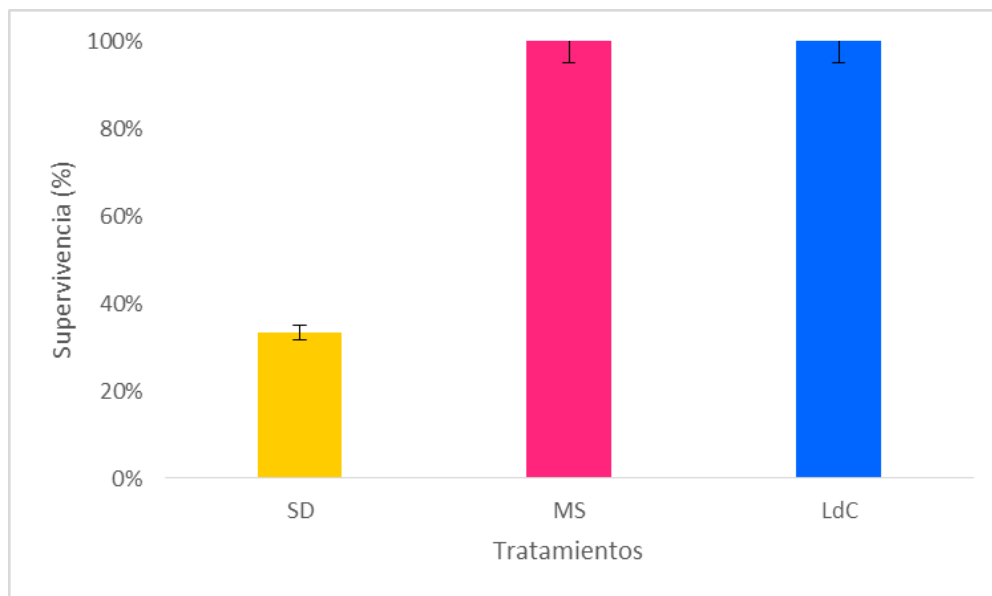


Figura 42. Comparación de la supervivencia de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). LdC= nto 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

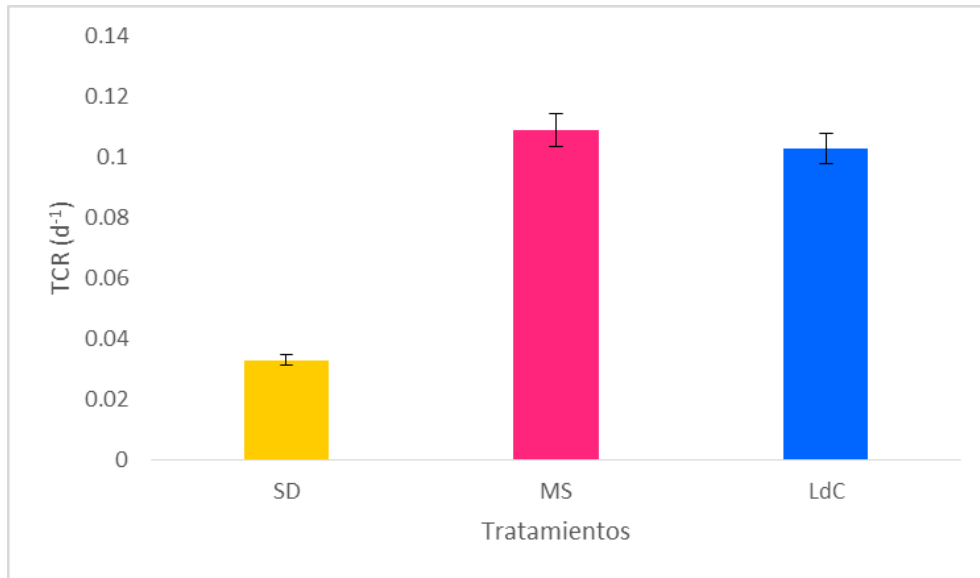


Figura 43. Comparación de la TCR promedio de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La calidad morfológica de las plantas medida con el Índice de Dickson resultó mayor en el huerto de media sombra y se vio severamente afectada en los huertos de sol directo y con lámparas LED (Fig.44).

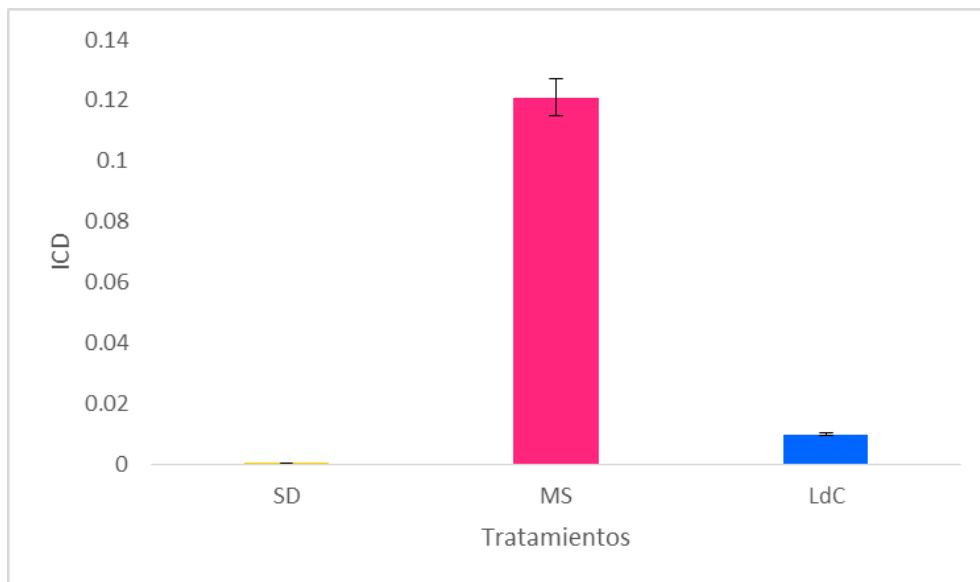


Figura 44. Comparación del ICD de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

El rendimiento de la albahaca en peso fresco fue mejor en el huerto a media sombra (Cuadro 14).



Cuadro 14. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de albahaca en los distintos tratamientos (n=27)

Tratamientos	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Rendimiento en peso fresco (g/cm <sup>2</sup> )
Tratamiento 1 (Sol directo)	1.66	0.24	0.18
Tratamiento 2 (Media sombra)	75	47.6	8.3
Tratamiento 3 (Lámparas LED)	20	3.6	2.2

### 8.2.7.2. Cilantro

El cilantro presentó diferencias estadísticas significativas en los tres huertos evaluados ( $p < 0.05$ ), en relación a la altura y la cobertura, la mayor altura la alcanzó en el tratamiento a media sombra, en el tratamiento cultivado a lámparas LED presentó un tamaño intermedio y la menor altura en el huerto a sol directo (Fig. 45 y 46)

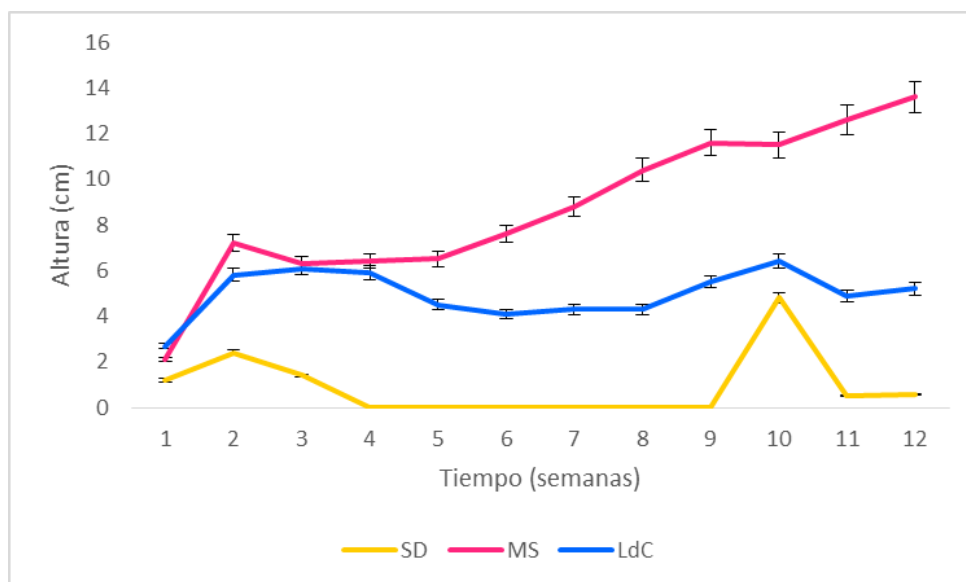


Figura 45. Comparación del ICD de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

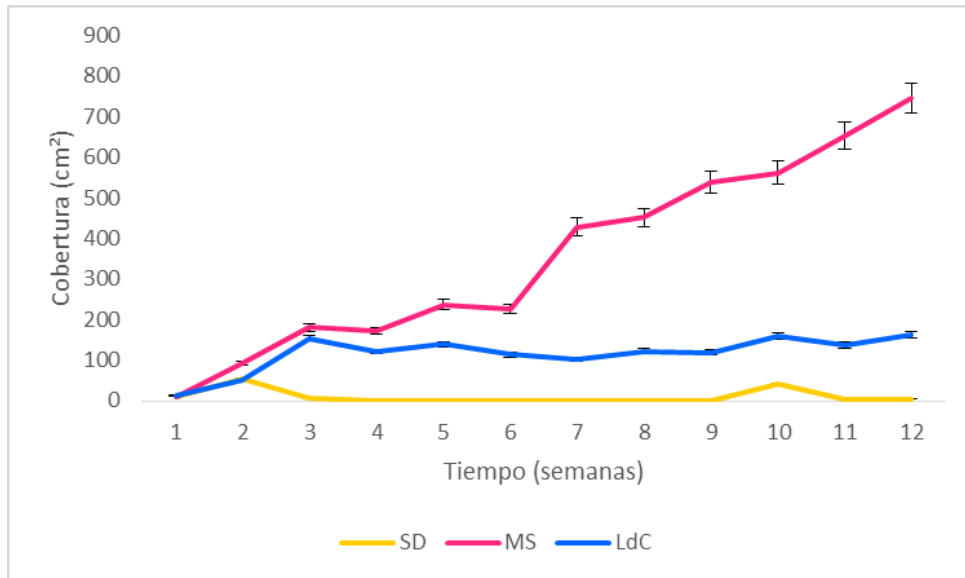


Figura 46. Comparación de la cobertura de las plantas de cilantro en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (Lámparas de crecimiento) (n=27)

La supervivencia de las plantas de cilantro fue alta (100%) en los huertos a media sombra, en el tratamiento a lámparas LED fue del 77% y sólo del 11% en el huerto a sol directo (Fig. 47). La TCR presentó una tendencia semejante (Fig. 48).

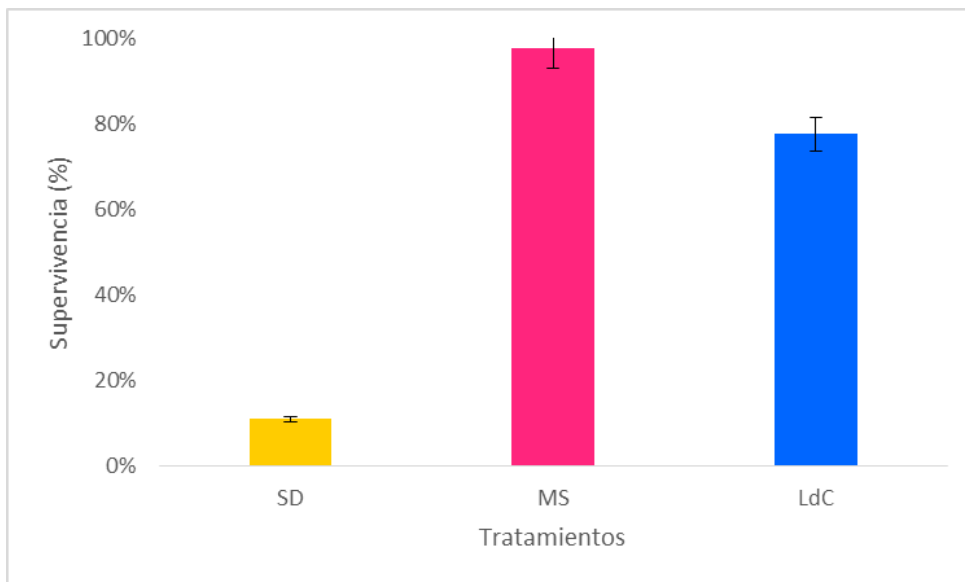


Figura 47. Comparación de la supervivencia de las plantas de cilantro en los distintos tratamientos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

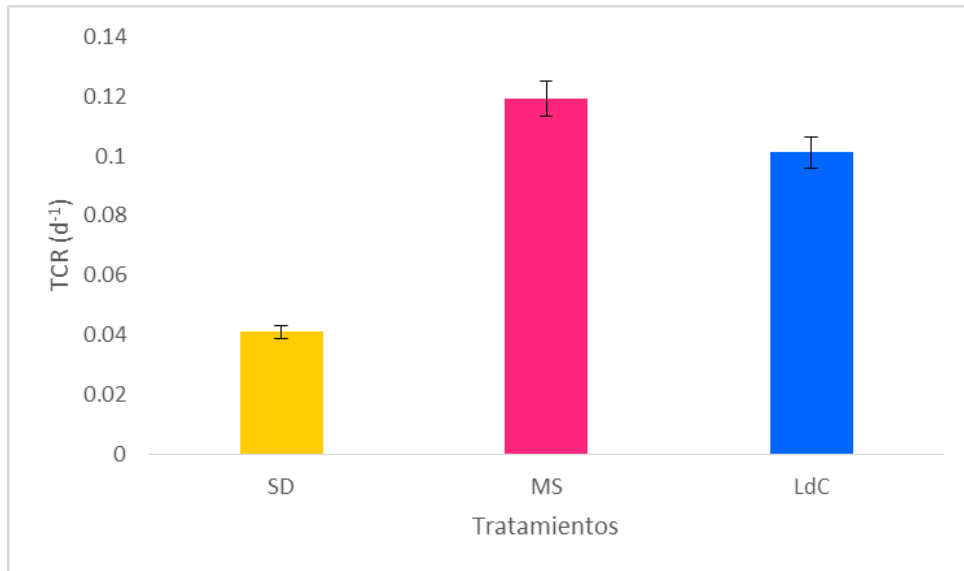


Figura 48. Comparación de la TCR de las plantas de cilantro en los distintos tratamientos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La calidad morfológica de las plantas de cilantro, medida con el Índice de Dickson resultó mayor en el huerto de media sombra y se vio severamente afectada en los huertos de sol directo y con lámparas LED (Fig.49).

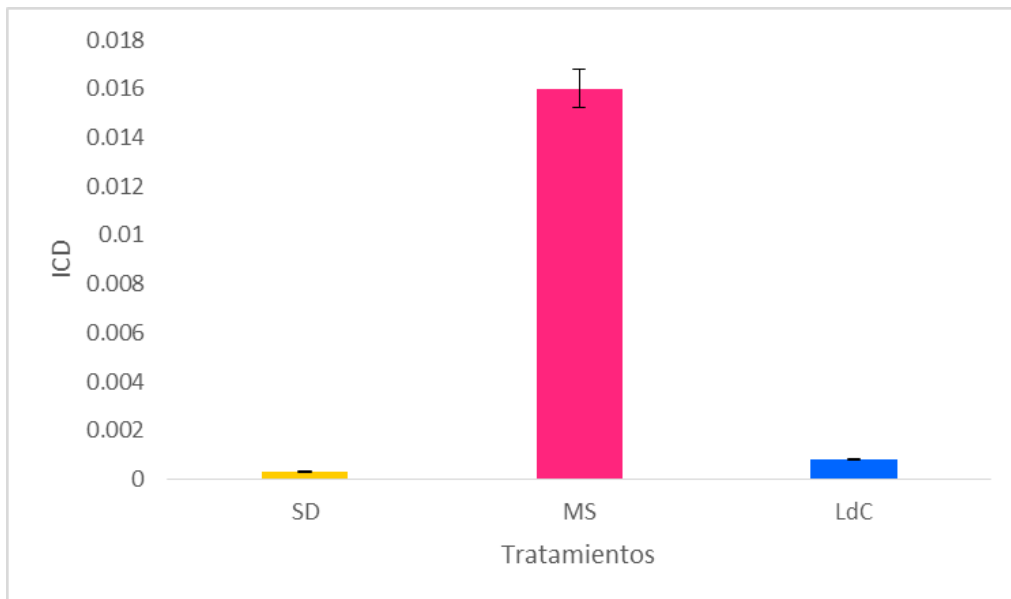


Figura 49. Comparación del ICD de las plantas de cilantro en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

El rendimiento del cilantro en peso fresco fue mejor en el tratamiento a media sombra (Cuadro 15).

Cuadro 15. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de cilantro en los distintos tratamientos (n=27)

Tratamientos	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Rendimiento en peso fresco (g/cm <sup>2</sup> )
Tratamiento 1 (Sol directo)	0.8	0.4	0.08
Tratamiento 2 (Media sombra)	63	6.7	7
Tratamiento 3 (Lámparas LED)	8	1.43	0.8

### 8.2.7.3. Cebollín

El cebollín presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) en el tratamiento sol directo respecto a los tratamientos media sombra y lámparas LED. En relación con la altura y la cobertura, para ambas variables, la mayor altura la alcanzó en el tratamiento a sol directo, en el tratamiento cultivado a lámparas LED presentó un tamaño intermedio y la menor altura en el huerto a media sombra (Fig. 50 y 51).

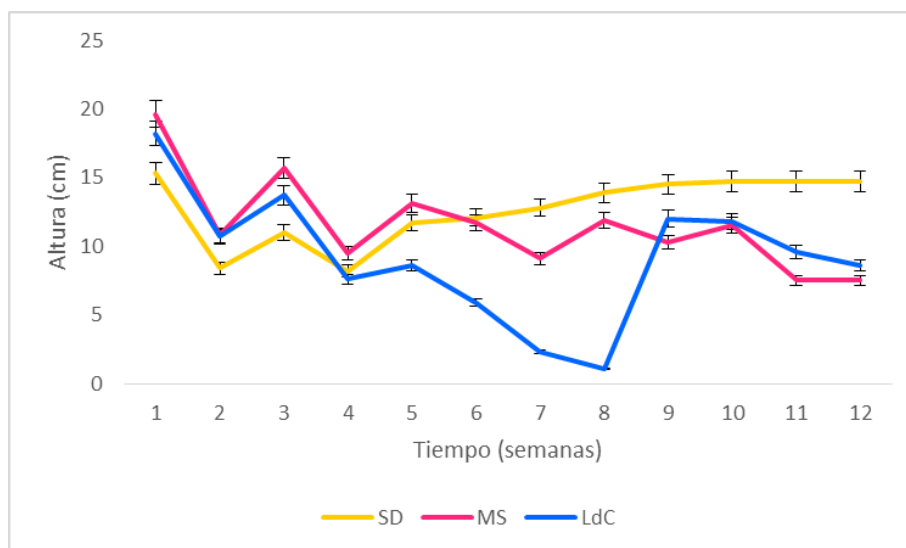


Figura 50. Comparación de la altura de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

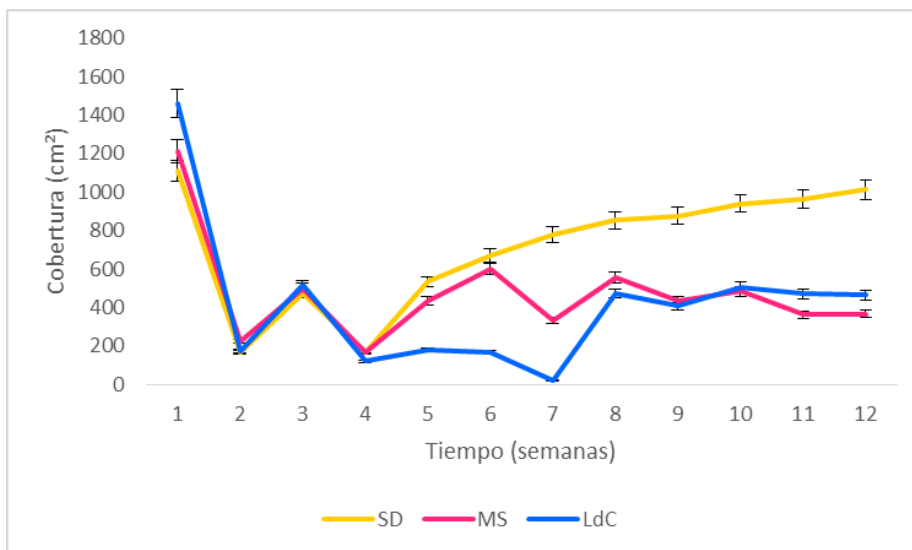


Figura 51. Comparación de la cobertura de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La supervivencia de las plantas de cebollín fue alta (100%) en los huertos a sol directo, en el tratamiento a lámparas LED fue del 88% y sólo del 66% en el huerto a media sombra (Fig. 52). La TCR presentó una tendencia semejante (Fig. 53).

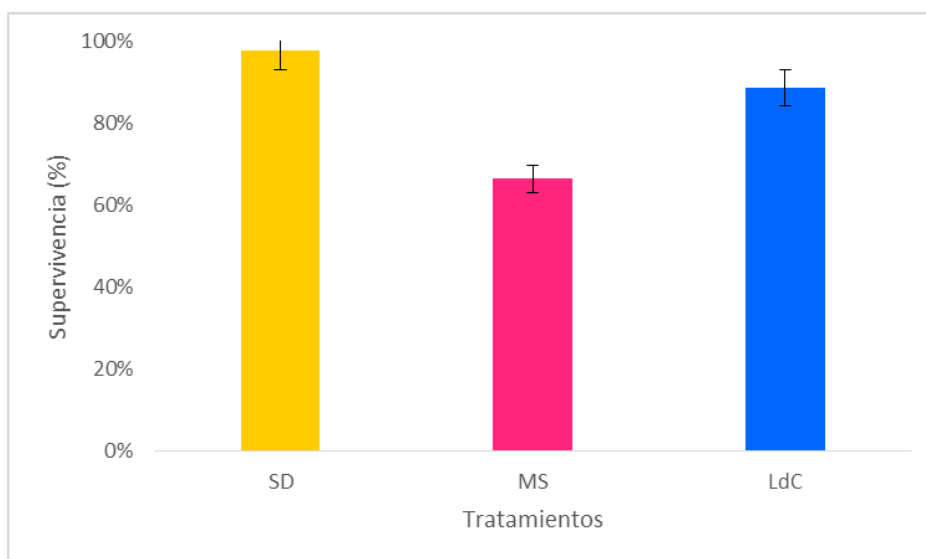


Figura 52. Comparación de la supervivencia de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

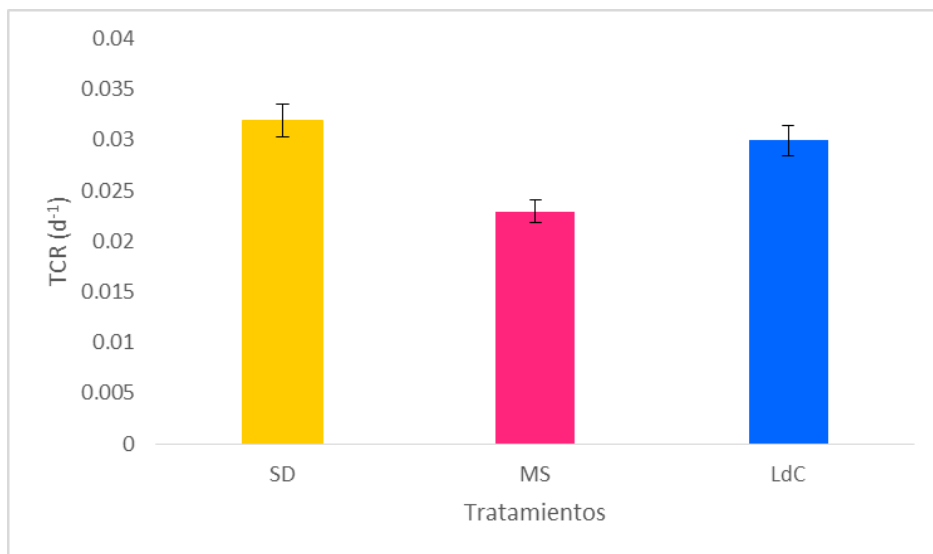


Figura 53. Comparación de la TCR de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La calidad morfológica de las plantas de cebollín, medida con el Índice de Dickson resultó mayor en el huerto de sol directo, fue intermedia en los huertos con lámparas LED y menor en los huertos a media sombra (Fig.54).

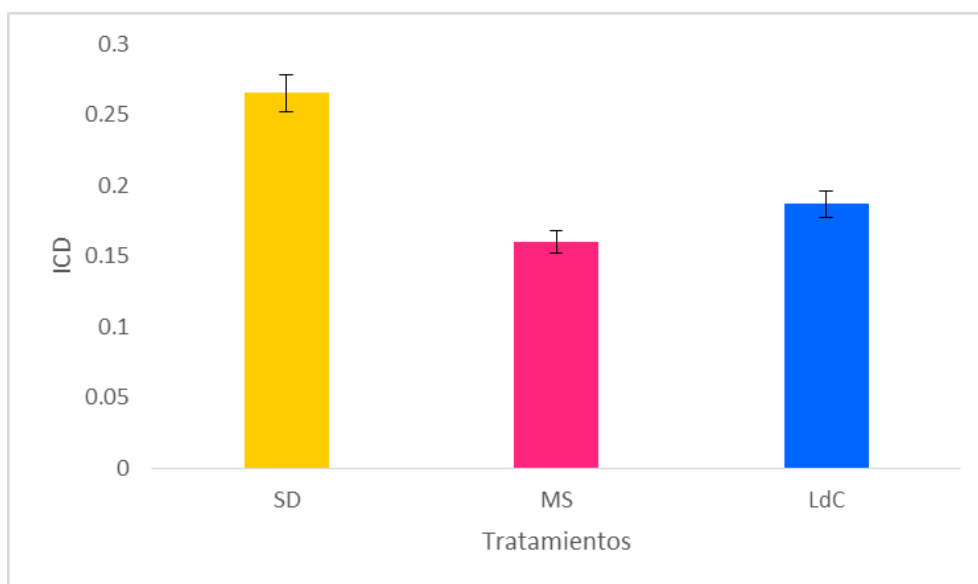


Figura 54. Comparación del ICD de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

El rendimiento del cebollín en peso fresco fue mejor en el tratamiento a sol directo. El mayor número de bulbos se presentó en el tratamiento a sol directo (Cuadro 16).

Cuadro 16. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de cebollín en los distintos tratamientos (n=27)

Tratamientos	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Rendimiento en peso fresco (g/cm <sup>2</sup> )	No. de bulbos
Tratamiento 1 (Sol directo)	102	51.1	11.3	91
Tratamiento 2 (Media sombra)	37.5	34	4.1	42
Tratamiento 3 (Lámparas LED)	27	28.4	3	34

#### 8.2.7.4. Romero

El romero no presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). En relación con la altura y cobertura se alcanzaron los mayores valores en los huertos a sol directo, los valores intermedios en los huertos a media sombra y los menores valores en los huertos con lámparas LED (Fig. 55 y 56)

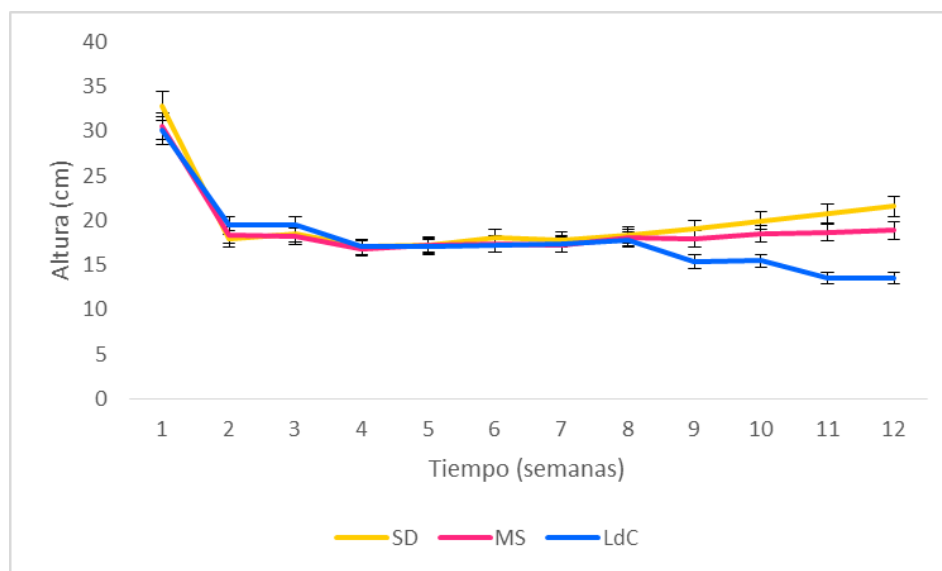


Figura 55. Comparación de la altura de las plantas de romero en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

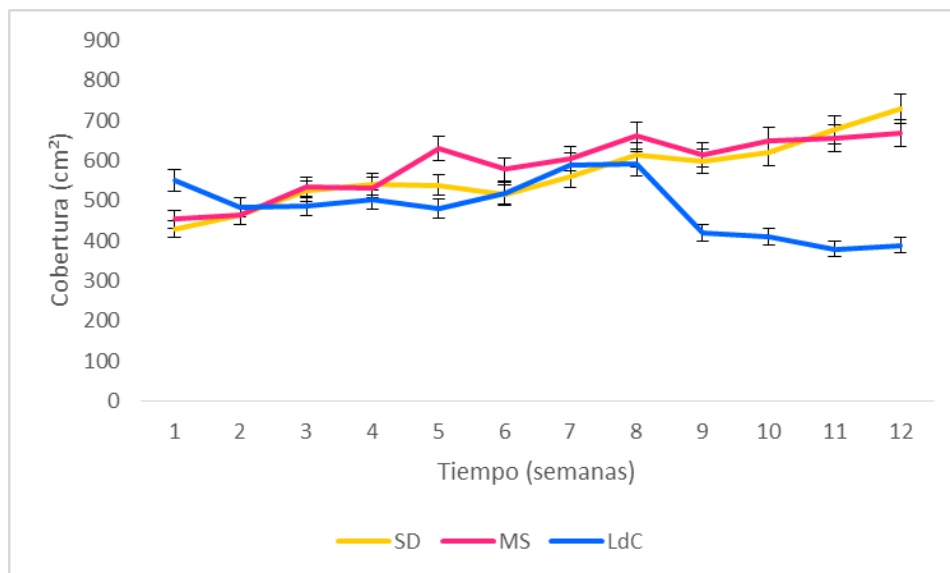


Figura 56. Comparación de la cobertura de las plantas de romero en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La supervivencia de las plantas de romero fue alta (100%) en los huertos a media sombra y con lámparas LED, del 77% en el huerto a sol directo (Fig. 57). La TCR presentó el mayor valor en los huertos a media sombra, los huertos a sol directo y lámparas LED presentaron valores menores y similares (Fig. 58).

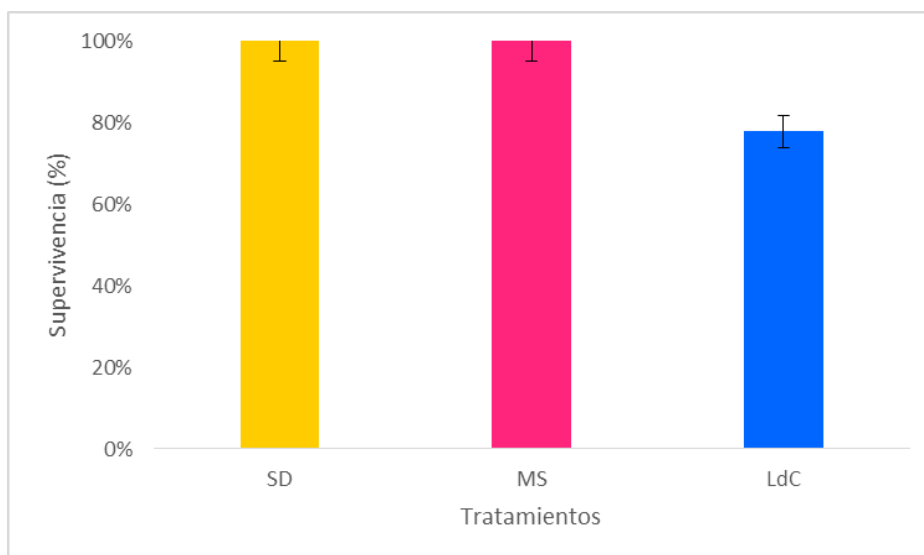


Figura 57. Comparación de la supervivencia de las plantas de romero en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)



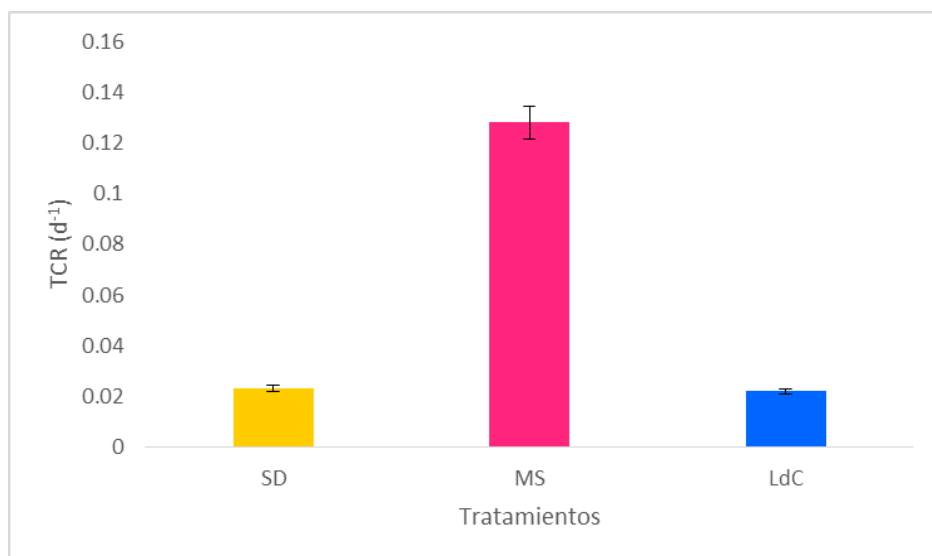


Figura 58. Comparación de la TCR de las plantas de romero en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La calidad morfológica de las plantas de romero, medida con el Índice de Dickson resultó mayor en el huerto de media sombra, en los huertos de sol directo fue intermedia y en los huertos con lámparas LED fue menor (Fig. 59).

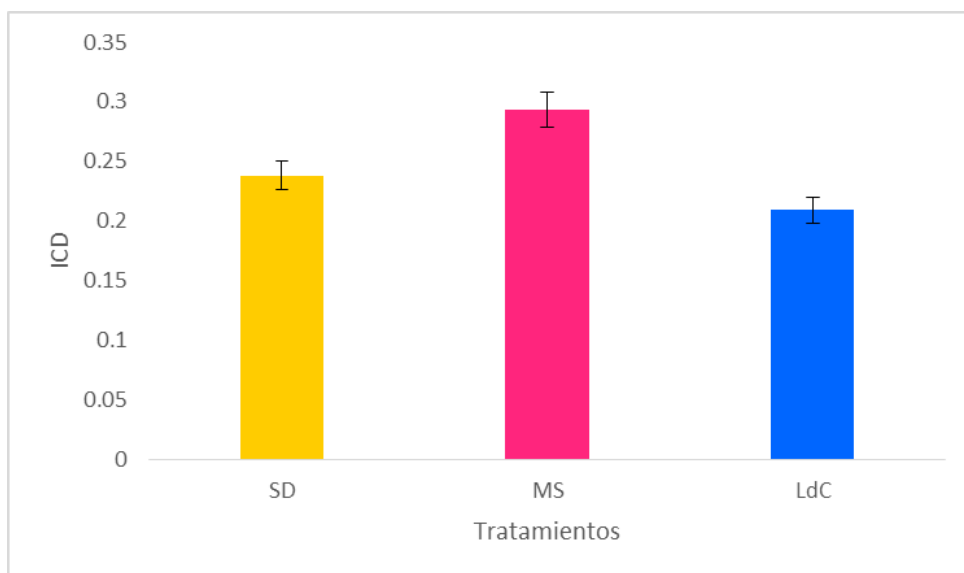


Figura 59. Comparación del ICD de las plantas de romero en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

El rendimiento del cilantro en peso fresco fue mejor en el tratamiento a media sombra (Cuadro 17).

Cuadro 17. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de romero en los tres tipos de huertos (n=27)

Tratamientos	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Rendimiento en peso fresco (g/cm <sup>2</sup> )
Tratamiento 1 (Sol directo)	186	123	20.6
Tratamiento 2 (Media sombra)	182	118	20.2
Tratamiento 3 (Lámparas LED)	140	108	15.5

### 8.2.7.5. Perejil

El perejil presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ), en relación con la altura, esta presentó los mayores valores en el tratamiento con lámparas de crecimiento, valores intermedios en el tratamiento a media sombra y los menores valores a sol directo. Respecto a la cobertura, la mayor cobertura la alcanzó en el tratamiento a media sombra, en el tratamiento cultivado a lámparas LED presentó un tamaño intermedio y la menor cobertura en el huerto a sol directo (Fig. 60 y 61)

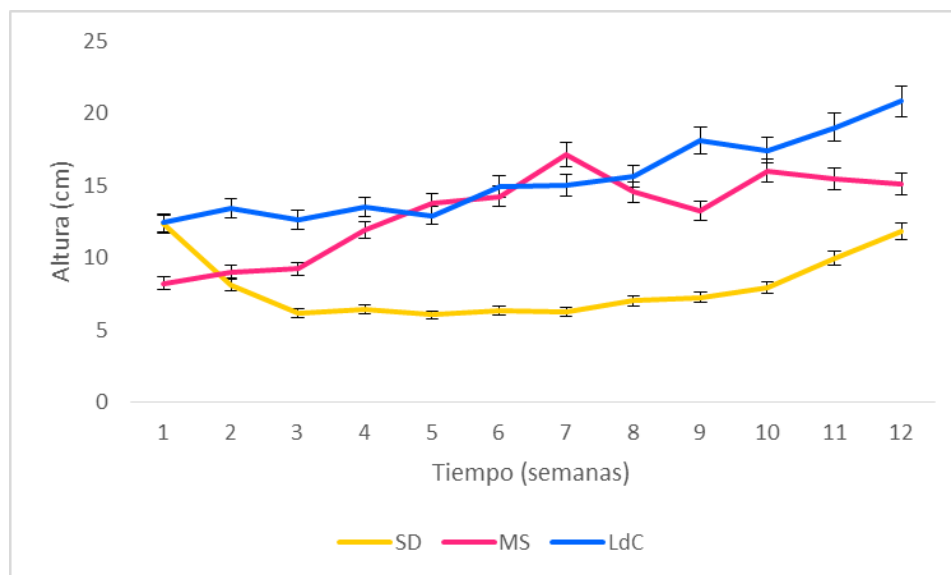


Figura 60. Comparación de la altura de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

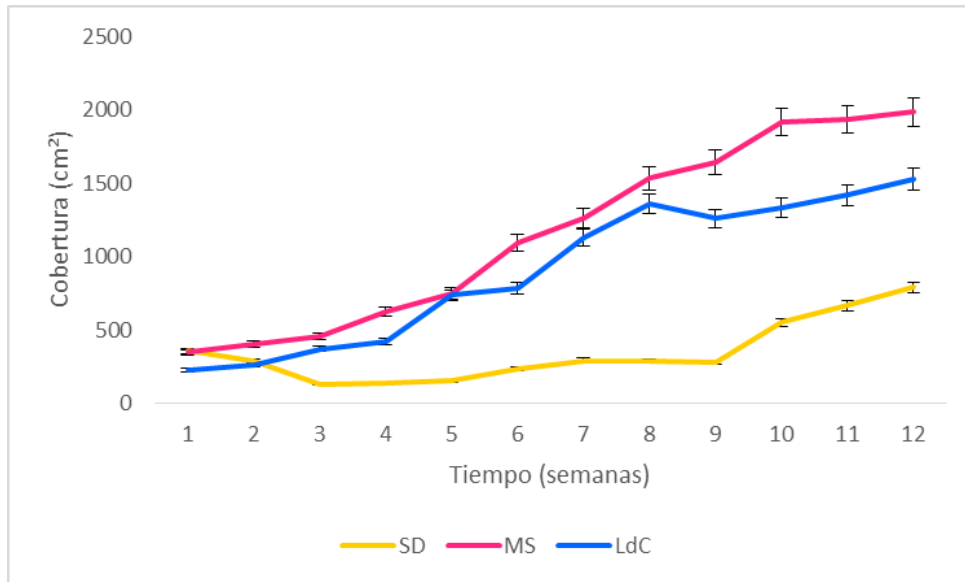


Figura 61. Comparación de la cobertura de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La supervivencia de las plantas de cilantro fue alta (100%) en los huertos con lámparas LED, en el tratamiento a media sombra fue del 88% y del 55% en el huerto a sol directo (Fig. 62). La TCR presentó valores similares entre los tres tratamientos (Fig. 63).

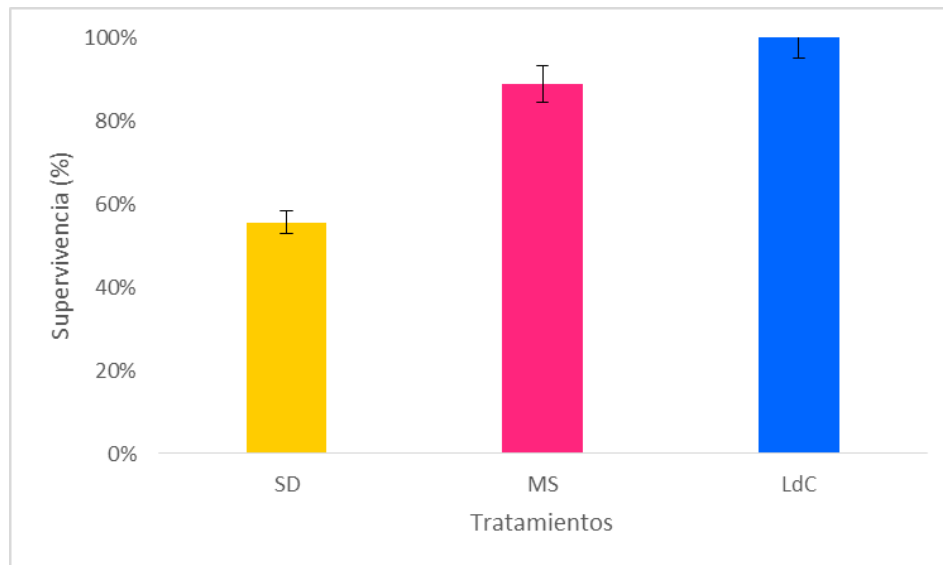


Figura 62. Comparación de la supervivencia de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

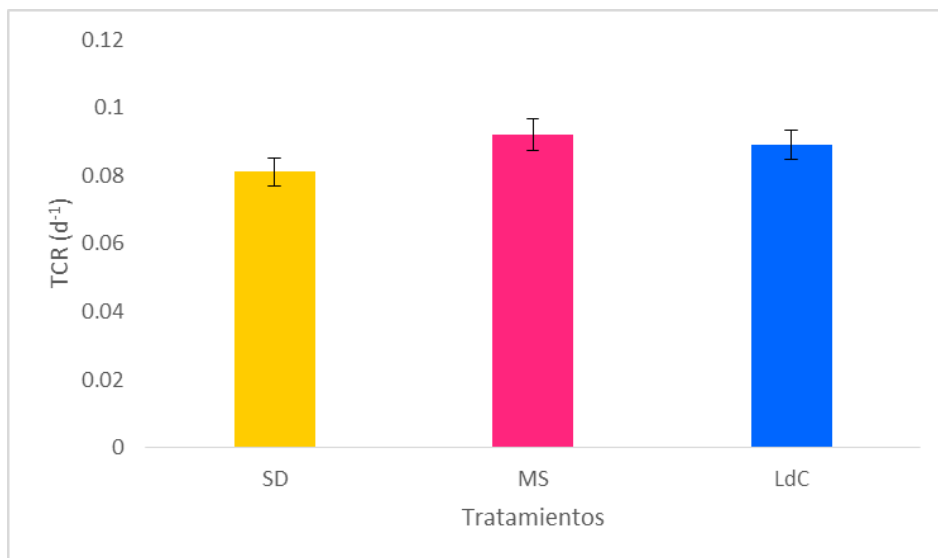


Figura 63. Comparación de la TCR de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La calidad morfológica de las plantas de perejil, medida con el Índice de Dickson resultó mayor en el huerto de media sombra y se vio ligeramente afectada en los huertos de sol directo y con lámparas LED (Fig.64).

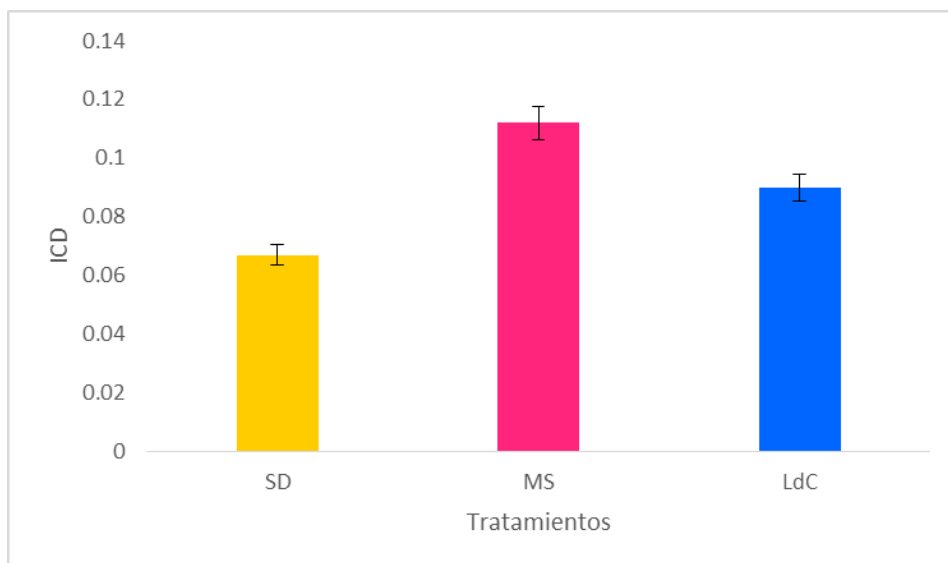


Figura 64. Comparación del ICD de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos. SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

El rendimiento del perejil en peso fresco fue mejor en el tratamiento a media sombra (Cuadro 18).

Cuadro 18. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de perejil en los distintos tratamientos (n=27)

Tratamientos	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Rendimiento en peso fresco (g/cm <sup>2</sup> )
Tratamiento 1 (Sol directo)	38	10	4.2
Tratamiento 2 (Media sombra)	98	36	10.8
Tratamiento 3 (Lámparas LED)	63	24.7	7

### 8.2.7.6. Radiación solar y Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR)

La diferencia de luz incidente en cada uno de los huertos presentó variaciones significativas entre ellos (Cuadro 19).

Cuadro 19. Radiación solar en tres niveles de altura sobre los sistemas de cultivo en los distintos tratamientos.

Niveles de altura sobre los sistemas de cultivo	Tratamiento 1 (sol directo)	Tratamiento 2 (media sombra)	Tratamiento 3 (lámparas LED)
Nivel alto (luxes)	41800	1520	2063
Nivel medio (luxes)	34333	1370	1840
Nivel bajo (luxes)	29933	1016	1233

Cuadro 20. PAR en cuatro niveles de altura sobre los sistemas de cultivo en los distintos

Niveles de altura sobre los sistemas de cultivo	Tratamiento 1 (sol directo)	Tratamiento 2 (media sombra)	Tratamiento 3 (lámparas LED)
Nivel alto ( $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ )	1683.8 $\pm$ 5.67	885.07 $\pm$ 9.6	420.77 $\pm$ 2.3
Nivel medio-alto ( $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ )	1562.49 $\pm$ 2.04	857.9 $\pm$ 76	323.30 $\pm$ 2.6
Nivel medio-bajo ( $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ )	1215.59 $\pm$ 2.42	588.06 $\pm$ 2.3	424.27 $\pm$ 1.3
Nivel bajo ( $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ )	851.44 $\pm$ 2.63	420.96 $\pm$ 3.3	403.97 $\pm$ 2.3

tratamientos (tres tipos de huertos)

**8.3. Experimento 2 (Las especies se compraron en el mercado de plantas "Acuexcomatl" y se trasplantaron. En este experimento cada especie se trabajó con un solo sustrato)**

El diseño y la construcción de los sistemas de cultivo en el segundo experimento fue igual que en el primer experimento.

**8.3.2. Tratamiento 1 (a sol directo)**

Estas especies durante los tres meses de su cultivo en el huerto vertical mantuvieron la supervivencia, altura y cobertura presente al momento del trasplante (Fig. 65, 66 y 67).

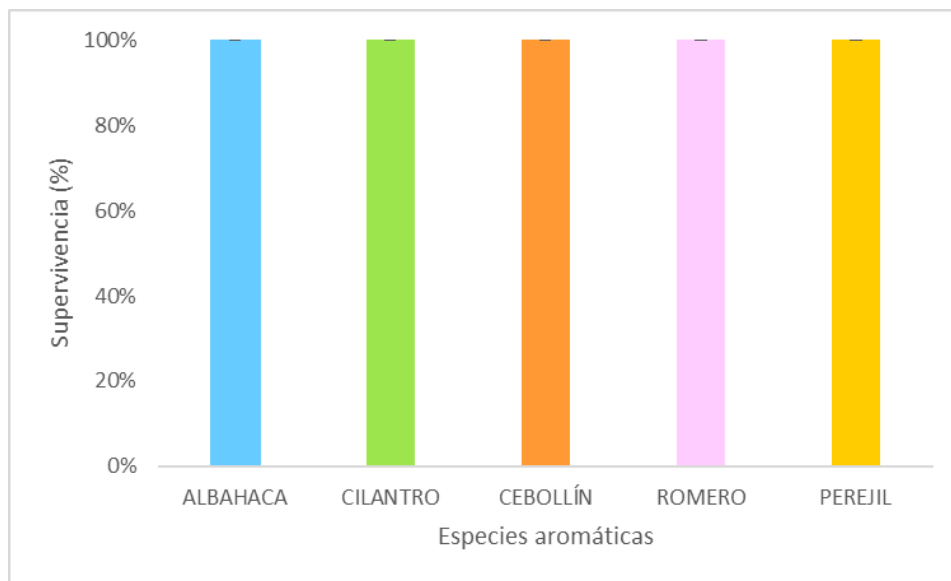


Figura 65. Supervivencia de las especies aromáticas cultivadas a sol directo (n=45)

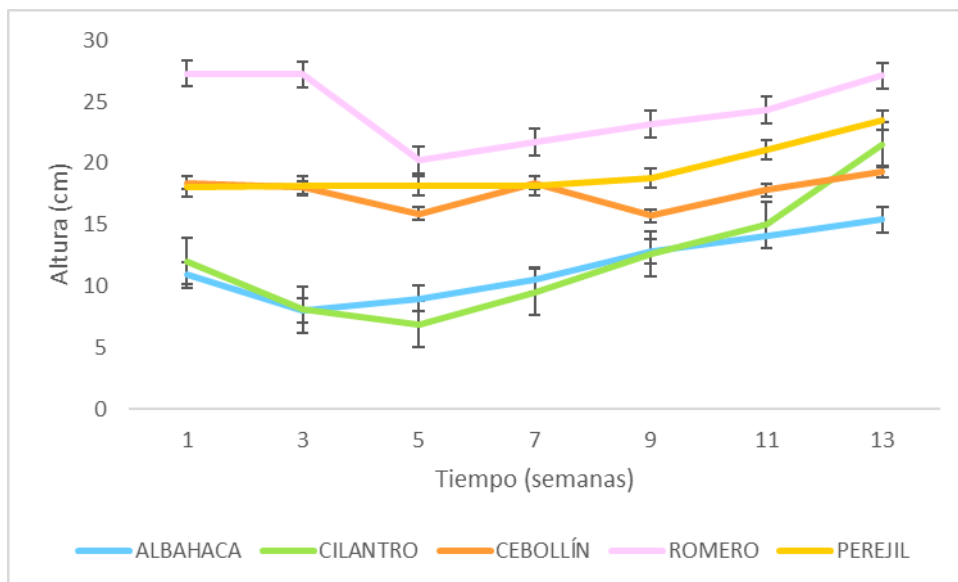


Figura 66. Altura de las especies aromáticas cultivadas a sol directo (n=45)

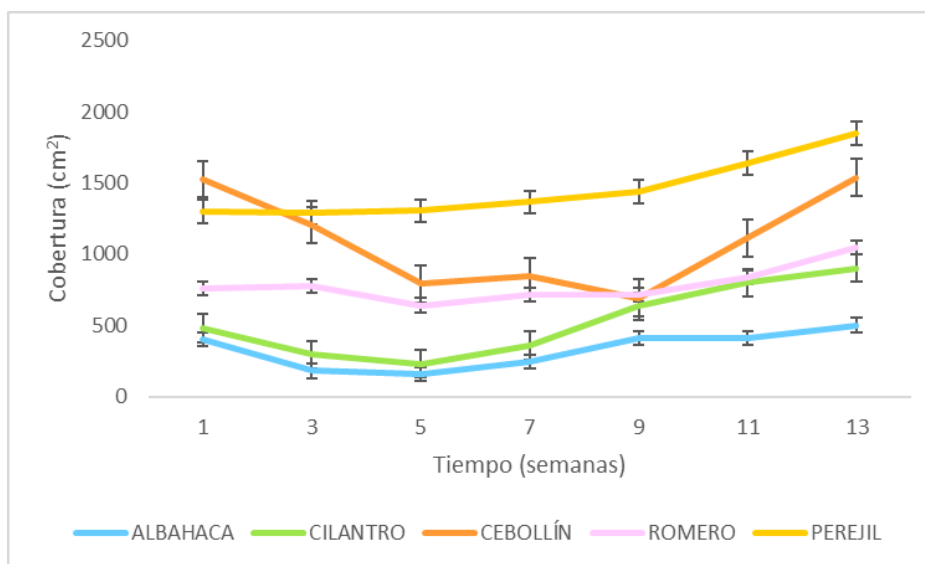


Figura 67. Cobertura foliar de las especies aromáticas cultivadas a sol directo (n=45)

En los atributos del rendimiento, la albahaca presentó la mejor TCR, mientras el cilantro y el romero presentaron la TCR más baja; el rendimiento en peso seco fue mayor para el romero seguido de perejil y cebollín y albahaca y cilantro presentaron los menores valores. El Índice de Dickson fue mayor para romero, seguido de perejil y cebollín, mientras que la albahaca y cilantro presentaron la menor calidad morfológica con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) (Fig. 68 y Cuadro 21).

Cuadro 21. Atributos del rendimiento al momento de la cosecha (n=45)

Especie aromática	Tasa de Crecimiento Relativo ( $d^{-1}$ )	Índice de Calidad de Dickson	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Rendimiento en peso fresco ( $g/cm^2$ )	No. de bulbos
Albahaca	0.16	0.065	60	25.6	6.6	
Cilantro	0.016	0.029	47	19.4	5.2	
Cebollín	0.023	0.177	128	36.8	14.2	163
Romero	0.017	0.235	280	105	31.1	
Perejil	0.027	0.203	131	51.5	14.5	



Figura 68. Especies aromáticas a los tres meses de su permanencia en los huertos verticales cultivadas a sol directo

Albahaca y cilantro presentaron la infestación de caracoles (Cuadro 22), los cuales se controlaron a tiempo con tratamientos naturales (Fig. 69) hasta reducir sus poblaciones, las cuales no afectaron el rendimiento de las especies.



Figura 69. Organismos potencialmente plaga registrados en el tratamiento 1. 69a: Caracol depredando una planta de albahaca. 69b: tierra de diatomeas como controlador de los caracoles.

Cuadro 22. Organismos potencialmente plaga registrados en los huertos del tratamiento 1

Plaga	Huerto 1	Huerto 2	Huerto 3
Caracol	Afectó a las especies albahaca y cilantro	Afectó a las especies albahaca y cilantro	Afectó a las especies albahaca y cilantro



El sustrato cubrió las necesidades nutricionales de las cinco especies hasta llegar a la floración (Anexo 3).

El pH y la conductividad eléctrica presentaron valores óptimos para el desarrollo de las cinco especies, sin presentarse en ningún momento del cultivo deficiencias nutrimentales (Cuadro 23).

Cuadro 23. pH y CE de los sustratos en los que se desarrollaron las especies aromáticas durante los tres meses de su permanencia en los huertos verticales del tratamiento 1.

Especie aromática	pH	Conductividad eléctrica (ds/m <sup>-1</sup> )
Albahaca	7.6	0.128
Cilantro	7.5	0.318
Cebollín	7.3	0.033
Romero	7.5	0.027
Perejil	7.3	0.043

La temperatura durante el desarrollo de este experimento osciló entre 12 y 25° C y la humedad relativa entre 55 y 80% (Fig. 70).

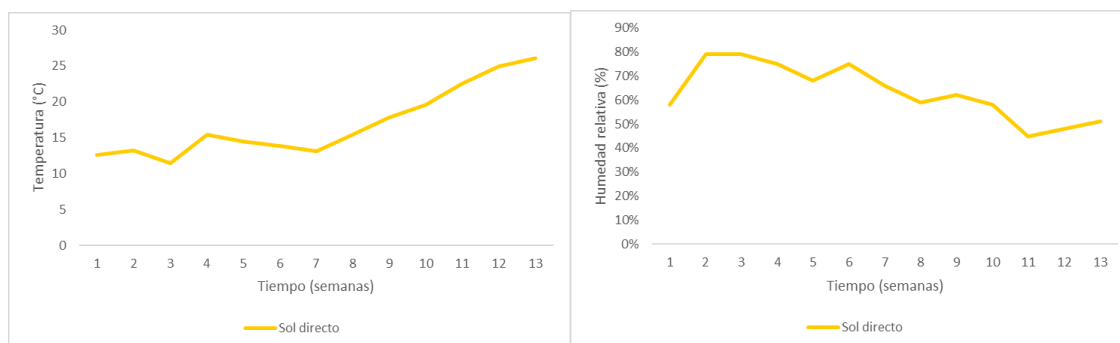


Figura 70. Humedad relativa y temperatura del microambiente del tratamiento 1. Figura 70a. Temperatura (°C). Figura 70b. Humedad relativa (%)

Las especies que no se desarrollaron satisfactoriamente en este huerto fueron albahaca y cilantro.

Los costos de producción de un huerto vertical de plantas aromáticas se encuentran en el Cuadro 24. Se especifica el presupuesto requerido para la elaboración del abono bocashi, que se incluyó en el presupuesto de instalación del sistema de huerto vertical.

El costo inicial para un sistema de producción de 0.5 m<sup>2</sup> de huerto vertical en una primera producción de tres meses fue de \$626.72.

Cuadro 24. Costo de la producción de un huerto vertical de plantas aromáticas a media sombra

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio unitario MN \$	Importe MN\$
1	Zapatera para tenis con 16 bolsas	Pieza	100.00	100.00
1	Marcos de madera	Pieza	83.30	83.30
8	Clavos	Pieza	0.30	2.40
2	Rondanas	Pieza	0.25	0.50
0.038	Alambre recocido	g	20.00	0.76
350	Sustrato para almácigo	g	4.9	1.71
150	Semillas	pieza	varios	18.00
6	Plantas	pieza	5	30.00
23.5	Sustrato	kg	3.3	77.55
6	Abono	kg	7.13	42.70
1	Control de plagas (biopreparados)	pieza	10.5	10.50
1.5	Jornada laboral (mano de obra)	h	172.87	259.30
<b>Total</b>				<b>626.72</b>

### 8.3.3. Tratamiento 2 (a media sombra)

La albahaca, cebollín, romero y perejil durante los tres meses de su cultivo en el huerto vertical mantuvieron su altura y cobertura presentes al momento del trasplante. En el caso del cilantro, se presentó una mínima disminución de su supervivencia (Fig. 71).

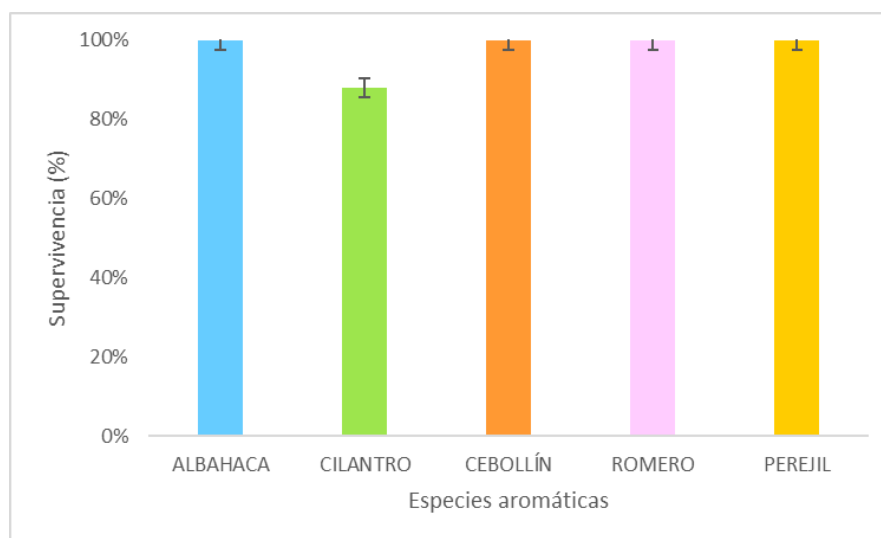


Figura 71. Supervivencia de las especies aromáticas cultivadas a media sombra (n=45)

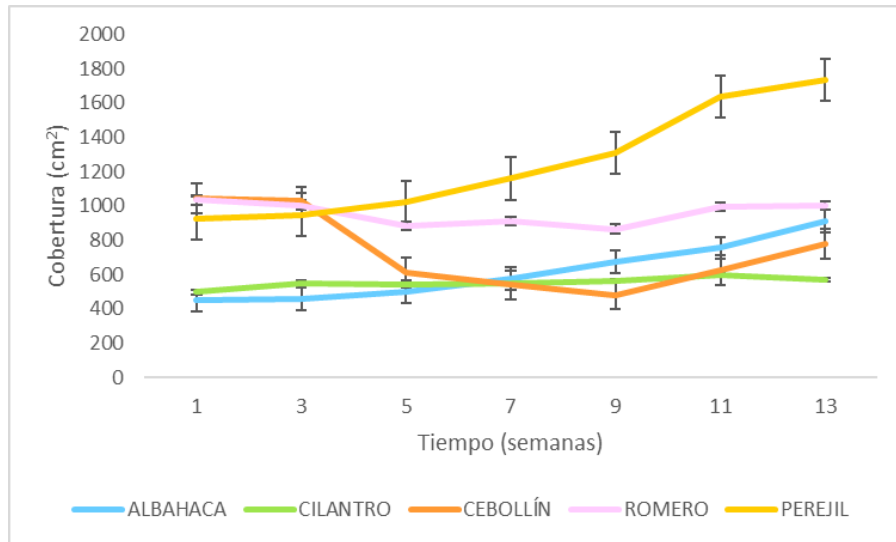


Figura 72. Altura de las especies aromáticas cultivadas a media sombra (n=45)

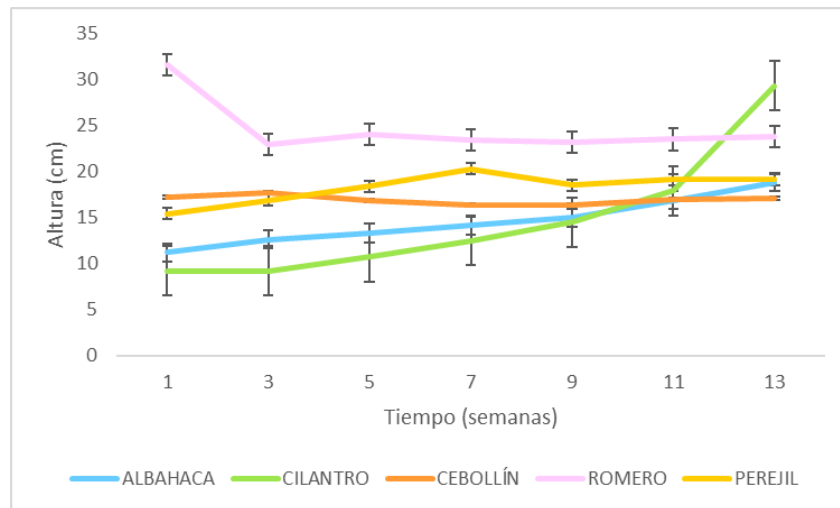


Figura 73. Cobertura foliar de las especies aromáticas cultivadas a media sombra (n=45)

En los atributos del rendimiento se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ), el perejil presentó la mejor TCR, mientras la albahaca y el romero presentaron la TCR más baja; el rendimiento en peso fresco fue mayor para el romero seguido de perejil, albahaca, cebollín y cilantro presentaron los menores valores. El Índice de Dickson fue mayor para romero, cebollín, perejil, albahaca y cilantro presentaron la menor calidad morfológica (Fig. 74 y Cuadro 25).

Especie aromática	Tasa de Crecimiento Relativo (d <sup>-1</sup> )	Índice de Calidad de Dickson	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Rendimiento en peso fresco (g/cm <sup>2</sup> )	No. de bulbos
Albahaca	0.018	0.087	141	65.9	15.6	
Cilantro	0.021	0.166	71	39.	7.8	
Cebollín	0.022	0.177	118	33.8	13.1	120
Romero	0.018	0.318	269	143.9	29.8	
Perejil	0.028	0.162	197	68.1	21.8	

Cuadro 25. Atributos del rendimiento al momento de la cosecha (n=45)



Figura 74. Especies aromáticas a los tres meses de su permanencia en los huertos verticales cultivadas a media sombra

En el tratamiento 2 no se presentó la infestación de organismos potencialmente plagas, por lo que el rendimiento de las especies no se vio afectado.

El sustrato utilizado cubrió las necesidades nutricionales de las especies aromáticas hasta llegar a la floración (Anexo 3).

El pH y la conductividad eléctrica presentaron valores óptimos para el desarrollo de las cinco especies, sin presentarse en ningún momento del cultivo deficiencias nutrimentales (Cuadro 26).

Cuadro 26. pH y CE de los sustratos en los que se desarrollaron las especies aromáticas durante los tres meses de su permanencia en los huertos verticales del tratamiento 2.

Especie aromática	pH	Conductividad eléctrica (ds/m <sup>-1</sup> )
-------------------	----	---

<b>Albahaca</b>	<b>7.6</b>	<b>0.0003</b>
<b>Cilantro</b>	<b>7.6</b>	<b>0.0001</b>
<b>Cebollín</b>	<b>7.6</b>	<b>0.0001</b>
<b>Romero</b>	<b>7.4</b>	<b>0.0001</b>
<b>Perejil</b>	<b>7.4</b>	<b>0.0003</b>

La humedad relativa del micrositio osciló entre 14 y 22°C, mientras que la temperatura del micrositio se presentó alrededor del 20% (Fig. 75).

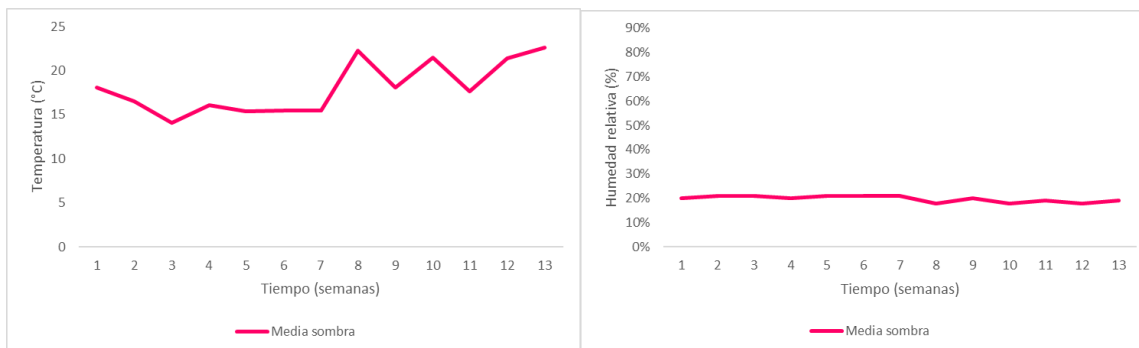


Figura 75. Humedad relativa y temperatura del microambiente del tratamiento 2. 75a: Temperatura (°C); 75b: Humedad relativa (%).

El cilantro no se desarrolló satisfactoriamente en este tratamiento (Fig. 71, 72 y 73).

Los costos de producción de un huerto vertical de plantas aromáticas se encuentran en el Cuadro 27. Se especifica el presupuesto requerido para la elaboración del abono bocashi, que se incluyó en el presupuesto de instalación del sistema de huerto vertical.

El costo inicial para un sistema de producción de 0.5 m<sup>2</sup> de huerto vertical en una primera producción de tres meses fue de \$626.72.

Cuadro 27. Costo de la producción de un huerto vertical de plantas aromáticas a media sombra

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario MN \$</b>	<b>Importe MN\$</b>
<b>1</b>	Zapatera para tenis con 16 bolsas	Pieza	100.00	100.00
<b>1</b>	Marcos de madera	Pieza	83.30	83.30
<b>8</b>	Clavos	Pieza	0.30	2.40
<b>2</b>	Rondanas	Pieza	0.25	0.50
<b>0.038</b>	Alambre recocido	g	20.00	0.76
<b>350</b>	Sustrato para almácigo	g	4.9	1.71
<b>150</b>	Semillas	pieza	varios	18.00
<b>6</b>	Plantas	pieza	5	30.00
<b>23.5</b>	Sustrato	kg	3.3	77.55

<b>6</b>	Abono	kg	7.13	42.70
<b>1</b>	Control de plagas (biopreparados)	kg pieza	10.5	10.50
<b>1.5</b>	Jornada laboral (mano de obra)	h	172.87	259.30
<b>Total</b>				626.72

### 8.3.4. Tratamiento 3 (a lámparas de crecimiento)

En este tratamiento durante los tres meses el cebollín mantuvo su supervivencia, altura y cobertura presentes al momento del trasplante (Fig. 76).

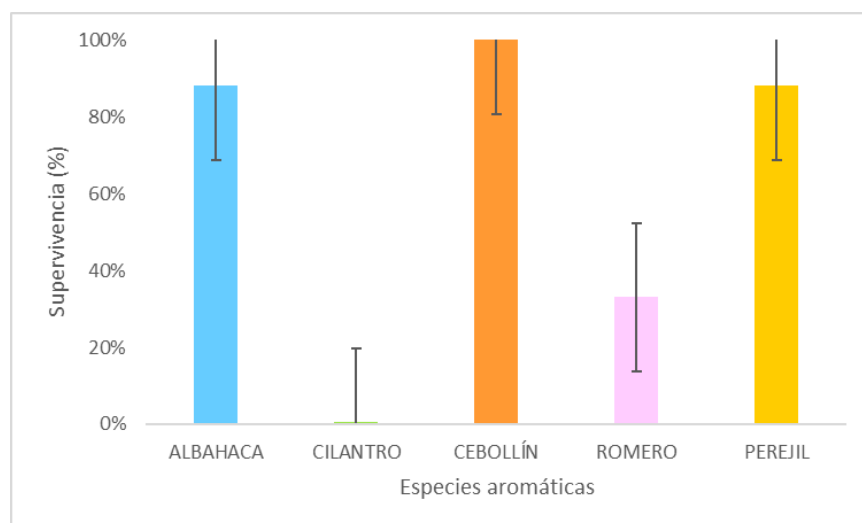


Figura 76. Supervivencia de las especies aromáticas cultivadas con lámparas LED de crecimiento vegetal (n=45)

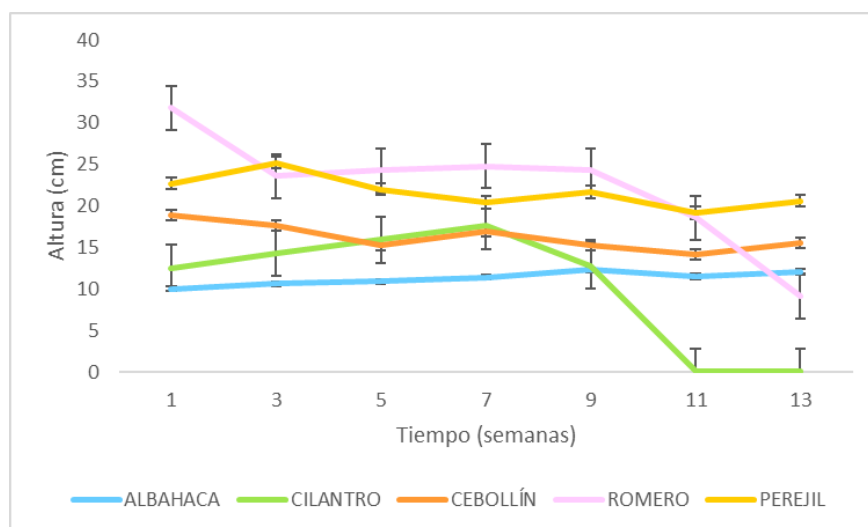


Figura 77. Altura de las especies aromáticas cultivadas con lámparas LED de crecimiento vegetal (n=45)

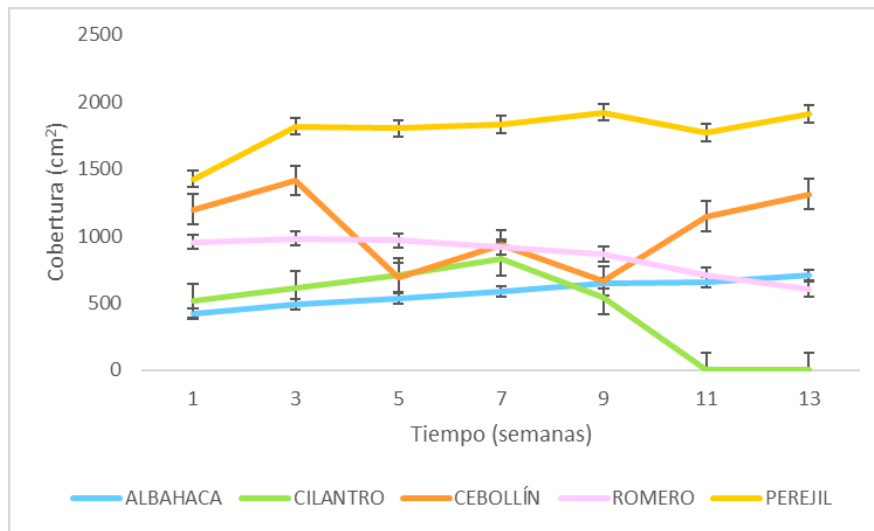


Figura 78. Cobertura foliar de las especies aromáticas cultivadas con lámparas LED de crecimiento vegetal (n=45)

En los atributos del rendimiento se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ), el perejil y albahaca presentaron la mejor TCR, mientras el cilantro y el romero presentaron la TCR más baja; el rendimiento en peso seco fue mayor para albahaca seguido de romero y perejil, mientras que el cebollín y cilantro presentaron los menores valores. El Índice de Dickson fue mayor para perejil y romero, mientras que cebollín, cilantro y albahaca presentaron la menor calidad morfológica (Fig. 79 y Cuadro 28).

Cuadro 28. Atributos del rendimiento al momento de la cosecha (n=45)

Especie aromática	Tasa de Crecimiento Relativo ( $d^{-1}$ )	Índice de Calidad de Dickson	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Rendimiento en peso fresco ( $g/cm^2$ )	No. de bulbos
Albahaca	0.024	0.058	81	12.5	9	
Cilantro	0.012	0.062	7	2.9	0.7	
Cebollín	0.016	0.075	30	8.6	3.3	104
Romero	0.006	0.123	72	71.2	8	
Perejil	0.026	0.203	79	35.2	8.7	



Figura 79. Especies aromáticas a los tres meses de su permanencia en los huertos verticales cultivados con lámparas LED de crecimiento vegetal

Las especies perejil y albahaca presentaron la infestación de organismos potencialmente plagas (Cuadro 29), los cuales se controlaron a tiempo con tratamientos naturales (Fig. 80) hasta reducir sus poblaciones, las cuales no afectaron el rendimiento de las especies.



Figura 80. Organismos potencialmente plagas que se registraron en los huertos verticales cultivados con lámparas LED.

Cuadro 29. Organismos potencialmente plagas que se registraron en los huertos cultivados con lámparas LED

Plaga	Huerto 1	Huerto 2	Huerto 3
-------	----------	----------	----------



<b>Pulgón verde</b>	Afectó a las especies perejil y albahaca	Afectó al perejil	Afectó a las especies perejil y albahaca
---------------------	--	-------------------	--

El sustrato utilizado (Anexo 3) cubrió las necesidades nutricionales de estas especies hasta llegar a la floración.

El pH y la conductividad eléctrica presentaron valores óptimos para el desarrollo de las cinco especies, sin presentarse en ningún momento del cultivo deficiencias nutrimentales (Cuadro 30).

Cuadro 30. pH y CE de los sustratos en los que se desarrollaron las especies aromáticas durante los tres meses de su permanencia en los huertos verticales del tratamiento 3.

<b>Especie aromática</b>	<b>pH</b>	<b>Conductividad eléctrica (ds/m<sup>-1</sup>)</b>
<b>Albahaca</b>	7.6	0.0001
<b>Cilantro</b>	7.6	0.00009
<b>Cebollín</b>	7.5	0.0001
<b>Romero</b>	7.4	0.0001
<b>Perejil</b>	7.6	0.0001

La humedad relativa del micrositio osciló entre 35 y 69% y la temperatura del micrositio se presentó entre 15 y 24°C (Fig. 81).

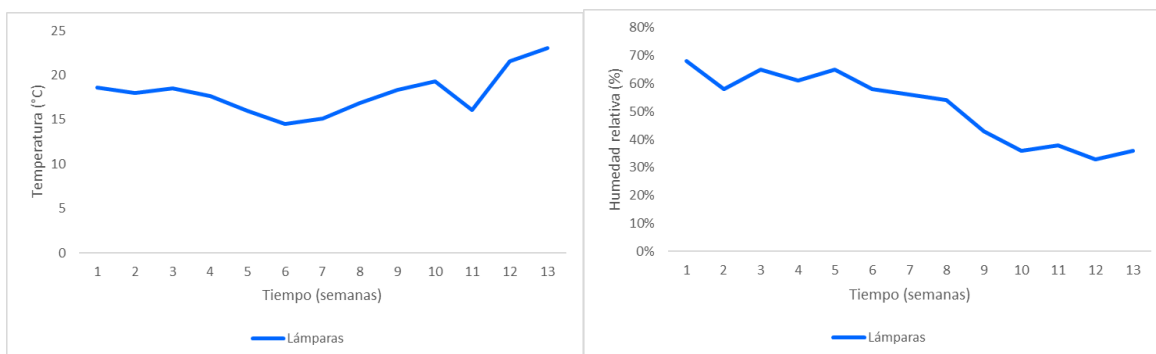


Figura 81. Humedad relativa y temperatura del microambiente del tratamiento 2. 81a: Temperatura (°C); 81b: Humedad relativa (%).

Los costos de producción de un huerto vertical de plantas aromáticas se encuentran en el Cuadro 31. Se especifica el presupuesto requerido para la elaboración del abono bocashi, que se incluyó en el presupuesto de instalación del sistema de huerto vertical.

El costo inicial para un sistema de producción de 0.5 m<sup>2</sup> de huerto vertical en una primera producción de tres meses fue de \$1397.72.

Cuadro 31. Costo de la producción de un huerto vertical de plantas aromáticas

Cantidad	Descripción	Unidad	Precio unitario MN \$	Importe MN\$
1	Lámpara LED de crecimiento vegetal	Pieza	771.00	771.00
1	Zapatera para tenis con 16 bolsas	Pieza	100.00	100.00
1	Marcos de madera	Pieza	83.30	83.30
8	Clavos	Pieza	0.30	2.40
2	Rondanas	Pieza	0.25	0.50
0.038	Alambre recocido	g	20.00	0.76
350	Sustrato para almácigo	g	4.9	1.71
150	Semillas	pieza	varios	18.00
6	Plantas	pieza	5	30.00
23.5	Sustrato	kg	3.3	77.55
6	Abono	kg	7.13	42.70
1	Control de plagas (biopreparados)	pieza	10.5	10.50
1.5	Jornada laboral (mano de obra)	h	172.87	259.30
<b>Total</b>				<b>1397.72</b>

### **8.3.5. Comparación del crecimiento y rendimiento de las especies en los diferentes huertos.**

#### **8.3.5.1. Albahaca**

La albahaca presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). Respecto a la altura la mayor altura la alcanzó el tratamiento a media sombra, seguido del tratamiento a sol directo y la menor altura el tratamiento con lámparas de crecimiento. En relación con la cobertura, la mayor cobertura la alcanzó en el huerto a media sombra, presentó un tamaño intermedio en el huerto mantenido con lámparas LED y la menor cobertura en el huerto a sol directo (Fig. 82 y 83).

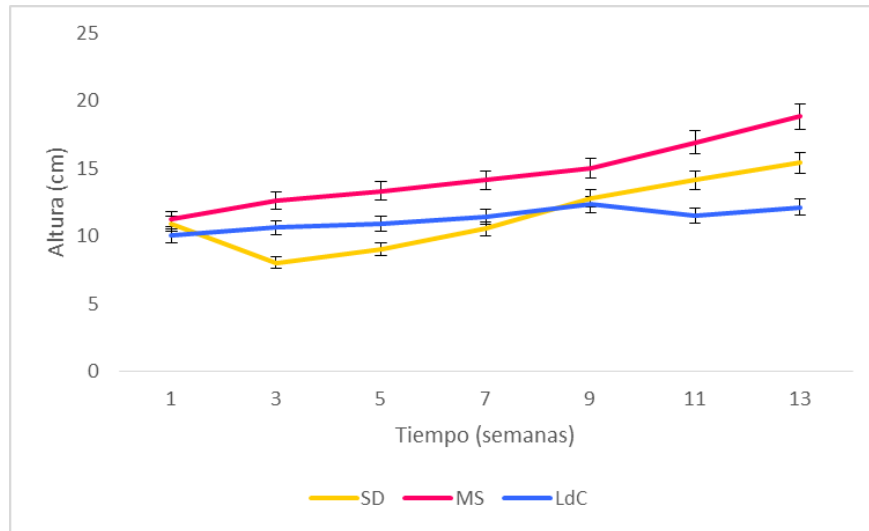


Figura 82. Comparación de la altura de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

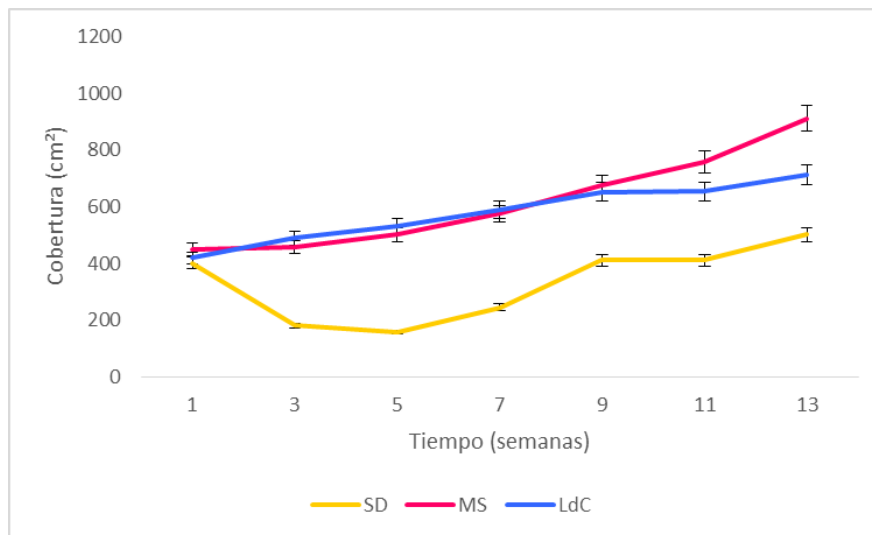


Figura 83. Comparación de la cobertura de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La supervivencia de las plantas de albahaca fue alta (100%) en los tres tipos de huertos (Fig. 84). La TCR presentó el mayor valor en los huertos con lámparas de crecimiento, un valor intermedio en los huertos a media sombra y los menores valores en los huertos a sol directo (Fig. 85).

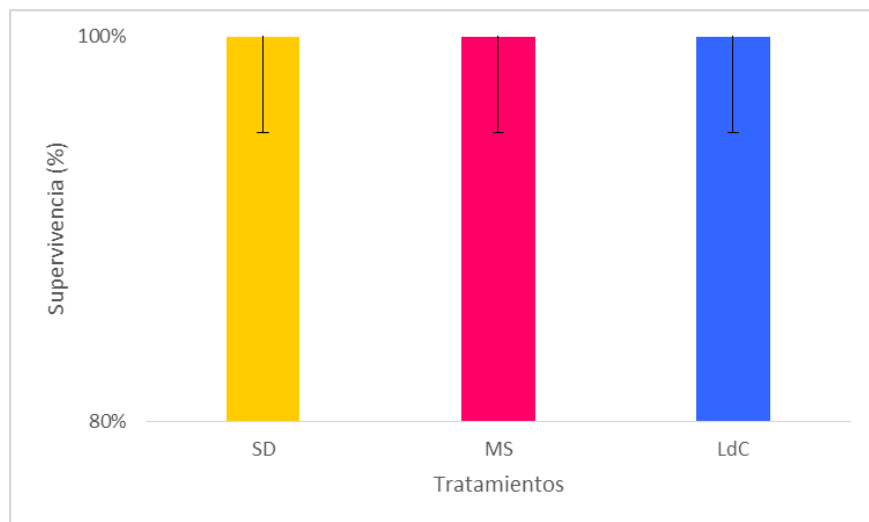


Figura 84. Comparación del porcentaje de supervivencia de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

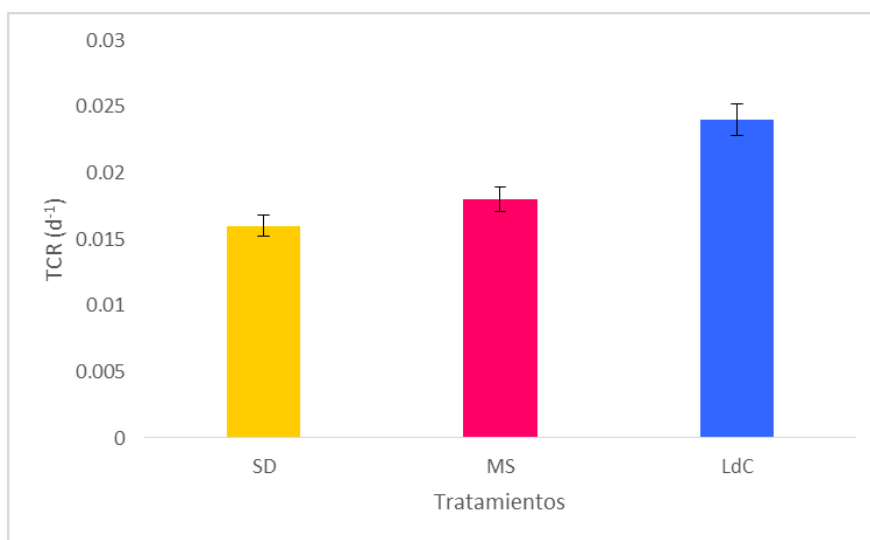


Figura 85. Comparación de la TCR de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La calidad morfológica de las plantas de albahaca, medida con el Índice de Dickson resultó mayor en el huerto a media sombra, fue intermedia en los huertos a sol directo y menor en los huertos con lámparas LED (Fig.86).

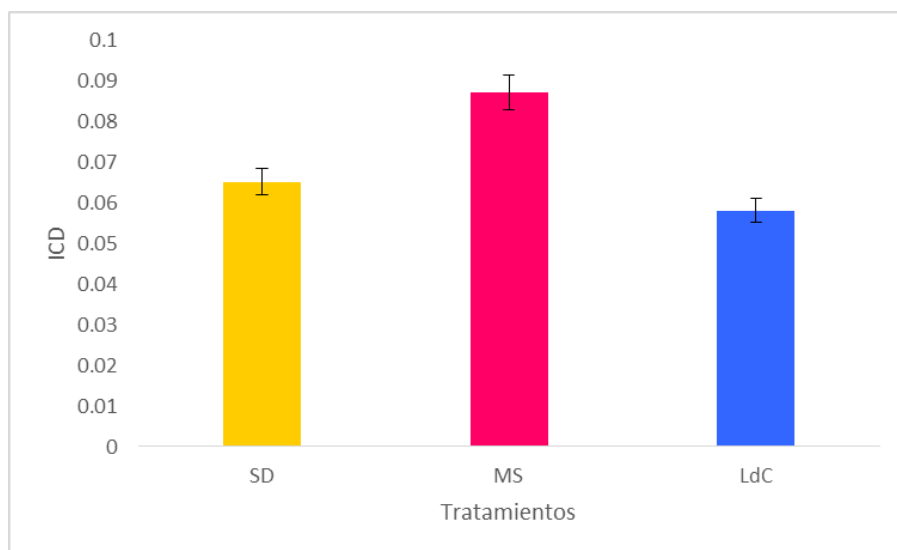


Figura 86. Comparación del ICD de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

El rendimiento de la albahaca en peso fresco fue mejor en el tratamiento a media sombra (Cuadro 32).

Cuadro 32. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de albahaca en los distintos tratamientos.

Tratamientos	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Rendimiento en peso fresco (g/173 cm <sup>2</sup> )
Sol directo	60	25.6	6.6
Media sombra	141	65.9	15.6
Lámparas de crecimiento	81	12.5	9

### 8.3.5.2. Cilantro

El cilantro presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). Respecto a la altura la mayor altura la alcanzó el tratamiento a media sombra, seguido del tratamiento a sol directo y la menor altura el tratamiento con lámparas de crecimiento. En relación a la cobertura, la mayor cobertura la alcanzó en el huerto a sol directo, presentó un tamaño intermedio en el huerto mantenido a media sombra y la menor cobertura en el huerto con lámparas de crecimiento (Fig. 87 y 88).

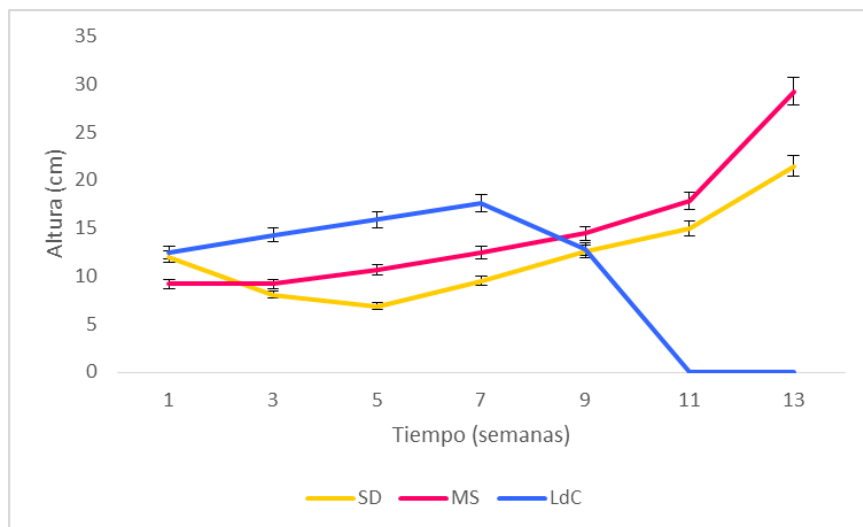


Figura 87. Comparación de la altura de las plantas de cilantro en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

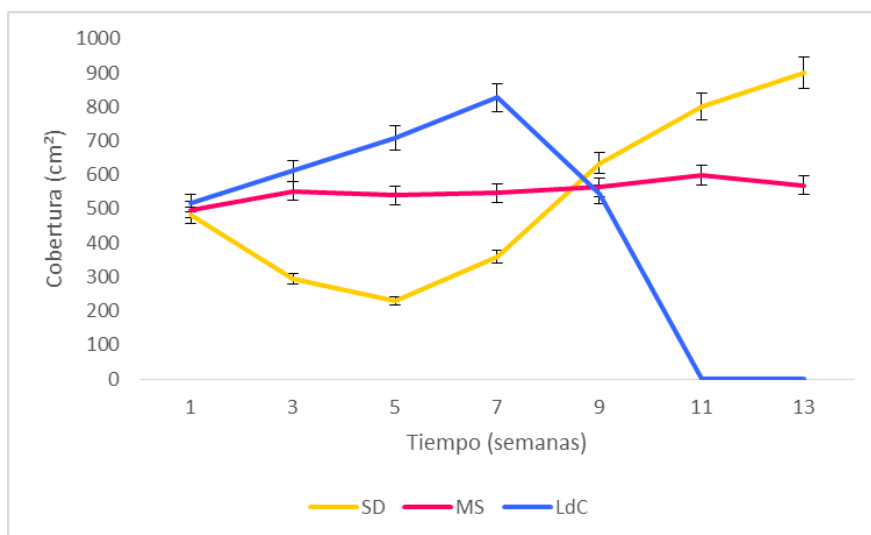


Figura 88. Comparación de la cobertura de las plantas de cilantro en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La supervivencia de las plantas de cilantro fue alta (100%) en los huertos a sol directo, una supervivencia del 88% en los huertos a media sombra y del 0% con lámparas LED (Fig. 89). La TCR presentó los mayores valores en el tratamiento a media sombra, valores intermedios en el tratamiento a sol directo y el menor valor en el tratamiento con lámparas LED (Fig. 90).

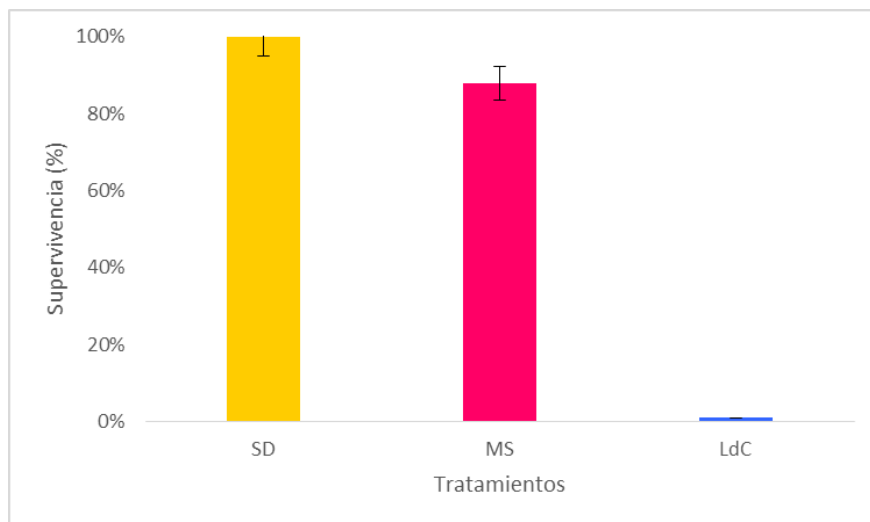


Figura 89. Comparación del porcentaje de supervivencia de las plantas de cilantro en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

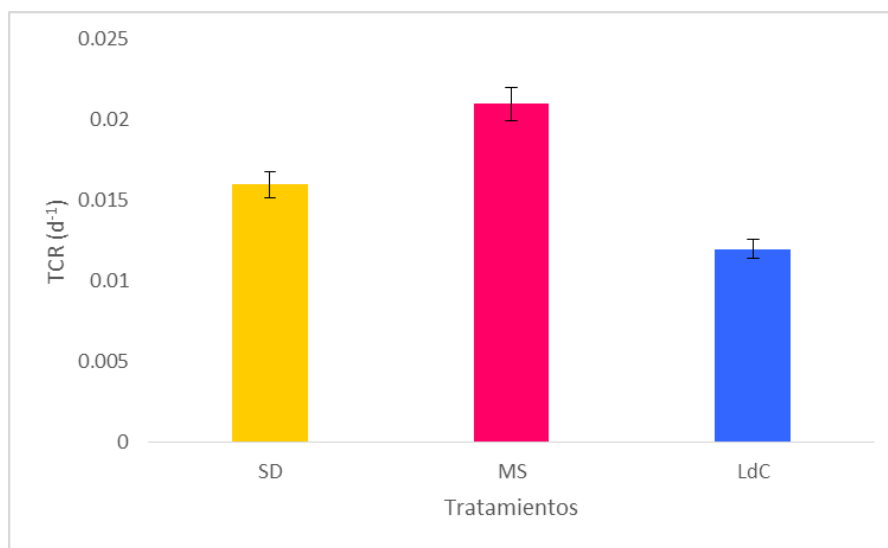


Figura 90. Comparación de la TCR de las plantas de cilantro en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La calidad morfológica de las plantas de cilantro, medida con el Índice de Dickson resultó mayor en el huerto a media sombra, fue intermedia en los huertos con lámparas LED y menor en los huertos a sol directo (Fig.91).

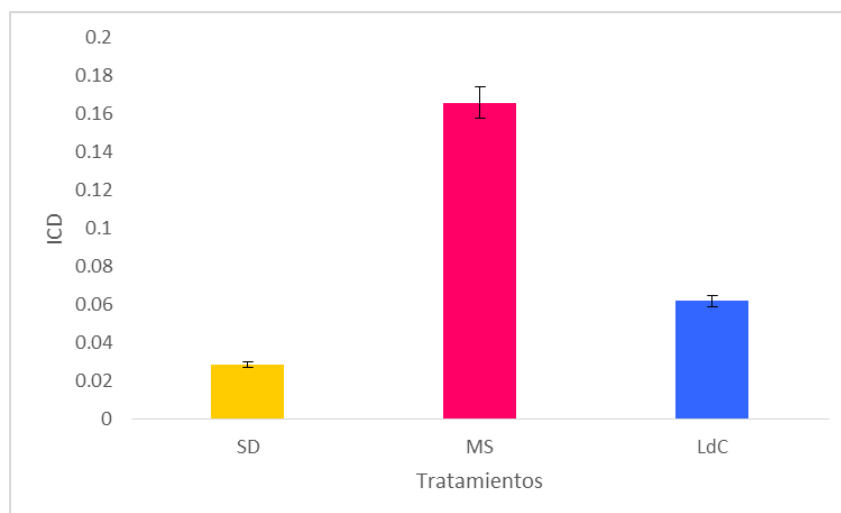


Figura 91. Comparación del ICD de las plantas de albahaca en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

El rendimiento del cilantro en peso fresco fue mejor en el tratamiento a media sombra (Cuadro 33).

Cuadro 33. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de cilantro en los distintos tratamientos.

Tratamientos	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Rendimiento en peso fresco (g/173cm <sup>2</sup> )
Sol directo	47	7	5.2
Media sombra	71	39.9	7.8
Lámparas de crecimiento	39.9	2.9	4.4

### 8.3.5.3. Cebollín

El cebollín presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). Respecto a la altura la mayor altura la alcanzó el tratamiento a sol directo, seguido del tratamiento a media sombra y la menor altura el tratamiento con lámparas de crecimiento. En relación con la cobertura, la mayor cobertura la alcanzó en el huerto a sol directo, presentó un tamaño intermedio en el huerto mantenido con lámparas LED y la menor cobertura en el huerto a media sombra (Fig. 92 y 93).



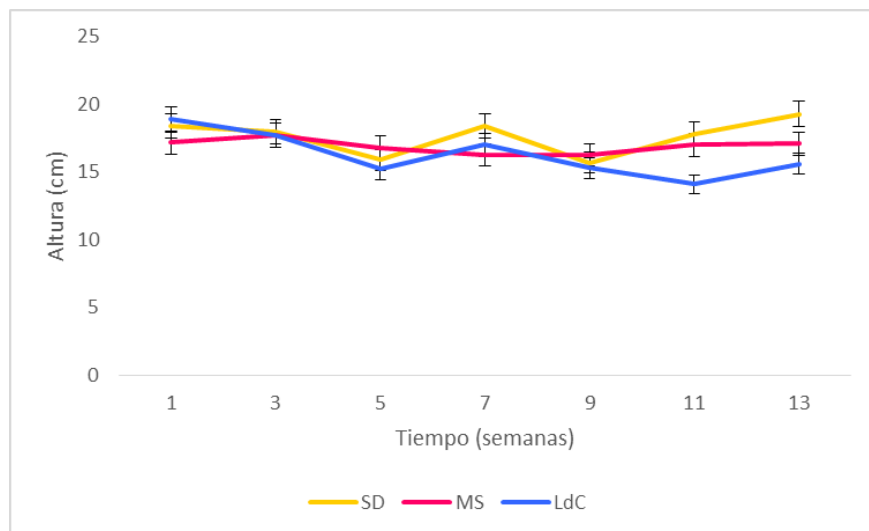


Figura 92. Comparación de la altura de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

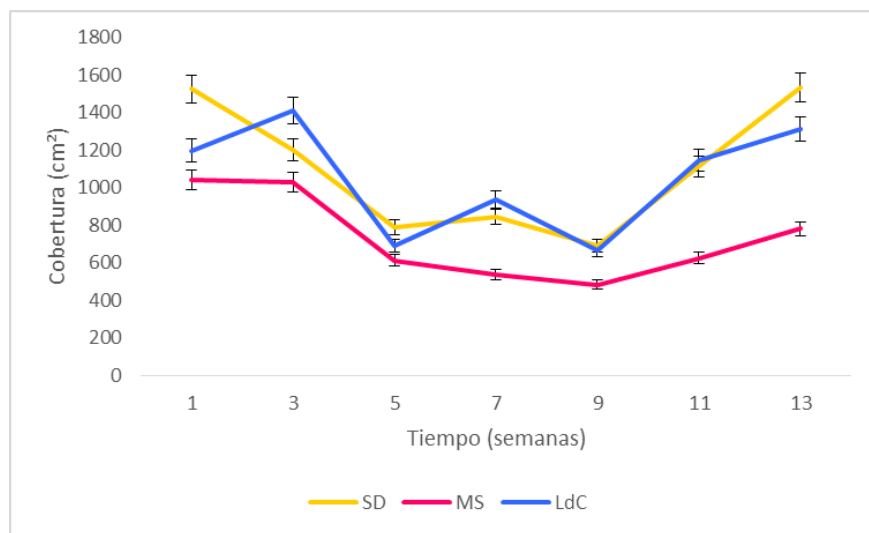


Figura 93. Comparación de la cobertura de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La supervivencia de las plantas de albahaca fue alta (100%) en los tres tipos de huertos (Fig. 94). La TCR presentó los mayores valores en los huertos a sol directo, valores intermedios en los huertos a media sombra y los menores valores en los huertos con lámparas LED (Fig. 95).

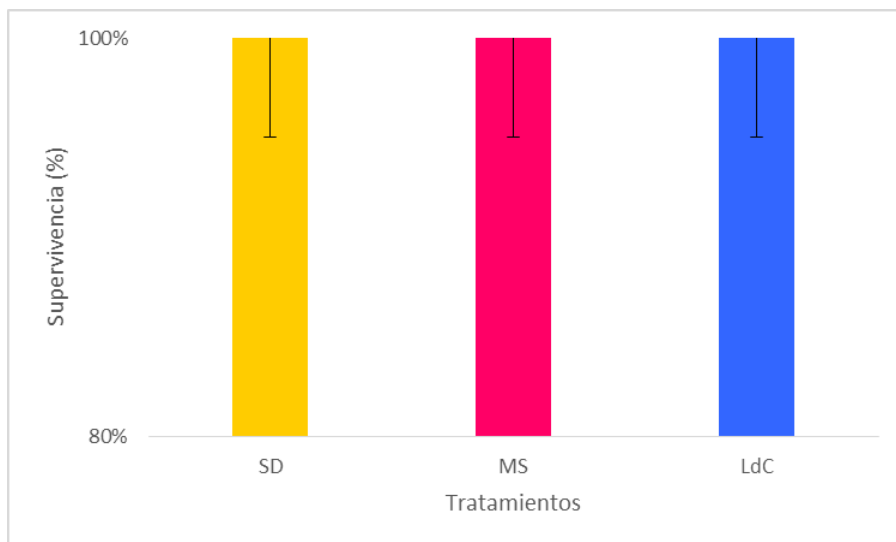


Figura 94. Comparación del porcentaje de supervivencia de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

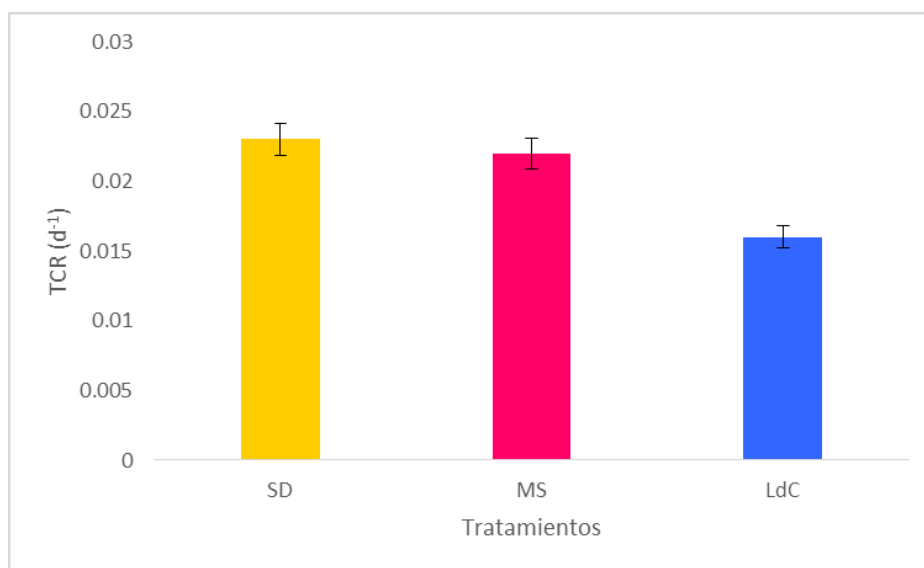


Figura 95. Comparación de la TCR de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La calidad morfológica de las plantas de cebollín, medida con el Índice de Dickson resultó mayor en el huerto de sol directo, fue intermedia en los huertos con lámparas LED y menor en los huertos a media sombra (Fig.96).

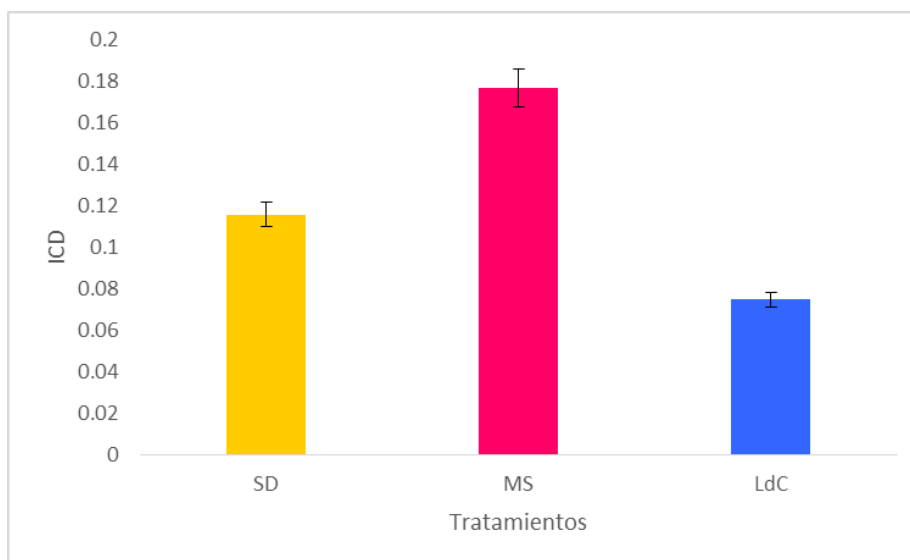


Figura 96. Comparación del ICD de las plantas de cebollín en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

El rendimiento del cebollín en peso fresco fue mejor en el tratamiento a sol directo, se obtuvo el mayor número de bulbos en los huertos a sol directo (Cuadro 34).

Cuadro 34. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca, rendimiento y número de bulbos al momento de la recolecta de las plantas de cebollín en los distintos tratamientos.

Tratamientos	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Rendimiento en peso fresco (g/173cm <sup>2</sup> )	No. de bulbos
Sol directo	128	36.8	14.2	163
Media sombra	118	33.8	13.1	120
Lámparas de crecimiento	30	8.6	3.3	104

#### 8.3.5.4. Romero

El romero presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) en el tratamiento con lámparas LED respecto de los otros tratamientos. Respecto a la altura y cobertura los mayores valores los alcanzó el tratamiento a sol directo, seguido del tratamiento a media sombra y los menores valores en el tratamiento con lámparas LED (Fig. 97 y 98).

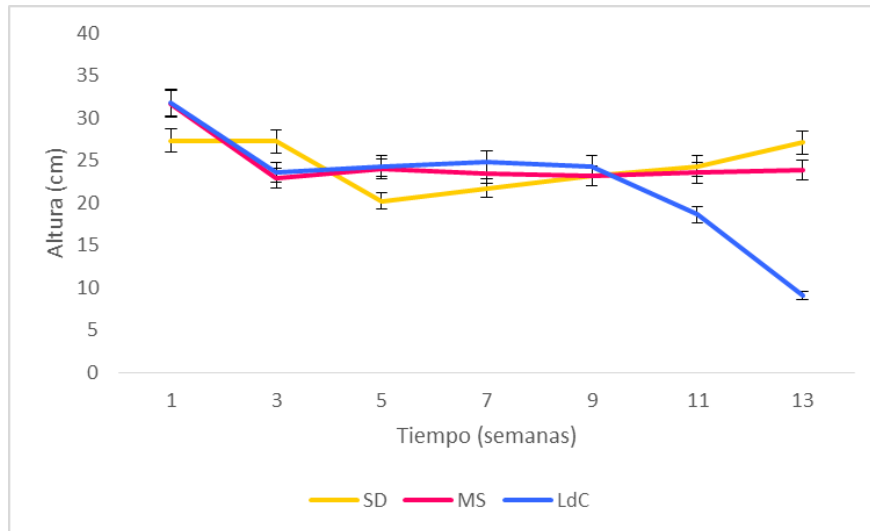


Figura 97. Comparación de la altura de las plantas de romero en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

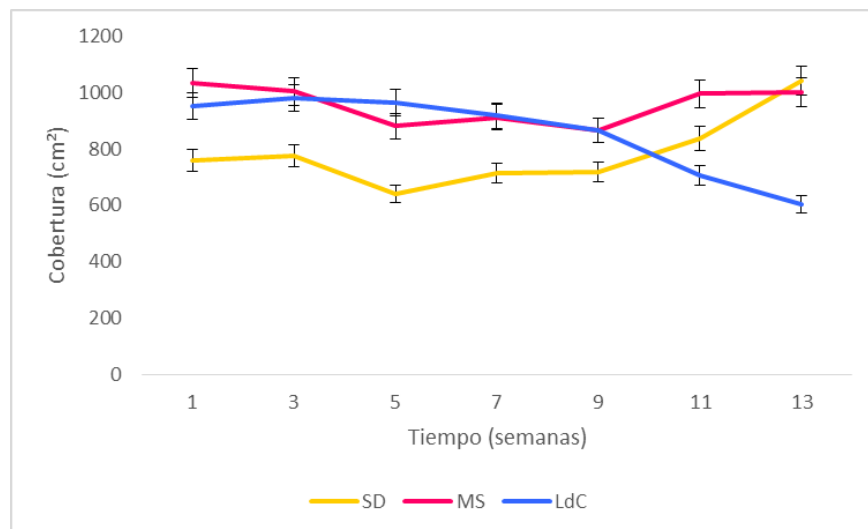


Figura 98. Comparación de la cobertura de las plantas de romero en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La supervivencia de las plantas de romero fue alta (100%) en los huertos a media sombra y con lámparas LED y sólo del 33% en el huerto a sol directo (Fig. 99). La TCR presentó el mayor valor en el tratamiento a media sombra, un valor intermedio en los huertos a sol directo y el menor valor en el tratamiento a lámparas LED (Fig. 100).

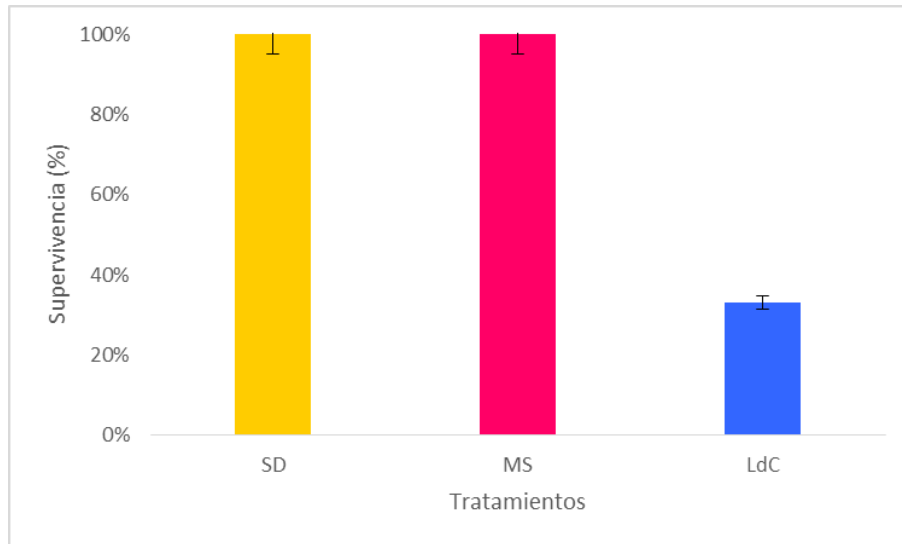


Figura 99. Comparación del porcentaje de supervivencia de las plantas de romero en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

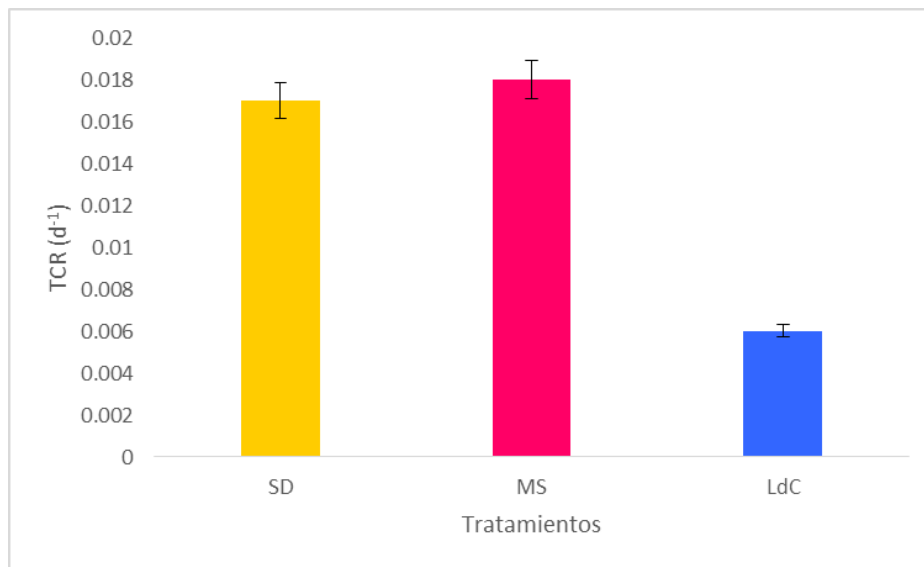


Figura 100. Comparación de la TCR de las plantas de romero en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La calidad morfológica de las plantas de romero, medida con el Índice de Dickson resultó mayor en el huerto de media sombra, seguido del tratamiento a sol directo y por último el tratamiento con lámparas LED (Fig.101).

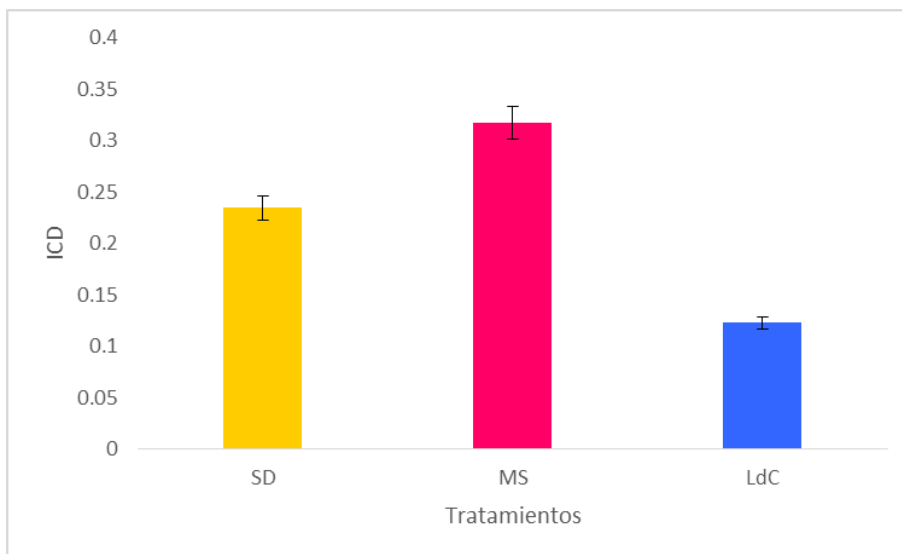


Figura 101. Comparación del ICD de las plantas de romero en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

El rendimiento de romero en peso fresco fue mejor en el tratamiento a sol directo (Cuadro 35).

Cuadro 35. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de romero en los distintos tratamientos.

Tratamientos	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Rendimiento en peso fresco (g/173cm <sup>2</sup> )
Sol directo	280	105	31.1
Media sombra	269	143.9	29.8
Lámparas de crecimiento	72	71.2	8

#### 8.3.5.5. Perejil

El perejil no presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). Respecto a la altura la mayor altura la alcanzó el tratamiento a sol directo, seguido del tratamiento con lámparas LED y la menor altura el tratamiento a media sombra. En relación a la cobertura, la mayor cobertura la alcanzó en el tratamiento con lámparas LED, presentó un tamaño intermedio en el huerto mantenido a sol directo y la menor cobertura en el huerto a media sombra (Fig. 102 y 103).

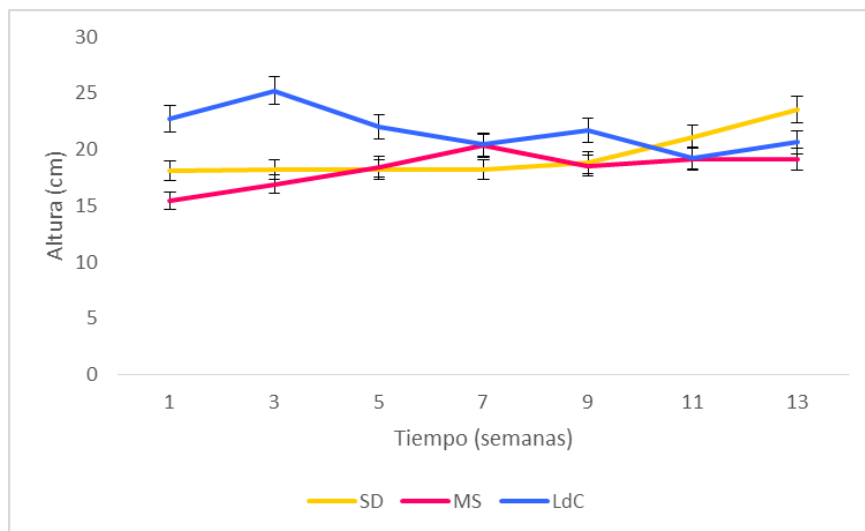


Figura 102. Comparación de la altura de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

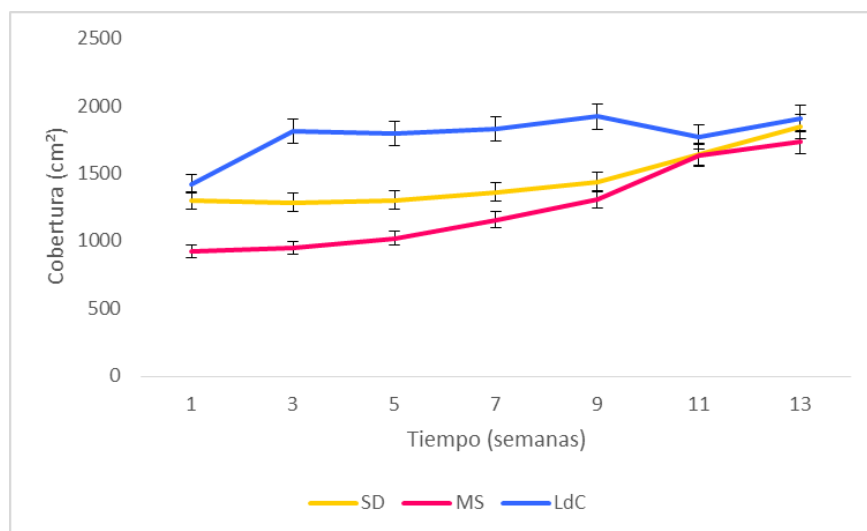


Figura 103. Comparación de la cobertura de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La supervivencia de las plantas de perejil fue alta (100%) en los huertos a media sombra y sol directo y del 88% en el huerto con lámparas LED (Fig. 104). La TCR presentó los mayores valores en el tratamiento media sombra, y valores menores en los tratamientos a sol directo y con lámparas LED (Fig. 105).

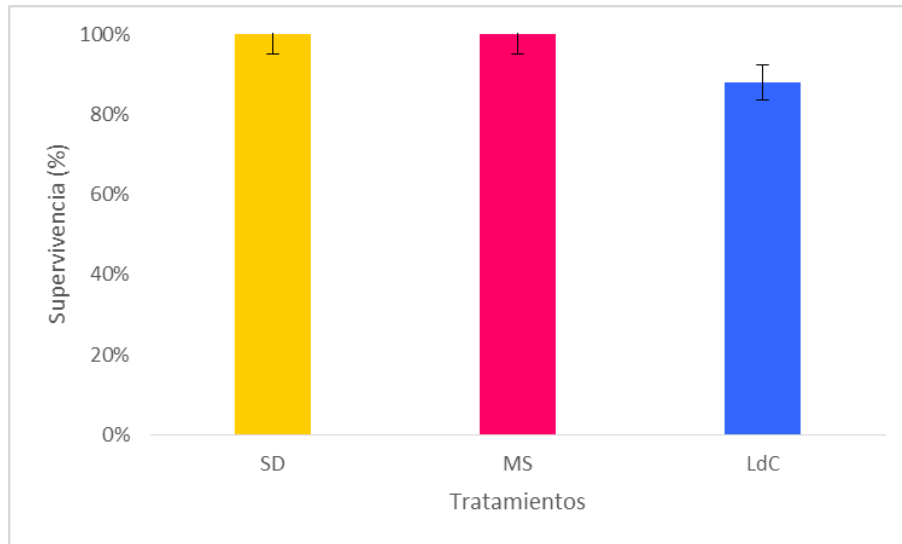


Figura 104. Comparación del porcentaje de supervivencia de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

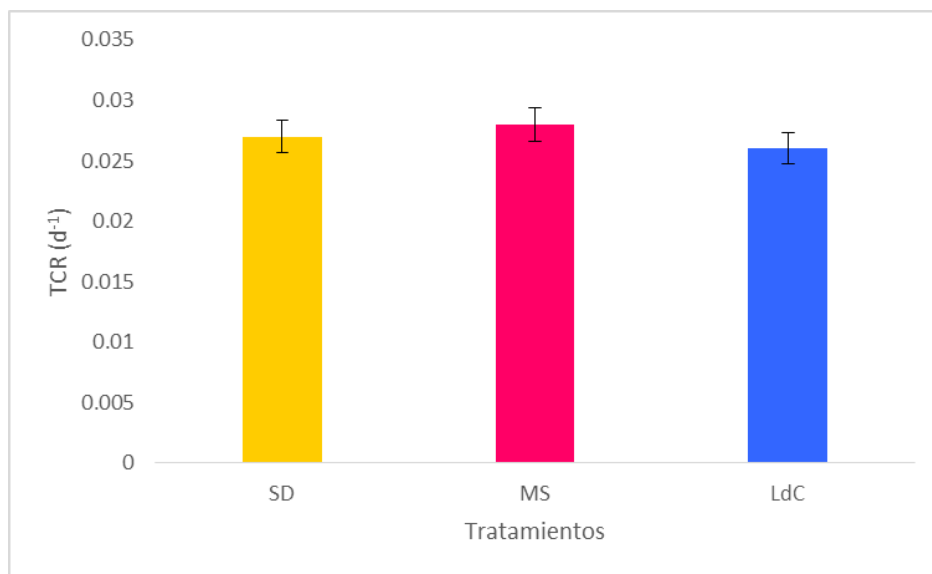


Figura 105. Comparación de la TCR de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

La calidad morfológica de las plantas de perejil medida con el Índice de Dickson resultó mayor en el tratamiento con lámparas LED, seguido del tratamiento a media sombra y se vio afectada en los huertos de sol directo (Fig.106).



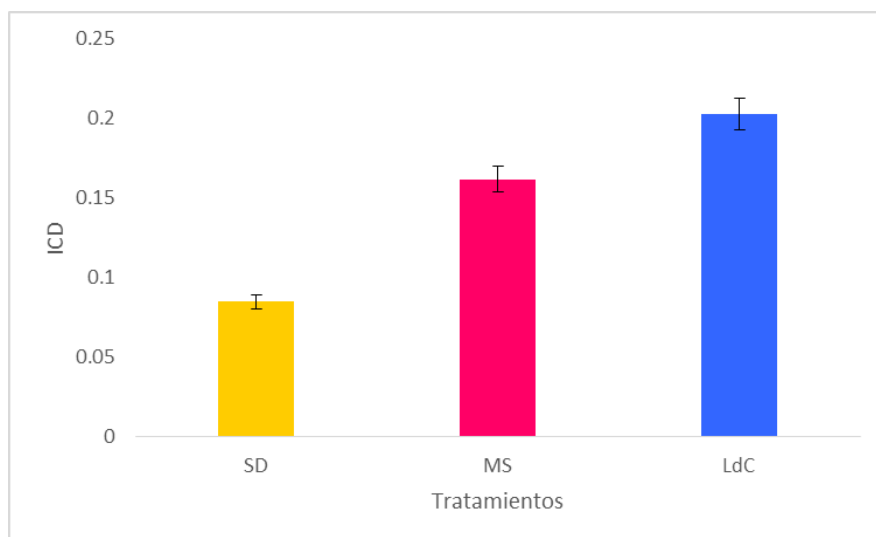


Figura 106. Comparación del ICD de las plantas de perejil en los tres tipos de huertos (tratamientos). SD= Tratamiento 1 (sol directo). MS= Tratamiento 2 (media sombra). LdC= Tratamiento 3 (lámparas de crecimiento) (n=27)

El rendimiento de perejil en peso fresco fue mejor en el tratamiento a media sombra (Cuadro 36).

Cuadro 36. Comparación de los pesos de biomasa fresca, biomasa seca y rendimiento de las plantas de perejil en los distintos tratamientos.

Tratamientos	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Rendimiento (g/173cm <sup>2</sup> )
Sol directo	131	51.5	14.5
Media sombra	197	68.1	21.8
Lámparas de crecimiento	79	35.2	8.7

### 8.3.6. Radiación solar y Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR)

En el Cuadro 37 se presenta la cantidad de radiación solar a tres niveles de altura sobre los sistemas verticales. En el Cuadro 38 se presenta la radiación fotosintéticamente activa a cuatro niveles de altura sobre los sistemas verticales.

Cuadro 37. Radiación solar en tres niveles de altura sobre los sistemas de cultivo en los distintos tratamientos.

Niveles de altura sobre los sistemas de cultivo	Tratamiento 1 (sol directo)	Tratamiento 2 (media sombra)	Tratamiento 3 (lámparas LED)
Nivel alto (luxes)	48644	2589	2885
Nivel medio (luxes)	37744	2274	2226
Nivel bajo (luxes)	27011	1793	1612

**Cuadro 38. PAR en cuatro niveles de altura sobre los sistemas de cultivo en los distintos tratamientos.**

Niveles de altura sobre los sistemas de cultivo	Tratamiento 1 (sol directo)	Tratamiento 2 (media sombra)	Tratamiento 3 (lámparas LED)
Nivel alto ( $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ )	1464.95 $\pm$ 6.09	685.45 $\pm$ 7.9	320.82 $\pm$ 2.1
Nivel medio-alto ( $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ )	1362.53 $\pm$ 2.04	657.74 $\pm$ 1.6	223.21 $\pm$ 1.7
Nivel medio-bajo ( $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ )	1018.99 $\pm$ 5.22	480.26 $\pm$ 3.7	324.32 $\pm$ 5.5
Nivel bajo ( $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ )	681.53 $\pm$ 2.67	320.53 $\pm$ 2.2	303.27 $\pm$ 1.9

## IX. Discusión

### **9.1. Diseño de sistema de muro vertical para el crecimiento de plantas aromáticas**

En el diseño de los huertos verticales se consideraron los elementos utilizados en la instalación (citados en el apartado de resultados del presente trabajo), al igual que los requerimientos de la construcción de huertos, entre los que se encuentran la luz, orientación, riego, las especies aromáticas a cultivar, así como sus exigencias nutrimentales y morfológicas, además de la distribución de las especies dentro del sistema de cultivo (Orozco, 2014).

El sistema de muro (0.5 m<sup>2</sup> con 15 bolsas), no requiere de mucho espacio y puede ser instalado completamente dentro de las cocinas mexicanas y en el caso de las cocinas más pequeñas, el sistema podría ser dividido para adaptarse al tamaño disponible.

La forma del sistema de cultivo vertical fue rectangular, lo que permite que el espacio abarcado sea similar a una columna vertical y de esta forma el espacio a lo ancho quede disponible.

El marco de madera fijado a los sistemas de cultivo es esencial para que los huertos mantengan la forma y para proporcionar el sostén necesario para el sustrato y las plantas, de forma que el sistema de cultivo no se deforme ni se rompa con el peso. De igual manera, el marco de madera aumenta la durabilidad del sistema de cultivo.

Los huertos verticales de sol directo requirieron de la instalación de un sistema de protección contra los contratiempos climáticos tales como las lluvias intensas y las

caídas de granizo, empleando una malla mosquitera ya que de acuerdo con ACOM (2017) este tipo de cubiertas resisten la radiación UV y debido a la apertura de los poros impide el impacto directo de la caída de granizo y lluvia directamente sobre las plantas.

La orientación de los huertos a sol directo fue SE, de los huertos a media sombra y lámparas de crecimiento fue SO, esto debido a que eran los espacios disponibles para la instalación de los sistemas de cultivo dentro del vivero Chimalxochipan.

Las especies aromáticas no presentaron síntomas por exceso o falta de luz, por lo que la orientación de los huertos verticales se mantuvo a lo largo de ambos experimentos.

En los dos experimentos el riego se llevó a cabo de forma manual utilizando una regadera, lo que reduce los costos de instalación y mantenimiento de los sistemas de cultivo asociados al riego en comparación con sistemas de riego por goteo, sin embargo, el riego manual requiere de mayor mano de obra.

Las especies aromáticas se seleccionaron usando como base la encuesta realizada a 100 personas mexicanas y realizando una investigación de dichas plantas para seleccionar aquellas cuyas sus características morfológicas (follaje, tamaño y profundidad de las raíces) y ciclos de vida diferentes (anual, bianual y perenne) así como familias botánicas distintas permitieran la coexistencia de las especies en el espacio y obtener una producción continua y eficiente en el tiempo (Fersini, 1976; Guerrero, 1998; La Molina, 2000; Benavides, 2007; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 2011; García Suárez y Serrano, 2013; Sanca-Mendoza, 2018; INECOL, 2020; Estrada-Jerez *et al.*, 2021; INTAGRI, 2021; Saavedra *et al.*, 2019).

Los tres sustratos del primer experimento (Anexo 3) presentaron condiciones similares de pH (S1: 6.31, S2: 6.59 y S3: 8.49), conductividad eléctrica (S1: 1.26, S2: 1.05 y S3: 0.63) y densidad aparente (S1: 0.57, S2: 0.67 y S3: 0.86). El primer y segundo sustrato (Anexo 3) presentaron un mejor balance de nutrientes en relación con el tercer sustrato, sin embargo, no se presentaron deficiencias nutrimentales entre las especies aromáticas.

El sustrato del segundo experimento presentó un pH ligeramente ácido (6.85) y una conductividad eléctrica baja (0.70), así como también un balance nutrimental bajo en relación con los sustratos del experimento 1 (Anexo 3).

El abono orgánico bocashi presentó un pH neutro (7.17), conductividad eléctrica moderadamente salina (7.87) y un balance nutrimental adecuado (Anexo 3) (Cabrera, 1998).

La distribución de las especies en los muros consideró dos aspectos, el primero consistió en intercalar las especies aromáticas con familias botánicas diferentes de forma que no se encontrasen dos plantas de la misma familia botánica juntas, de

acuerdo con los requerimientos del policultivo (Liebman, 1999). El segundo consistió en colocar las especies aromáticas en dirección diagonal para disminuir la competencia por iluminación (Martínez-Najera, 2016).

## **9.2. Crecimiento y supervivencia de las especies aromáticas**

### **9.2.1. Experimento 1**

#### **9.2.1.1. Porcentaje de emergencia**

El porcentaje de emergencia de las semillas de albahaca superó el 60% de emergencia debido a que como menciona Mijani *et al.* (2013) entre los 25 y 30°C es el rango óptimo para la germinación de las semillas en condiciones de invernadero. Así mismo, la inmersión de las semillas en agua a temperatura ambiente influyó en la germinación de las semillas, Quiroz-Herrera (2014), cita que la inmersión de las semillas en agua caliente no afecta a la germinación en comparación con las semillas que se remojan en agua fría (4 °C), que provoca la reducción de la germinación.

El cilantro superó el 80% de emergencia, la temperatura fue determinante para alcanzar este porcentaje. Masabni y Lilliard (2014), citan que la germinación óptima se presenta entre los 10 y 29.4°C, rango en el cuál permanecieron las semillas en los almácigos. A su vez, la adición de abono orgánico en el sustrato favoreció la emergencia de las semillas. Ahmad *et al.* (2017) citan que el abono orgánico adicionado al sustrato de siembra en almácigos disminuye los días necesarios para la emergencia en comparación a cuando no se utilizan abonos orgánicos.

El perejil no superó el 5% de emergencia, al ser sembrado en almácigo, por lo que se decidió sembrar el perejil al boleó en charola. En dichas condiciones las semillas emergieron en un 70%, tal como lo sugiere Japón Quintero (1985). La inmersión de las semillas en agua como tratamiento pre germinativo favoreció la emergencia de las semillas de perejil al ablandar la testa de las semillas para iniciar con el proceso de la germinación (Podlaski *et al.*,2013).

#### **9.2.1.2. Crecimiento y supervivencia de las especies**

##### **9.2.1.2.1. Albahaca**

Las plantas de albahaca presentaron la mayor altura, cobertura y biomasa en el tratamiento MS y la menor altura en el tratamiento SD debido a la alta radiación solar, ya que como menciona Sutuliene *et al.* (2022) las plantas de albahaca presentaron los mejores parámetros morfológicos al estar expuestas a la menor cantidad de PPFD (Densidad de flujo de fotones fotosintéticos) (150 PPFD en el

estudio) en comparación la mayor cantidad de PPFd (250 PPFd). Las plantas de albahaca del tratamiento MS presentó la mayor TCR e ICD, lo que está directamente relacionado con las variables de altura y cobertura de las plantas. La iluminación fue un factor importante para su crecimiento, de acuerdo como lo menciona la literatura a menor cantidad de PPFd mayor TCR e ICD.

La temperatura parece no ser un factor determinante para el crecimiento de las plantas de albahaca a comparación de la iluminación, de acuerdo con AGEXPORT Agrícola<sup>1</sup> (2021) el rango óptimo de temperatura para el cultivo de albahaca es de 24 a 30°C, sin embargo, el tratamiento SD presentó dicho rango de temperatura y presentó las menores mediciones de cobertura y altura, mientras que los tratamientos que presentaron rangos de temperatura menores superaron los resultados.

Pese a que LdC y MS tienen valores similares de PPFd (Cuadro 19 y 20) y temperatura, es posible que la humedad relativa de los microambientes tuviera la mayor influencia en la altura de la albahaca, AGEXPORT Agrícola<sup>1</sup> (2021) menciona que las plantas de albahaca prefieren una humedad relativa del 60 a 70%, sin embargo, los tratamientos que alcanzaron esos valores de humedad relativa (LdC y SD) presentaron los menores resultados de altura. Por el contrario, los huertos a media sombra que presentaron menor humedad relativa (40%) presentaron los mayores resultados de altura.

El crecimiento y supervivencia de la albahaca se vio directamente afectada de forma negativa por la plaga y las granizadas imprevistas en el tratamiento SD, ya que de acuerdo con Barasoian (2005) durante las primeras etapas vegetativas de la albahaca es vulnerable a los caracoles y babosas, así como a las malas condiciones climáticas.

En los tratamientos MS y LdC el crecimiento se vio favorecido por las condiciones climáticas, ya que, a menor cantidad de radiación solar, menor temperatura y humedad relativa, se presentó mayor biomasa (AGEXPORT Agrícola<sup>1</sup>, 2021; Sutuliene *et al.* 2022).

El sustrato elegido para las plantas de albahaca permitió que se desarrollaran adecuadamente, ya que de acuerdo con AGEXPORT Agrícola<sup>1</sup> (2021) requiere de sustratos ricos en materia orgánica, sueltos, ligeros, bien drenados y con buena retención de humedad, así mismo el pH del sustrato permitió la disponibilidad de macro y micronutrientes para las plantas, de igual forma la conductividad eléctrica permitió una conducción adecuada de la corriente eléctrica sin que el crecimiento de las plantas se viera afectado por la salinidad.

### **9.2.1.2.2. Cilantro**

De acuerdo con Miller y Drost (2018) el cilantro presenta los mejores resultados de crecimiento en huertos a sol directo, sin embargo, la plaga de caracoles, así como las constantes granizadas impidieron que esto pudiera ser comprobado, en su lugar la mayor altura se presentó en el tratamiento a MS.

En el tratamiento LdC el cilantro presentó un crecimiento intermedio, pese a que de acuerdo con Matysiak (2021) un espectro con 70% de luz roja o blanca es el más favorable para la producción de albahaca y cilantro en condiciones de invernadero, esto puede estar relacionado con la humedad relativa y temperatura del microambiente. De acuerdo con López-Reyes (1999) la temperatura óptima para el crecimiento del cilantro es entre 20 y 30°C, sin embargo, el microambiente de LdC no alcanzó dicha temperatura en ningún momento, así mismo la humedad relativa se mantuvo superior al 50%.

Cabe resaltar que los parámetros ambientales (temperatura y luminosidad) entre los tratamientos MS y LdC fueron similares, por otra parte, la humedad relativa en el tratamiento MS fue significativamente menor que los otros dos tratamientos. De acuerdo con López-Reyes (1999) el cilantro se adapta a los climas secos estepario, seco desértico, templado lluvioso con invierno seco y tropical lluvioso con invierno seco, sin embargo, parece preferir los microambientes más secos, esto concuerda con los resultados obtenidos, siendo el tratamiento con menor humedad el que presentó el mayor crecimiento.

En el tratamiento MS y LdC la biomasa se vio afectada por las condiciones climáticas, en las que prefirió los ambientes con menor humedad relativa y menor radiación solar, de manera que, a menor humedad relativa, temperatura y radiación solar presentó la mayor cantidad de biomasa, contrastando con lo que dice la literatura (López-Reyes, 1999; Miller y Drost, 2018).

En el presente trabajo la plaga de caracoles y las dos granizadas en distintos momentos del experimento, afectaron el crecimiento del cilantro, de manera que el tratamiento SD presentó los menores resultados debido a la plaga de caracoles y a las caídas de granizo y MS los mayores valores de cobertura, contrario a lo mencionado por la literatura (López-Reyes, 1999; Miller y Drost, 2018). De acuerdo con López-Reyes (1999) las plantas de cilantro se adaptan a los climas secos, templado lluvioso con invierno seco y tropical lluvioso con invierno seco, en el presente trabajo se comprobó que el cilantro no soporta las granizadas. No hay

registro de caracoles como depredadores de cilantro, sin embargo, en el presente trabajo fue un problema recurrente.

El sustrato utilizado para el cultivo de cilantro permitió que las plantas se desarrollaran de forma adecuada, ya que Miller y Drost (2018) mencionan que requiere de sustratos ricos en materia orgánica y bien drenados. De igual manera el pH del sustrato permitió la disponibilidad de macro y micronutrientes para las plantas sin que existiera toxicidad, así mismo la conductividad eléctrica permitió se mantuvo en un valor adecuado sin que el crecimiento de las plantas se viera afectado por la salinidad.

#### **9.2.1.2.3. Cebollín**

De acuerdo con Jawaad-Atif *et al.* 2019, el ajo (*Allium sativum* L.) especie cercana al cebollín (*Allium schoenoprasum*) a mayor temperatura y fotoperiodo o en su defecto intensidad de la luz, el tamaño, peso, y número de bulbos aumentan y el tiempo de desarrollo de los bulbos disminuye, de acuerdo con los resultados esto también ocurre con el cebollín, debido a que el tratamiento SD presentó la mayor intensidad de luz y presentó la mayor cantidad de bulbos, así como los mayores valores de crecimiento y supervivencia con diferencias estadísticas significativas. Por otra parte en los tratamientos MS y LdC, cuyos valores de iluminación se mantuvieron similares, la altura fue menor y sin diferencias estadísticas entre ellos. La iluminación fue un factor determinante para el crecimiento del cebollín pues a mayor intensidad de la luz se presentaron mejores resultados en el crecimiento y calidad de las plantas. Por otra parte, en los tratamientos MS y LdC, cuyos valores de iluminación se mantuvieron similares, la altura fue menor y sin diferencias estadísticas entre ellos.

La humedad y la temperatura del microambiente SD fue el que presentó los mayores valores, por lo que es posible que ambos factores favorezcan el crecimiento del cebollín.

Cabe resaltar que el arreglo de luces LED fue favorable para las plantas, pues como lo menciona Gao *et al.* (2021) la combinación de luz blanca y azul es la más beneficiosa para el crecimiento de *Allium fistulosum* que es una especie cercana a la que se trabajó en el presente estudio.

De acuerdo con Rincón (2020) la especie *Allium fistulosum* L. no tolera el encharcamiento y dado que en LdC la humedad relativa fue mayor, favoreció la disminución de la capacidad de aireación radical, por lo que la supervivencia en dicho tratamiento disminuyó. En el tratamiento MS la humedad relativa fue significativamente menor, por lo que ese factor no favoreció la asfixia de las raíces

del cebollín. Por el otro lado el tratamiento SD pese a que su porcentaje de humedad relativa es similar a la del tratamiento LdC es posible que la abundante cantidad de radiación solar favoreció la evaporación del agua del sustrato, de esta forma disminuyendo la posibilidad de asfixia radical.

El sustrato seleccionado para el cultivo de cebollín permitió que las plantas tuvieran un crecimiento apropiado, ya que requiere de sustratos francos, ricos en materia orgánica, bien drenados y húmedos. El pH del sustrato permitió la disponibilidad de los macro y micronutrientes para las plantas en cantidades altas sin llegar a la toxicidad, de igual forma la conductividad eléctrica permitió un adecuado crecimiento sin que se viera afectado por la salinidad, así mismo el abono orgánico favorece el desarrollo vegetativo del cultivo, permitiendo que las plantas sean altas y con los pseudo tallos más gruesos y largos, así mismo presentan un mayor desarrollo radicular y un mayor número de brotes o hijuelos en comparación con no utilizar abonos orgánicos (Guerrero, 1998; Morales-Galván, 2018).

#### **9.2.1.2.4. Romero**

Las plantas del tratamiento SD presentaron los mayores valores de crecimiento, seguido del tratamiento MS, con diferencias estadísticas significativas con el tratamiento LdC, esto se debe a que el romero requiere de mayor intensidad lumínica para su desarrollo y crecimiento, sin embargo, puede crecer en zonas menos iluminadas, de acuerdo con AGEXPORT Agrícola<sup>2</sup> (2019).

AGEXPORT Agrícola<sup>2</sup> (2021) menciona que el rango de temperatura óptima es entre 15 y 18°C, esto contrasta con los resultados del experimento, pues el tratamiento que presentó la mayor altura también presentó la temperatura mayor, rondando los 30°C, por lo que es posible que la iluminación sea un factor más importante para el crecimiento del romero que la temperatura o humedad.

De acuerdo con Raffo *et al.* (2021) es necesario regarlas constantemente, pues una disminución del riego provocará que el crecimiento disminuya. En el tratamiento LdC se cometió el error humano de reducir de más el riego de las plantas de romero debido a la alta humedad relativa en el microambiente con el objetivo de no reducir la aireación de las raíces, sin embargo, el riego se redujo en exceso, lo que produjo un estrés hídrico del cual dos organismos no resistieron.

En los tratamientos MS Y SD el riego se realizó con mayor frecuencia, por lo que las plantas no se vieron afectadas por el estrés hídrico.



El sustrato elegido para el cultivo de las plantas de romero permitió que las plantas presentaran un crecimiento adecuado, ya que de acuerdo con AGEXPORT Agrícola<sup>2</sup> (2021) menciona que el romero requiere de sustratos arenosos, bien drenados y pH cercano a la neutralidad. El pH del sustrato permitió la disponibilidad de los macro y micronutrientes para las plantas en cantidades altas sin llegar a la toxicidad, de igual forma la conductividad eléctrica favoreció su crecimiento sin que afectar a las plantas por exceso de salinidad.

#### **9.2.1.2.5. Perejil**

El tratamiento que presentó la mayor altura fue LdC, lo que se explica con lo que menciona Charles (2013), que el perejil requiere de iluminación directa de 6 a 8 horas, sin embargo, es capaz de adaptarse a la sombra, presentando un menor crecimiento.

De acuerdo con el estudio de Walters y López (2021) el crecimiento y desarrollo del perejil no se ve influenciado por la iluminación sino por la temperatura, siendo los 22.4 °C la temperatura óptima para el crecimiento, lo que concuerda con los resultados de este experimento, pues el tratamiento LdC se mantuvo cerca de esa temperatura junto con el tratamiento MS.

Morales (1995) menciona que el perejil debe ser regado constantemente y que el sustrato siempre debe estar húmedo, por lo que la humedad relativa también es un factor importante para su crecimiento y desarrollo. El tratamiento con la mayor humedad relativa del microambiente fue el tratamiento LdC, tratamiento en el que se presentó la mayor altura y cobertura.

Las plantas de albahaca del tratamiento MS presentaron la mayor TCR e ICD, lo que está directamente relacionado con las variables de altura y cobertura de las plantas.

En el tratamiento SD las caídas de granizo afectaron negativamente la supervivencia de las plantas de perejil, Japon-Quintero (1985) menciona que el perejil no es resistente al frío ni las heladas, debido a esto fue más sensible a las caídas de granizo que otras especies aromáticas. En el tratamiento MS la humedad relativa fue un factor importante que afectó la supervivencia de las plantas de perejil, ya que como lo menciona Morales (1995) dicha especie debe ser regada constantemente y el sustrato debe permanecer húmedo todo el tiempo. En el tratamiento LdC la humedad relativa alta permitió el 100% de supervivencia de todas las repeticiones de perejil.

El sustrato elegido para el cultivo de las plantas de perejil permitió que las plantas presentaran un crecimiento adecuado, ya que de acuerdo con Charles (2013) menciona que el perejil prefiere suelos bien drenados ricos en materia orgánica, en un pH ligeramente ácido o neutro. El pH del sustrato permitió la disponibilidad de los macro y micronutrientes para las plantas en cantidades altas sin llegar a la toxicidad, de igual forma la conductividad eléctrica favoreció su crecimiento sin afectar a las plantas por exceso de salinidad.

### **9.2.1.8. Requerimientos del cultivo**

Para el manejo de la plaga de caracoles y babosas se evitó la utilización de cal en el sustrato porque podía modificar el pH y favorecer un ambiente adverso para las plantas, por lo que se optó por la implementación de papel aluminio alrededor de los sistemas de cultivo con el objetivo de que la luz se reflejara en el papel aluminio para ahuyentar a los caracoles y babosas, ya que de acuerdo con la Universidad de California (2016) tanto los caracoles como las babosas evitan el calor y la luz brillante.

Debido a que los caracoles subían a los sistemas de cultivo vertical durante la noche y se refugiaban en la cara trasera del mismo, se colocaron trampas de cerveza debajo de los sistemas de cultivo para que los caracoles y babosas no depredaran las plantas de albahaca y cilantro en el tratamiento SD y albahaca, cilantro y cebollín en el tratamiento LdC, lo que permitió que las especies crecieran adecuadamente.

Se presentaron dos granizadas en las primeras cinco semanas del experimento, por lo que se colocó una malla mosquitero para la protección de los huertos SD ya que de acuerdo con ACOM (2017) este tipo de cubiertas están tratadas contra rayos ultravioleta (UV) y debido la apertura de los poros impide el impacto directo de la caída de granizo y lluvia directamente sobre las plantas, lo que permitió que los huertos se desarrollaran de la mejor manera.

En el tratamiento LdC para la especie de romero se disminuyó el riego para que la alta humedad relativa del microambiente no propiciase una asfixia radicular, mientras que espaciar el riego produjo un estrés hídrico que algunos organismos no resistieron.

Es importante mencionar que para impedir la competencia lumínica de las especies aromáticas se podaron cada dos semanas.

## **9.2.2. Experimento 2**

### **9.2.2.1. Albahaca**

El tratamiento que presentó los mayores valores de crecimiento de las plantas de albahaca fue MS y de acuerdo con Sutuliene *et al.* (2022) la albahaca presenta los mejores parámetros morfológicos a la menor cantidad de PPFD (150 PPFD) en relación con la mayor cantidad de PPFD (250 PPFD) en el estudio. La mayor TCR de las plantas de albahaca se presentó en el tratamiento LdC, lo que está directamente relacionado con la iluminación, siendo que a menor cantidad de PPFD, mayor su crecimiento. Así mismo la temperatura y humedad parecieron no ser factores importantes para la TCR de la especie. El tratamiento MS presentó una TCR intermedia y el tratamiento SD una menor TCR. Es importante mencionar que los resultados se vieron afectados por una plaga de caracoles en el tratamiento SD y una plaga de pulgones en el tratamiento LdC (Sutuliene *et al.*, 2022).

La temperatura también es un factor determinante para la altura de las plantas de albahaca ya que como menciona AGEXPORT Agrícola<sup>1</sup> (2021) el rango óptimo para su cultivo es de 24 a 30°C; en el presente trabajo el tratamiento SD presentó dicho rango de temperatura, sin embargo, MS y LdC se mantuvieron por debajo de tal rango.

AGEXPORT Agrícola<sup>1</sup> (2021) también menciona que el rango óptimo de humedad relativa para el cultivo de albahaca es de 60 a 70%, por el contrario, en el presente trabajo, el tratamiento con mayor altura presentó la menor humedad relativa, de igual forma el tratamiento con menor altura presentó un porcentaje de humedad relativa de entre 30 y 40%.

Respecto con la calidad de la planta, los mayores valores se presentaron en el tratamiento MS, con diferencias significativas con los tratamientos SD y LdC. Es posible que para un mayor índice de calidad de Dickson se requiera de menor humedad relativa, contrario a lo que mencionó AGEXPORT Agrícola<sup>1</sup> (2021).

Por otra parte, el sustrato elegido para las plantas de albahaca presentó un pH y conductividad eléctrica que permitió el desarrollo adecuado de las plantas, además presentó una cantidad de materia orgánica media, mientras que las cantidades de macro y micronutrientes en cantidades ligeramente bajos, mientras que las plantas de albahaca no presentaron síntomas de deficiencias nutrimentales. AGEXPORT Agrícola<sup>1</sup> (2021) menciona que la albahaca presenta mejor desarrollo morfológico cuando se encuentra en suelos ricos con materia orgánica, sueltos, ligeros, bien drenados y con buena retención de humedad, por lo que el sustrato fue efectivo para su cultivo.

En el tratamiento SD alrededor de la quinta semana se presentó una mortandad del 60% en las plantas debido a una plaga de caracoles. Es importante comentar que en la época del año en el que se realizó el experimento 2, los caracoles buscan refugio y se ubicaron entre las bolsas de los sistemas de cultivo, además de que la albahaca es susceptible a los caracoles y babosas (AGEXPORT, Agrícola<sup>1</sup>, 2021). Para su control se empleó tierra de diatomeas espolvoreado alrededor de las plantas y después de realizar un nuevo trasplante, el tratamiento SD se presentó una supervivencia del 100%, al igual que en el tratamiento MS.

Mientras que en el tratamiento LdC se presentó una supervivencia del 88%, esto se debió a una plaga de pulgón verde que produjo la mortandad de uno de los organismos. De acuerdo con la literatura, la albahaca es una especie sensible al pulgón verde (AGEXPORT, Agrícola<sup>1</sup>, 2021). Se emplearon tres biopreparados para el control del pulgón verde, de igual forma con el objetivo de impedir que el pulgón verde se viera favorecido por el microambiente del tratamiento LdC atractivo por su alta humedad se colocó un ventilador para aumentar la aireación, lo que junto con los biopreparados funcionó sin dejar secuelas en las plantas que poseían mayor turgencia y menor cantidad de áfidos.

#### **9.2.2.2. Cilantro**

Los mejores valores de crecimiento de las plantas de cilantro se presentaron en MS, sin diferencias estadísticas con SD, esto debido a que como menciona López-Reyes (1999) el cilantro se adapta a climas secos esteparios, seco desértico, templado lluvioso con invierno seco y tropical lluvioso con invierno seco. Los parámetros ambientales (temperatura, luminosidad y PAR) entre los tratamientos MS y LdC fueron similares, por el contrario, la humedad relativa en el tratamiento MS fue significativamente menor que los otros dos tratamientos.

Así mismo Miller y Drost (2018) mencionan que su mejor crecimiento se presenta a sol directo en estaciones frescas y suelo bien drenado, sin embargo en el presente experimento pese a que dichas condiciones se presentaron, la mayor altura la presentó MS. López-Reyes (1999) también menciona que el rango de temperatura óptimo para la especie es entre los 20 y 30°C y dado que los tres tratamientos se encontraron dentro de dicho rango, es posible que la humedad relativa haya sido un factor importante en la altura del cilantro.

Matysiak (2021) menciona que un espectro de luz con 70% de luz roja o blanca es el espectro más favorable para la producción de cilantro en condiciones de

invernadero durante el invierno, dicho arreglo se cumplió en el presente experimento.

En el tratamiento SD alrededor de la quinta semana se produjo una mortandad del 70% en las plantas de cilantro debido a una plaga de caracoles. Es importante mencionar que durante el invierno (época del año en el que se realizó el experimento 2), los caracoles buscan refugio y se ubicaron entre las bolsas de los sistemas de cultivo. Para su control se empleó tierra de diatomeas espolvoreado alrededor de las plantas y después de realizar un nuevo trasplante, el tratamiento SD se presentó una supervivencia del 100%.

En el tratamiento MS se presentó una supervivencia del 88% debido a que el follaje de las plantas a su alrededor le impidió acceder a la cantidad de luz solar que requería (Miller y Drost, 2018). Se optó por realizar una poda drástica sobre estas plantas, sin resultados positivos. En el tratamiento LdC se presentó una mortandad del 100% debido a un estrés hídrico del que no se tuvo control. Las plantas no pudieron ser regadas durante 3 días y de acuerdo con López-Reyes (1999) el cilantro es sensible al déficit hídrico durante su etapa del crecimiento. Cuando se tuvo acceso a las plantas se las regó a saturación y se pulverizaron con agua, sin obtenerse resultados positivos.

A su vez el sustrato elegido para las plantas de cilantro presentó un pH y conductividad eléctrica que permitió el desarrollo adecuado de las plantas, además presentó una cantidad de materia orgánica media, mientras que las cantidades de macro y micronutrientes en cantidades ligeramente bajos, sin embargo, las plantas de cilantro no presentaron síntomas de deficiencias nutrimentales. Miller y Drost (2018) mencionan que el cilantro requiere de suelos ricos con materia orgánica, sueltos y bien drenados, por lo que el sustrato fue efectivo para su cultivo.

### **9.2.2.3. Cebollín**

Jawaad-Atif *et al.* (2019) mencionan que en el ajo (*Allium sativum* L.) una especie del mismo género que el cebollín presenta los mejores resultados morfológicos a mayor temperatura y fotoperiodo o en su defecto intensidad de la luz, tendencia que se pudo observar en el trabajo, ya que el tratamiento con mayor luminosidad (SD) presentó la mayor altura de las plantas de cebollín, con diferencias significativas con los otros tratamientos.

Mientras que los tratamientos MS y LdC presentaron resultados sin diferencias significativas entre ellos. La humedad relativa pareció no tener un efecto significativo

o evidente en el crecimiento del cebollín. Se observó que a mayor humedad relativa mayor la cobertura de las plantas de cebollín, por lo que es posible que la planta requiere de una humedad relativa mayor por su alta demanda de iluminación y la consecuente desecación que puede sufrir. A su vez también se observó que a mayor temperatura se presentó una mejor cobertura.

Las plantas del tratamiento MS presentaron el mayor ICD, por lo que parece no verse afectado por la iluminación, contrario a las demás variables de crecimiento, por lo que es posible que lo que favorezca el ICD sea una humedad relativa mayor.

A su vez el sustrato elegido para las plantas de cebollín presentó un pH y conductividad eléctrica que permitió el desarrollo adecuado de las plantas, además presentó una cantidad de materia orgánica media, mientras que las cantidades de macro y micronutrientes en cantidades ligeramente bajos, por el contrario las plantas de cebollín no presentaron síntomas de deficiencias nutrimentales. Guerrero (1998) menciona que el cebollín prefiere suelos ricos con materia orgánica, francos, frescos y bien drenados, por lo que el sustrato fue efectivo para su cultivo.

Cabe resaltar que Morales-Galván (2018) menciona que el abono orgánico favorece el desarrollo vegetativo del cultivo, permitiendo que las plantas sean altas y con los pseudo tallos más gruesos y largos, así mismo presentan un mayor desarrollo radicular y un mayor número de brotes o hijuelos en comparación con no utilizar abonos orgánicos.

La supervivencia de las plantas de cebollín en los tres tratamientos fue del 100% esto debido a que en los tres microambientes las plantas encontraron las condiciones edafoclimáticas que requieren para su desarrollo y crecimiento (Guerrero, 1998; Jawaad-Atif *et al.*, 2019; Morales-Galván, 2018).

#### **9.2.2.4. Romero**

Las plantas del tratamiento SD presentaron los mayores valores de crecimiento, con diferencias significativas con los otros dos tratamientos, a su vez el tratamiento MS presentó diferencias significativas con el tratamiento LdC, esto se debió a que el romero requiere de mayor intensidad lumínica para su desarrollo y crecimiento, sin embargo, puede adaptarse a zonas menos iluminadas, de acuerdo con la literatura (AGEXPORT Agrícola<sup>2</sup>, 2021).

Así mismo la literatura menciona que el rango de temperatura óptima es entre 15 y 18°C, mientras que esto contrasta con los resultados del presente experimento,

pues el tratamiento que presentó la mayor altura también presentó una temperatura superior a los 25°C, por lo que es posible que la temperatura sea un factor más importante que la temperatura para su cultivo. Así mismo, el romero se desarrolló mejor en una humedad relativa superior al 50%, sin embargo, parece no haber relación directa entre la humedad relativa y la altura de las plantas, pues el tratamiento con una humedad relativa menor presentó un crecimiento intermedio (AGEXPORT Agrícola<sup>2</sup>, 2021).

Las plantas de romero del tratamiento MS presentó la mayor TCR e ICD, lo que contrasta con la literatura, esto puede estar relacionado con la temperatura, ya que la literatura menciona que el rango de temperatura óptima es entre 15 y 18°C, en el presente trabajo el tratamiento que se asemejó a dicha temperatura y presentó una humedad baja también presentó los mayores TCR e ICD (AGEXPORT Agrícola<sup>2</sup>, 2021).

De acuerdo con Raffo *et al.* (2019) es necesario regar a las plantas de romero constantemente, por lo que se regó a las plantas 3 veces por semana, esto aunado a la alta humedad relativa del microambiente del tratamiento LdC produjo una asfixia en las raíces de la mayoría de los organismos. AGEXPORT agrícola<sup>2</sup> (2021) el romero es poco resistente a la asfixia radicular, así mismo requiere recibir iluminación directa y vientos moderados para un buen desarrollo, por lo que en el microambiente LdC y se colocó un ventilador para que favoreciese la aireación del microambiente y disminuyera la humedad relativa, lo que logró mantener la supervivencia en un 33%.

Los otros dos tratamientos presentaron una supervivencia del 100%, esto debido a que los microambientes lograron proporcionar las condiciones edafoclimáticas que requiere el romero (Raffo *et al.*, 2019; AGEXPORT agrícola<sup>2</sup>, 2021).

A su vez el sustrato elegido para las plantas de romero presentó un pH y conductividad eléctrica que permitió el desarrollo adecuado de las plantas, además presentó una cantidad de materia orgánica media, mientras que las cantidades de macro y micronutrientes en cantidades ligeramente bajos, sin embargo, las plantas de romero no presentaron síntomas de deficiencias nutrimentales. AGEXPORT Agrícola<sup>2</sup> (2021) menciona que el romero prefiere suelos arenosos, bien drenados y pH cercano a la neutralidad, por lo que el sustrato fue efectivo para su cultivo.

#### **9.2.2.5. Perejil**

Los mayores valores de crecimiento del perejil se presentaron en el tratamiento SD, mientras que no hubo diferencia estadística significativa con los otros dos tratamientos, la iluminación no parece ser un factor determinante para el crecimiento de la especie, lo que coincide con lo mencionado por Walters y López (2021) quienes sugieren que el crecimiento del perejil no se ve influenciado por la luz. Así mismo, Charles (2013) el perejil requiere de iluminación directa por 6 a 8 horas, sin embargo, puede adaptarse a la sombra.

Por otra parte, Walters y López (2021) mencionan que el crecimiento y desarrollo del perejil se ve influenciado por la temperatura, siendo los 22.4°C la temperatura óptima para su cultivo y los tres tratamientos presentaron un rango de temperatura que osciló a su alrededor.

Respecto a la humedad relativa un porcentaje entre 30 y 40% favorecerá la cobertura, un porcentaje superior al 50% favorecerá una cobertura media y una humedad relativa menor producirá una cobertura menor, esto puede deberse a lo que menciona la literatura respecto a la alta demanda de humedad que requiere (Morales, 1995).

En los tratamientos SD y MS se presentó una supervivencia del 100% debido a que los microambientes proporcionaron las condiciones edafoclimáticas necesarias (Morales, 1995; Charles, 2013; Walters y López, 2021).

Mientras que en el tratamiento LdC se presentó una supervivencia del 88%, esto se debió a una plaga de pulgón verde que produjo la mortandad de uno de los organismos. De acuerdo con la literatura, la albahaca es una especie sensible al pulgón verde (Japon-Quintero, 1985). Se emplearon tres biopreparados para el control del pulgón verde, de igual forma con el objetivo de impedir que el pulgón verde se viera favorecido por el microambiente del tratamiento LdC atractivo por su alta humedad se colocó un ventilador para aumentar la aireación, lo que junto con los biopreparados funcionó sin dejar secuelas en las plantas que poseían mayor turgencia y menor cantidad de áfidos.

El tratamiento MS presentó los mayores resultados de TCR, contrario a lo que la literatura menciona respecto a sus necesidades de iluminación (Charles, 2013), por lo que la temperatura es un factor importante para la TCR del perejil, tal como lo describe la literatura para su crecimiento, de forma que en una temperatura cercana a los 22.4°C crecerá mejor. El tratamiento LdC presentó una TCR peor. Es importante comentar que el perejil se vio afectado por una plaga de pulgones en el tratamiento LdC, por lo que también afectó la TCR.



El tratamiento LdC presentó el mayor ICD, esto puede deberse a que la temperatura del microambiente se mantuvo cercana a la temperatura ideal (22.4°C) (Walters y López, 2021) y a una humedad entre el 30 y 40%. Los tratamientos que presentaron una humedad relativa tanto mayor como menor presentaron menor ICD.

Así mismo el sustrato elegido para el cultivo de las plantas de perejil presentó un pH y conductividad eléctrica que permitió el desarrollo adecuado de las plantas, además presentó una cantidad de materia orgánica media, mientras que las cantidades de macro y micronutrientes en cantidades ligeramente bajas, sin embargo, las plantas de perejil no presentaron deficiencias nutrimentales. De acuerdo con la literatura el romero prefiere suelos con buena retención de humedad, con un pH ligeramente ácido o neutro (Morales, 1995; Charles, 2013).

#### **9.2.2.6. Requerimientos del cultivo**

Para el manejo de la plaga de caracoles se optó por la utilización de tierra de diatomeas alrededor de las plantas debido a que el papel aluminio dejó de servir para mantener a los caracoles fuera de los sistemas de cultivo. La tierra de diatomeas fue efectiva y eliminó la plaga de caracoles en el tratamiento SD tal como lo menciona la literatura (Méndez-Otero y Castellanos-González, 2019).

En el tratamiento LdC para la especie de romero se regó tres veces por semana como lo menciona la literatura (López-Reyes, 1999), sin embargo, la alta humedad relativa del microambiente propició una asfixia radicular de la mayoría de los organismos. Por ello se implementó un ventilador de pedestal que favoreciera la aireación de los sistemas de cultivo en el tratamiento LdC, lo que permitió la supervivencia del 33% de las plantas de romero.

Se presentó una plaga de pulgones en el tratamiento LdC debido a la alta humedad relativa, por lo que se emplearon tres biopreparados para combatirla: a) jabón potásico en una disolución al 30%; b) purín de ajo, cebolla y chile al 30% y c) purín de lavanda, ruda y romero al 30%. A sí mismo el ventilador de pedestal contribuyó con el tratamiento para la plaga de pulgones que se presentó en las plantas de perejil y posteriormente de albahaca del tratamiento LdC. Tanto los biopreparados como el ventilador fueron eficaces en la eliminación del pulgón verde.

### **9.3. Rendimiento de las especies aromáticas**

#### **9.3.1. Experimento 1**

##### **9.3.1.1. Albahaca**

El mayor rendimiento obtenido se presentó en el tratamiento MS 8.22 g/173 cm<sup>2</sup> (por bolsa), el tratamiento LdC presentó un rendimiento de 2.11 g/173 cm<sup>2</sup> y el tratamiento un rendimiento menor (0.16 g/173 cm<sup>2</sup>). MHT, (2010) reporta 10'900 kg/ha, lo que equivale a 18.3 g/173 cm<sup>2</sup>, es necesario mencionar que el cultivo de la literatura se llevó a cabo en un cultivo horizontal. Ninguno de los tratamientos superó la producción en cultivo tradicional de albahaca.

##### **9.3.1.2. Cilantro**

El mayor rendimiento de cilantro por bolsa se presentó en MS 6.5 g/173 cm<sup>2</sup>, seguido del tratamiento LdC 2.11 g/173 cm<sup>2</sup> y el menor rendimiento de cilantro se presentó en SD 0.07 g/173 cm<sup>2</sup>. Puga-Santos y Estrada Salazar (2008) reportan 3 ton/ha, lo que equivale a 5.04 g/168 cm<sup>2</sup>, cabe resaltar que el cultivo de la literatura se llevó a cabo en un cultivo horizontal. El tratamiento de MS presentó un mejor rendimiento que el obtenido por un cultivo tradicional de cilantro.

##### **9.3.1.3. Cebollín**

El mayor rendimiento de cebollín se presentó en el tratamiento SD 8.1 g/173 cm<sup>2</sup>, seguido del tratamiento MS 2.4 g/173 cm<sup>2</sup> y el peor rendimiento se presentó en el tratamiento LdC 2 g/173 cm<sup>2</sup>. FINAGRO, (2017) reportó 33.4 kg/ha, lo que equivale a 0.05g/168 cm<sup>2</sup>, el cultivo de la literatura se obtuvo en un cultivo horizontal. Los rendimientos de los tres tratamientos del presente estudio superaron al rendimiento obtenido por un cultivo tradicional de cebollín.

##### **9.3.1.4. Romero**

El mayor rendimiento de romero se presentó en el tratamiento MS 18.1 g/173 cm<sup>2</sup>, seguido del tratamiento SD 14.8 g/173 cm<sup>2</sup> y el peor rendimiento se presentó en el tratamiento LdC 13.3 g/1cm<sup>2</sup>. La Fundación para la Innovación Agraria (2019) reportó 10000 kg/ha, lo que equivale a 16.8 g/173 cm<sup>2</sup>, el cultivo de la literatura se obtuvo en un cultivo horizontal. El rendimiento del tratamiento MS superó al rendimiento obtenido por un cultivo tradicional de romero.

#### **9.3.1.5. Perejil**

El mayor rendimiento de perejil se presentó en el tratamiento MS 10.1 g/173 cm<sup>2</sup>, seguido del tratamiento SD 9.2 g/173 cm<sup>2</sup> y el peor rendimiento se presentó en el tratamiento LdC 6.8 g/173 cm<sup>2</sup>. Saavedra-Del Real *et al.* (2019) reportó 20 ton/ha, lo que equivale a 33.6 g/173 cm<sup>2</sup>, el cultivo de la literatura se obtuvo en un cultivo horizontal.. Ninguno de los tratamientos superó la producción en cultivo tradicional de perejil.

### **9.3.2. Experimento 2**

#### **9.3.2.1. Albahaca**

El mayor rendimiento obtenido se presentó en el tratamiento MS 15.5 g/173 cm<sup>2</sup> (por bolsa), el tratamiento LdC presentó un rendimiento de 8.9 g/173 cm<sup>2</sup> y el tratamiento un rendimiento menor (6.6 g/173 cm<sup>2</sup>). Medicamentos Herbarios Tradicionales, (2010) reporta 15 ton/ha, lo que equivale a 25.2 g/168 cm<sup>2</sup>, el cultivo de la literatura se obtuvo en un cultivo horizontal. Ninguno de los tratamientos logró superar al rendimiento de cultivo tradicional de albahaca.

#### **9.3.2.2. Cilantro**

El mayor rendimiento de cilantro por bolsa se presentó en MS 8.2 g/173 cm<sup>2</sup>, seguido del tratamiento LdC 2.1 g/173 cm<sup>2</sup> y el menor rendimiento de cilantro se presentó en SD 0.0 g/173 cm<sup>2</sup>. Puga-Santos y Estrada Salazar (2008) reportan 3 ton/ha, lo que equivale a 5.04 g/173 cm<sup>2</sup>, el cultivo de la literatura se obtuvo en un cultivo horizontal. El tratamiento MS superó el rendimiento obtenido por el cultivo tradicional de cilantro.

#### **9.3.2.3. Cebollín**

El mayor rendimiento de cebollín se presentó en el tratamiento SD 14.1 g/173 cm<sup>2</sup>, seguido del tratamiento MS 13 g/173 cm<sup>2</sup> y el peor rendimiento se presentó en el tratamiento LdC 3.8 g/173 cm<sup>2</sup>. FINAGRO, (2017) reportó 33.4 kg/ha, lo que equivale a 0.05 g/173 cm<sup>2</sup>, el cultivo de la literatura se obtuvo en un cultivo horizontal. Los tres tratamientos superaron el rendimiento obtenido por el cultivo tradicional de cebollín.

#### **9.3.2.4. Romero**

El mayor rendimiento de romero se presentó en el tratamiento SD 31.4 g/173 cm<sup>2</sup>, seguido del tratamiento MS 29.9 g/173 cm<sup>2</sup> y el peor rendimiento se presentó en el

tratamiento LdC 18.6 g/173 cm<sup>2</sup>. La Fundación para la Innovación Agraria (2019) reportó 10000 kg/ha, lo que equivale a 16.8 g/173 cm<sup>2</sup>, el cultivo de la literatura se obtuvo en un cultivo horizontal. Los tres tratamientos superaron el rendimiento obtenido por el cultivo tradicional de romero.

#### **9.3.2.5. Perejil**

El mayor rendimiento de perejil se presentó en el tratamiento MS 21.1 g/173 cm<sup>2</sup>, seguido del tratamiento SD 14.5 g/173 cm<sup>2</sup> y el peor rendimiento se presentó en el tratamiento LdC 8.6 g/173 cm<sup>2</sup>. Saavedra-Del Real *et al.* (2019) reportó 20 ton/ha, lo que equivale a 33.6 g/173 cm<sup>2</sup>, el cultivo de la literatura se obtuvo en un cultivo horizontal. Ninguno de los tratamientos superó el rendimiento del cultivo tradicional de perejil.

## **X. Conclusiones**

Las cinco especies aromáticas presentaron diferencias en el crecimiento en relación a los tres tratamientos de luz.

Bajo condiciones de sol directo y media sombra las cinco especies se establecen de manera adecuada, aunque el rendimiento se mejora a media sombra, mientras que bajo luz artificial solo la albahaca, el cebollín y perejil se pueden cultivar satisfactoriamente.

Todas las especies bajo el sistema de luz adecuado, alcanzan la floración.

Los mejores resultados de crecimiento y supervivencia se presentaron al utilizar un solo sustrato para las cinco especies aromáticas, en donde a menor conductividad eléctrica las especies presentaron un mayor crecimiento.

El rendimiento de las especies bajo sol directo y lámparas de crecimiento fue menor a MS y similar entre ellos.

Las cinco especies aromáticas pueden ser cultivadas de forma general, bajo temperaturas menores a 25°C y humedad relativa menor a 40%.

Es factible la instalación de huertos verticales en las cocinas mexicanas con diferente disponibilidad de luz, así en las cocinas que cuentan con mayor cantidad de luz se pueden cultivar las cinco especies, y aquellas con menor disponibilidad de luz se pueden instalar lámparas LED pero solo para cultivar albahaca, cebollín y perejil.

## **XII. Recomendaciones**

- Propagar al perejil en charola al voleo, ya que, al propagarlo en almácigo, los porcentajes de emergencia no superan el 10%.
- Realizar el cultivo de las especies aromáticas en el sustrato que consiste en tierra, vermiculita, tezontle y bocashi en proporciones 60:15:15:10, ya que este genera un alto porcentaje de supervivencia y crecimiento en las cinco especies aromáticas.
- Colocar un ventilador cuando la humedad relativa supera el 50%, ya que esto favorece el crecimiento y supervivencia de las especies aromáticas.
- Regar al cilantro de tres a cuatro veces por semana para favorecer su crecimiento.
- Regar al romero de una a dos veces por semana para favorecer su crecimiento.
- Realizar una fertilización con té de bocashi cada seis semanas, ya que esto permite que las especies aromáticas crezcan apropiadamente.

## XI. Referencias

1. ACOM (2017). *Malla mosquitera Ficha técnica*. Agrocomponentes SLU. Consultado el 20 de septiembre de 2022 en: [http://www.agrocomponentes.es/wp-content/uploads/2021/10/943-Malla-6X6\\_0.pdf](http://www.agrocomponentes.es/wp-content/uploads/2021/10/943-Malla-6X6_0.pdf)
2. AGEXPORT Agrícola<sup>1</sup> (2021). *Albahaca, Ocimum basilicum*. Unión EUROPEA. Proyecto Mipymes y Cooperativas + Competitivas. Consultado el 20 de junio de 2023 en: <https://www.export.com.gt/documentos/guia-de-cultivos/guia-de-cultivo-de-albahaca.pdf>
3. AGEXPORT Agrícola<sup>2</sup> (2021). *Romero, Salvia rosmarinus*. Unión EUROPEA. Proyecto Mipymes y Cooperativas + Competitivas. Consultado el 21 de junio de 2023 en: <https://www.export.com.gt/documentos/guia-de-cultivos/guia-de-cultivo-de-romero.pdf>
4. Agyare, C., Appiah, T., Boakye, YD, & Apenteng, JA (2017). *Petroselinum crispum: a review*. Medicinal spices and vegetables from Africa, 527-547 pp.
5. Ahmad, T., Tanveer-Shah S., Ullah, F., Ghafoor F., y Anwar, U., (2017). *Effect of organic fertilizers on growth and yield of coriander*. International Journal of Agricultural and Environmental Research. ISSN 2518-6116.
6. Al-Howiriny, A., Al-Sohaibani, MO, El-Tahir, KH, & Rafatullah, S. (2003). *Preliminary evaluation of the anti-inflammatory and anti-hepatotoxic activities of "Parsley" Petroselinum crispum in rats*. Journal of Natural Remedies. Vol. 3/1 (2003) 54 – 62.
7. Altieri, MA, & Nicholls, CI (2020). *La Agroecología en tiempos del COVID-19*. Centro Latinoamericano de Investigaciones Agroecológicas (CELIA), 35(5), 1-7.
8. Altinier, G., Sosa, S., Aquino, RP, Mencherini, T., Loggia, RD, & Tubaro, A. (2007). *Characterization of topical antiinflammatory compounds in Rosmarinus officinalis L.* Journal of agricultural and food chemistry, 55(5), 1718-1723 pp.
9. Andrade JM, Faustino C., García C., Ladeiras, D., Preis C., y Rijo, P. (Abril, 2018). *Rosmarinus officinalis L.: an update review of its phytochemistry and biological activity*. Future Science Ltd. Vol. 4. Issue 4. Consultado el 03 de marzo de 2023 en: <https://www.future-science.com/doi/epub/10.4155/fsoa-2017-0124>
10. ARAUCO (2015). *Cómo Diseñar y Construir Correctamente una Cocina*. Araucosoluciones. Consultado el 07 de marzo de 2022 en: [https://neufert-cdn.archdaily.net/uploads/product\\_file/file/65353/Diseñar\\_una\\_cocina\\_corre ctamente\\_Melamina\\_VESTO\\_RH.pdf](https://neufert-cdn.archdaily.net/uploads/product_file/file/65353/Diseñar_una_cocina_corre ctamente_Melamina_VESTO_RH.pdf)
11. Arteaga López, MB (2020). *Estudio de factibilidad y viabilidad de huertos verticales en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

12. Arvy M., Gallouin F. (2007). *Especias, aromatizantes y condimentos*. Ediciones Mundi Prensa. España, 41 1:99-101
13. Barasoain, R. (2005). *La albahaca, en la huerta y en la cocina*. La fertilidad de la tierra. Revista de agricultura ecológica. No. 22. ISSN: 1138-6193. Pp. 52-53.
14. Barbaro, AL, Karlanian, MA, y Mata, DA (2014). *La importancia del pH y la conductividad eléctrica (CE) en los sustratos para las plantas*. INTA. Consultado el 08 de marzo de 2022 en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_-\\_importancia\\_del\\_ph\\_y\\_la\\_conductividad\\_elctrica.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf)
15. Benavides HNH (septiembre, 2007). *Guía práctica para la exportación a EE.UU.* Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura Representación del IICA en Nicaragua. Consultado el 20 de diciembre de 2022 en: <http://repiica.iica.int/docs/B3444e/b3444e.pdf>
16. Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>1</sup> (2009). *Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana: Albahaca*. Consultado el 27 de julio de 2023 en: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/apmtm/termino.php?l=3&t=albahaca-oc>
17. Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>2</sup> (2009). *Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana: Cilantro*. Consultado el 27 de julio de 2023 en: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/apmtm/termino.php?l=3&t=cilantro>
18. Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>3</sup> (2009). *Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana: Cebollín*. Consultado el 27 de julio de 2023 en: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/apmtm/termino.php?l=3&t=cebollin-as>
19. Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>4</sup> (2009). *Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana: Romero*. Consultado el 27 de julio de 2023 en: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/apmtm/termino.php?l=3&t=romero>
20. Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana<sup>5</sup> (2009). *Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana: Perejil*. Consultado el 27 de julio de 2023 en: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/apmtm/termino.php?l=3&t=perejil>
21. Birchler, TA., Royo, A., y Pardos, M. (2008). *La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica*. Forest Systems, 7(1), 109-121. Consultado el 15 de marzo de 2022 de:



- [https://www.researchgate.net/publication/28052581\\_La\\_planta\\_ideal\\_Revisi\\_ on\\_del\\_concepto\\_parametros\\_definitorios\\_e\\_implementacion\\_practica](https://www.researchgate.net/publication/28052581_La_planta_ideal_Revisi_ on_del_concepto_parametros_definitorios_e_implementacion_practica)
22. Bures, S., Urrestarazu-Gavilán, M., y Kotiranta, S. (2018). *Iluminación artificial en agricultura*. Technical Report. Research Gate. Consultado el 24 de julio de 2023 en: <https://www.researchgate.net/publication/322821562>
  23. Cabrera, RI (1998). *Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta*. Department of Plant Science, The State University of New Jersey, Rutgers. Consultado el 03 de octubre de 2023 en: [https://www.researchgate.net/profile/Raul-Cabrera/publication/259910311\\_Propiedades\\_uso\\_y\\_manejo\\_de\\_sustratos\\_de\\_cultivo\\_para\\_la\\_produccion\\_de\\_plantas\\_en\\_maceta/links/0046352f13c3e0eb5f000000/Propiedades-uso-y-manejo-de-sustratos-de-cultivo-para-la-produccion-de-plantas-en-maceta.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Raul-Cabrera/publication/259910311_Propiedades_uso_y_manejo_de_sustratos_de_cultivo_para_la_produccion_de_plantas_en_maceta/links/0046352f13c3e0eb5f000000/Propiedades-uso-y-manejo-de-sustratos-de-cultivo-para-la-produccion-de-plantas-en-maceta.pdf)
  24. Caicedo-Rosero, LC, Méndez-Ávila, FJ, Gutiérrez-Zeferino, E., y Flores-Cuautle, JJA (2021). *Medición de humedad en suelos: Revisión de métodos y características*. Pádi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI vol.9, núm. 17, 1-8, 2021. ISSN-e: 2007-6363. Consultado el 26 de julio de 2023 en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/595/5952727005/5952727005.pdf>
  25. Charles, DJ (2013). *Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources: Parsley*. Springer.
  26. Cortés-Rojas Ma E y Pérez-Trujillo, Ma M (2014). *El cultivo de romero (Rosmarinus officinalis L.)*. Universidad Militar Nueva Granada.
  27. Davis J. (1994). *Chives Horticulture Information Leaflet*. Department of Horticultura Science 124: 1-2.
  28. de las Rivas, J. (2013). *Fundamentos de fisiología vegetal*. McGraw-Hill - Interamericana de España, S. L.
  29. Del Villar Ruiz de la Torre JA, y Melo Herráiz E., (2010). *Guía de plantas medicinales del Magreb*. Monografía de Laurel. Fundación Dr. Antoni Steve. Consultado el 03 de mayo de 2023 en: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjO8r\\_k09n-AhW\\_J0QIHWhCA7UQFnoECBsQAQ&url=https%3A%2F%2Ffraco.cat%2Findex.php%2FQuadernsFDAE%2Farticle%2Fdownload%2F254929%2F341910%2F&usg=AOvVaw0cFU9UAT\\_kNk2mb9HMwenw](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjO8r_k09n-AhW_J0QIHWhCA7UQFnoECBsQAQ&url=https%3A%2F%2Ffraco.cat%2Findex.php%2FQuadernsFDAE%2Farticle%2Fdownload%2F254929%2F341910%2F&usg=AOvVaw0cFU9UAT_kNk2mb9HMwenw)
  30. Dorais, M., Brégar, A., Ménard, C., Dansereau, B., Zyromski, N., y Pepin, S. (2020). *Indoor living green walls of aromatic plants lit with LEDs*. In XXX International Horticultural Congress IHC2018: International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants, Culinary Herbs and 1287 (pp. 117-126).
  31. Elieser, EG (2014). *Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili, Timor Leste*. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 52(2), 270-277. Consultado el 08 de abril de 2023 en:

- [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1561-30032014000200011&script=sci\\_arttext&lng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1561-30032014000200011&script=sci_arttext&lng=pt)
32. González-Estrada, E., Villaseñor, J.A. & Acosta-Pech, R. Shapiro-Wilk test for multivariate skew-normality. *Comput Stat* 37, 1985–2001 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00180-021-01188-y> Consultado el 17 de marzo de 2024 en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00180-021-01188-y>
  33. Estrada-Jeréz, DH, Marroquín-Castañeda, RJ, Sagüil-Barrera, JL, Valiente de León, FR, Casasola-Carranza, AR, Suchini-Ramírez, JG, y Estrada-Moreira KS, (2021). *Romero, Salvia rosmarinus*. AGEXPORT Agrícola. Consultado el 21 de diciembre de 2022 en: <https://www.export.com.gt/documentos/guia-de-cultivos/guia-de-cultivo-de-romero.pdf>
  34. FAO (1999). *La agricultura urbana y periurbana*. 15o período de sesiones. Comité de Agricultura. Roma.
  35. FAO (2001). *Factores ambientales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*.
  36. Farzaei, MH, Abbasabadi, Z., Ardekani, MRS, Rahimi, R., y Farzaei, F. (2013). *Parsley: a review of ethnopharmacology, phytochemistry and biological activities*. *Journal of traditional Chinese medicine*, 33(6), 815-826 pp.
  37. Fernández J. (2004). *Incidencia y caracterización morfológica, patogénica y genética de *Alternaria* spp., en cultivos de cebolla del sur de Puerto Rico*. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez
  38. Fernández, E. (2013). *Neza fomentará muros verdes*. El Universal Consultado el 26 de junio de 2023 en: <http://m.eluniversal.com.mx/notas/estado-de-mexico/neza-fomentara-muros-verdes.html>
  39. Fernández, M. (2015). *Huertos Verticales*. Consultado el 07 de marzo de 2022, en: [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/urbano/2015/01/22/221330.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2015/01/22/221330.php).
  40. Fernández, V. (2004). *Fichas de cultivo de especies aromáticas tradicionales. En: Estudios de Domesticación y cultivo de especies medicinales y aromáticas nativas*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Uruguay p. 1-261
  41. Fersini, A. (1976). *Horticultura orgánica*. Editorial Diana.
  42. FINAGRO (2017). *Agroguía. Marco de referencia Agroeconómico. Cebollín*. Finagro. Consultado el 26 de junio de 2023 en: [https://www.finagro.com.co/sites/default/files/cebollin\\_nortedesantander.pdf](https://www.finagro.com.co/sites/default/files/cebollin_nortedesantander.pdf)
  43. Fundación para la Innovación Agraria (2019). *Producción de romero y Tomillo*. Chile: Potencia Alimentaria y Forestal. Consultado el 26 de junio de 2023 en:

- [https://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/2064/23\\_Ficha\\_RomeroTomillo.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/2064/23_Ficha_RomeroTomillo.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
44. Gao, S., Liu, X., Liu, Y., Cao, B., Chen, Z., y Xu, K. (2021). *Comparison of the effects of LED light quality combination on growth and nutrient accumulation in green onion (Allium fistulosum L.)*. Springer link. Consultado el 15 de junio de 2023 en: <https://doi.org/10.1007/s00709-020-01593-y>
  45. García Suárez MaD, y Serrano, H. (2013). *Cebollín Allium schoenoprasum L. (Liliaceae) Hierba culinaria*. TecnoAgro Avances Tecnológicos y Agrícolas. Consultado el 08 de marzo de 2022 en: <https://tecnoagro.com.mx/no.-83/cebollin-allium-schoenoprasum-l-liliaceae-hierba-culinaria>
  46. Gemez-Jiménez, J. (2012). *¿Cuánto mide una cocina?*. G arquitectos. Consultado el 02 de marzo de 2022 en: <http://www.garquitectos.es/2012/08/20/cuanto-mide-una-cocina/>
  47. Gómez, F. (2005). *Las zonas verdes como factor de calidad de vida en las ciudades*. CIUDAD Y TERRITORIO Estudios Territoriales, XXXVII (144).
  48. González-Palomares, S. (Marzo, 2020). *Principales propiedades y usos de la albahaca (Ocimum basilicum L.)*. ResearchGate. Consultado el 03 de marzo de 2023 en: [https://www.researchgate.net/publication/340310503\\_Principales\\_propiedades\\_y\\_usos\\_de\\_la\\_albahaca\\_Ocimum\\_basilicum\\_L](https://www.researchgate.net/publication/340310503_Principales_propiedades_y_usos_de_la_albahaca_Ocimum_basilicum_L)
  49. González-Zertuche, L., y Orozco-Segovia, A. (1996). *Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: Manfreda brachystachya*. Botanical Sciences, (58), 15-30. Consultado el 23 de Octubre de 2022 de: [https://www.researchgate.net/publication/284666517\\_Metodos\\_de\\_analisis\\_de\\_datos\\_en\\_la\\_germinacion\\_de\\_semillas\\_un\\_ejemplo\\_Manfreda\\_brachystachya](https://www.researchgate.net/publication/284666517_Metodos_de_analisis_de_datos_en_la_germinacion_de_semillas_un_ejemplo_Manfreda_brachystachya)
  50. Guadarrama-Brito, M., & Galván Fernández, A. (2015). *Impacto del uso de agua residual en la agricultura*. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias, 4(7), 1-23. Consultado el 08 de abril de 2023 en: <http://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/download/29/83/0>
  51. Guerrero, R. (1998). *Fertilización en cultivos de clima frío*. Monómeros Colombo Venezolanos S.A. (EMA) 425 p.
  52. Hernán, P. (septiembre, 2020). Cilantro. Consultado el 18 de julio de 2022 en: <https://www.hola.com/estar-bien/galeria/20200909174909/remedios-caseros-con-cilantro/1/>
  53. Hernández-Campuzano, AG (2014). *Huertos familiares una estrategia para la sustentabilidad y seguridad alimentaria: aplicado en la comunidad de Santa María del Monte; Zinacantepec, Estado de México*. Universidad Autónoma del Estado de México.
  54. Huertos Verticales Reciclados (2014). *Que son los huertos verticales reciclados*. Consultado el 07 de marzo de 2022, en: <https://huertos-verticales-reciclados.webnode.mx/que-son-los-huertosverticales-reciclados/>

55. INECOL, (2020). Albahaca *Ocimum basilicum*. Consultado el 19 de diciembre de 2022 en: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/planta-del-mes/37-planta-del-mes/721-albahaca>
56. INTAGRI (2021). *El cultivo de Cilantro*. Serie Hortalizas, Núm. 27. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. Consultado el 20 de diciembre de 2022 en: <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/el-cultivo-de-cilantro>
57. Japón Quintero, J. (1985). *Cultivo de Perejil y de la hierbabuena*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
58. Jawaad-Atif, M., Amin, B., Imran-Gahni, M., Hayat, S., Ali, M., Zhang, Y., y Cheng, Z. (2019). *Influence of different photoperiod and Temperature regimes on Growth and Bulb Quality of Garlic (Allium sativum L.) Cultivars*. *Agronomy* 2019, 9(12), 879. Consultado el 15 de junio de 2023 en: doi:10.3390/agronomy9120879
59. Juárez-Rosete, CR, Aguilar-Castillo, JA, Juárez-Rosete, ME, Bugarín-Motoya, R., Juárez-López, P. y Cruz-Crespo, E. (2013). *Hierbas aromáticas y medicinales en México: tradición e innovación*. CONACYT.
60. La Molina, (2000). *Perejil*. Consultado el 08 de marzo de 2022 en: [http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/Publicaciones/Datos%20básicos/8-p81%20a%20p95%20\(de%20perejil%20a%20sandia\).pdf](http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/Publicaciones/Datos%20básicos/8-p81%20a%20p95%20(de%20perejil%20a%20sandia).pdf)
61. Laribi, B., Kouki, K., M'Hamdi, M. & Bettaieb, T. (2015). *Coriander (Coriandrum sativum L.) and its bioactive constituents*. NIH: National Library of Medicine 1-17 pp.
62. Leo Lobato, K. (2021). *La Agricultura Vertical impulsa la BioEconomía Circular en México*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Consultado el 27 de octubre de 2023 en: <https://iica.int/sites/default/files/2021-03/2021%200323%202%202%20Leo%20Lobato%20KVF.pdf>
63. Leopold, A. y Kriedemann, P. (1975). *Plant growth and development*. New York: McGraw-Hill Inc. 545 pp.
64. Liebman, M. (1999). *Agroecología. Capítulo 9: Sistemas de policultivos*. Editorial Nordan-Comunidad. 191 pp.
65. López-Reyes, E. (1999). *Estudio de las Unidades Calor y Fotoperiodo en el Desarrollo del Cultivo de Cilantro (Coriandrum sativum L.)*. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" División Agrónoma.
66. Mandal, S., y Mandal, M. (2015). *Coriander (Coriandrum sativum L.) essential oil: chemistry and biological activity*. *Asian Pacific of Tropical Biomedicine* 2015; 5(6): 421-426 pp.
67. Martínez-Najera, V. (2016). *Estudio de factibilidad de un modelo de muro verde para la producción de hortalizas de hoja*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.
68. Masabni, J. y Lillard, P. (2014). *Jardinería fácil*. Texas A&M Agrilife Extension. Consultado el 15 de junio de 2023 en: [131](https://aggie-</a></li>
</ol>
</div>
<div data-bbox=)

- horticulture.tamu.edu/vegetable/wp-content/uploads/sites/10/2013/09/EHT-032S-cilantro.pdf
69. Matysiak, B., & Kowalski, A. (2021). *The growth, photosynthetic parameters and nitrogen status of basil, coriander and oregano grown under different led light spectra*. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 20(2), 13-22. Consultado el 11 de julio de 2023 en: [https://www.researchgate.net/publication/351474295\\_THE\\_GROWTH\\_PHOTOSYNTHETIC\\_PARAMETERS\\_AND\\_NITROGEN\\_STATUS\\_OF\\_BASIL\\_CORIANDER\\_AND\\_OREGANO\\_GROWN\\_UNDER\\_DIFFERENT\\_LED\\_LIGHT\\_SPECTRA](https://www.researchgate.net/publication/351474295_THE_GROWTH_PHOTOSYNTHETIC_PARAMETERS_AND_NITROGEN_STATUS_OF_BASIL_CORIANDER_AND_OREGANO_GROWN_UNDER_DIFFERENT_LED_LIGHT_SPECTRA)
  70. Medicamentos Herbarios Tradicionales (2010). *Salvia*. *Salvia officinalis L.* PROTEGE Red de Protección Social. Gobierno de Chile. Consultado el 15 de marzo de 2022 en: <https://www.minsal.cl/portal/url/item/7d9a8480e0811613e04001011e01021b.pdf>
  71. Medina-García, EA (2011). *Ergonomía en el diseño de cocinas*. Reportes Técnicos de Investigación IADA.
  72. Méndez-Otero, AC, y Castellanos-González, L. (2019). *Eficacia de la tierra de diatomeas y la cal sobre aríonidos y agrioclimácidos*. Ciencia Tecnológica Agropecuaria, Mosquera (Colombia). 20(3): 579-593. ISSN: 0122-8706 Consultado el 26 de junio de 2023 en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v20n3/0122-8706-ccta-20-03-00579.pdf>
  73. Mijani, D., Eskandarinasrabadi S., Zarghani, H., Ghias-Abadi, M., (2013). *Seed germination and early growth responses of Hyssop, Sweet basil and Oregano to Temperature Levels*. Academic Pres. Notulae Scientia Biologicae. Consultado el 15 de junio de 2023 en: <https://www.notulaebiologicae.ro/index.php/nsb/article/view/9164>
  74. Miller, C., y Drost, D., (2018). *El cilantro en el Huerto*. Horticulture. Extension Utah State University. Consultado el 23 de junio de 2023 en: <https://extension.usu.edu/productionhort/files/El-Cilantro-en-el-Huerto.pdf>
  75. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (2011). *Coriandrum Sativum*. Ficha técnica del coriandro. Consultado el 08 de marzo de 2022 en: [http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/aromaticas/productos/Coriandro\\_2011\\_07Jul.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/aromaticas/productos/Coriandro_2011_07Jul.pdf)
  76. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, (2011). *Coriandrum Sativum*. Ficha técnica del coriandro.
  77. Momin AH, Acharya, SS, & Gajjar, VA (2012). *Coriandrum sativum* review of advances in phytopharmacology. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. Vol. 3(5): 12333-1239.
  78. Morales JP (1995). *Cultivo de cilantro, cilantro ancho y perejil*. Fundación de Desarrollo Agropecuaria, INC. Boletín técnico No. 25.

79. Morales-Galván, O. (2018). *Estudio de evaluación de efectividad biológica de PROFORTUM (extracto de materia orgánica 20% + ácidos húmicos y fúlvicos al 1% + extractos de algas marinas 79%) como fertilizante orgánico para el desarrollo radicular vegetativo en el cultivo del cebollín*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
80. Navarro, FHN, & Torres, LMP (2012). *Los diseños verticales y la agricultura unidos para la producción de alimentos en los Módulos para Huertas Urbanas Verticales*. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 3(2), 73-84.
81. Orozco, M. (2014). *El huerto urbano, cultivo ecológico: Modelos para su establecimiento en balcones, paredes, terrazas y azotear*. Ediciones OVA. 148 pp.
82. Padilla, BR, y Goyes-Acosta RI, (2004). *Botánica. Generalidades, Morfología y Anatomía de plantas superiores*. Universidad del Cauca Consultado el 10 de Octubre de 2022 de: [https://www.researchgate.net/publication/305566736\\_Botanica\\_Generalidades\\_Morfologia\\_y\\_Anatomia\\_de\\_plantas\\_superiores](https://www.researchgate.net/publication/305566736_Botanica_Generalidades_Morfologia_y_Anatomia_de_plantas_superiores)
83. Parvu, AE, Parvu, M., Vlase, L., Miclea, P., Mot, AC, y Silaghi-Dumitrescu, R. (2014). *Anti-inflammatory effects of Allium Scrhoenoprasum L. leaves*. JOURNAL OF PHYSIOLOGY AND PHARMACOLOGY 2014, 65, 2, 309-315. Consultado el 03 de marzo de 2023 en: [https://www.researchgate.net/profile/Laurian-Vlase/publication/261997464\\_Anti-inflammatory\\_effects\\_of\\_Allium\\_Schonoprasum\\_L\\_leaves/links/004635368676e8b26d000000/Anti-inflammatory-effects-of-Allium-Schonoprasum-L-leaves.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Laurian-Vlase/publication/261997464_Anti-inflammatory_effects_of_Allium_Schonoprasum_L_leaves/links/004635368676e8b26d000000/Anti-inflammatory-effects-of-Allium-Schonoprasum-L-leaves.pdf)
84. Podlaski S., Chrobak, Z., y Wyszowska, Z. (2003). *The effect of parsley seed hydration treatment and pelleting on seed vigour*. Faculty of Agronomy, Warsaw Agricultural University, Warsaw, Poland. Consultado el 15 de junio de 2023 en: [https://www.researchgate.net/publication/242231192\\_The\\_effect\\_of\\_parsley\\_seed\\_hydration\\_treatment\\_and\\_pelleting\\_on\\_seed\\_vigour](https://www.researchgate.net/publication/242231192_The_effect_of_parsley_seed_hydration_treatment_and_pelleting_on_seed_vigour)
85. MHT (enero, 2010). *Albahaca (Ocimum basilicum L.)*. Gobierno de Chile. Ministerio de salud. Consultado el 01 de marzo de 2023: <https://www.minsal.cl/portal/url/item/7d983cf52ca38bd6e04001011e011da0.pdf>
86. O'Neill, M. E., & Mathews, K. L. (2002). Levene tests of homogeneity of variance for general block and treatment designs. Biometrics, 58(1), 216-224. Consultado el 17 de marzo de 2024 en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1467-842X.00109>
87. Puente-Gómez, NA, López-Castro RD, Galicia-Badillo, A. y Velázquez-Gacía EP (2016). *Implementación de huerto vertical sostenible en un área urbana residencial de Poza Rica de Hidalgo, Veracruz*. Editorial Agrícola Tuxpan.

88. Puga-Santos, BE, y Estrada Salazar, EI, (2008). *Producción y beneficio de semilla de cilantro*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia.
89. Quijano Parra, A., Castillo, C., y Meléndez Gélvez, I. (2015). *Potencial mutagénico y genotóxico de aguas residuales de la curtiembre tasajero en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia*. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 18(1), 13-20. Consultado el 08 de abril de 2023 en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262015000100003](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262015000100003)
90. Quiroz-Herrera, MN (2014). *Evaluación del efecto de seis tratamientos térmicos en la germinación de la albahaca dulce (Ocimum basilicum)*. Escuela Arícola Panamericana, Zamorano. Consultado el 15 de junio en: <https://bdigital.zamorano.edu/items/e4f39ea2-f340-4297-b29c-ee7cf9248b49>
91. Raffo, A., Mozzanini, e., Ferrari-Nicoli, S., Lupotto, E., y Cervelli C., (2019). Effect of light intensity and wáter availability on plant growth, essential oil production and composition in *Rosmarinus officinalis* L. Springer-Verlag. Consultado el 15 de junio de 2023 en: <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03396-9>
92. Ramos-González, R., Orozco-Almanza, MS, Monroy-Ata, A., y Rojas-Cortés, MDJ (2019). *Cultivo de tres especies aromáticas en un huerto vertical con dos abonos orgánicos*. Agro Productividad, 12(3). Consultado el 04 de marzo de 2022 en: <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1151/1112>
93. Rincón HDH, (2020). *Cebolla de rama*. Eco Huertas Caseras. Consultado el 20 de junio de 2023 en: <https://dejardines.com/wp-content/uploads/Cebolla-de-Rama.pdf>
94. Romero, E. (2013). *Modelo de producción de cultivos asociados, bajo la influencia de las fases lunares, utilizando camas biointensivas*. UNAM-FES Zaragoza. México, D.F. 69 pp.
95. Ross, A., Willson, V.L. (2017). One-Way Anova. In: Basic and Advanced Statistical Tests. SensePublishers, Rotterdam. [https://doi.org/10.1007/978-94-6351-086-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-6351-086-8_5) Consultado el 17 de marzo de 2024 en: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-6351-086-8\\_5](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-6351-086-8_5)
96. Saavedra Del Real G., Jana Ayala, C., y Kehr Mellado, E. (2019). *Perejil (Petroselinum sp.)*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. Ministerio de Agricultura. Consultado el 20 de diciembre de 2022 en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6818/Capitulo%205.%20Perejil.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
97. Samperio, G. (1997). *Hidroponía básica: El cultivo fácil y rentable de plantas sin tierra*. Editorial Diana 153 pp.

98. Sanca-Mendoza, (2018). Manejo del cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum*) Var. Genovessa para planta procesadora agroindustrial La Joya S.A.C. – Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
99. Sánchez Govín, E., Leal López, IM, Fuentes Hernández, L., & Rodríguez Ferrada, CA (2000). *Estudio farmacognóstico de Ocimum basilicum L. (albahaca blanca)*. Revista Cubana de Farmacia, 34(3), 187-195.
100. Sastriques, FO, & Gallego, RO (2007). *El riego con aguas de mala calidad en la agricultura urbana. Aspectos a considerar. II. Aguas residuales urbanas*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 16(3), 25-27.
101. SIAP (2016). *Producción Orgánica*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.
102. Singh, V., Chauhan, G., Krishan, P., y Shri, R. (2018). *Allium schoenoprasum L.: a review of phytochemistry, pharmacology and future directions*. Natural product research, 32(18), 2202-2216.
103. Small, E., (1997) *Herbs Culinary NRC*. Research Press. 2ed.
104. Štajner, D., Čanadanović-Brunet, J., y Pavlović, A. (2004). *Allium schoenoprasum L., as a natural antioxidant*. Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives, 18(7), 522-524 pp.
105. Sutulien ER, Laužik EK, Pukas, T., Samuolien EG (2022). *Effect of Light Intensity on the Growth and Antioxidant Activity of Sweet Basil and Lettuce*. Plants, 11, 1709.
106. Tránsito López Luengo, M. (julio, 2008). El romero. Planta aromática con efectos antioxidantes. Elsevier. Vol. 27 Núm. 7 Consultado el 18 de julio de 2022 en: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-el-romero-planta-aromatica-con-13124840>
107. Universidad de California (2016). *Manejo Integrado de Plagas: Babosas y caracoles*. Programa de IPM para todo el estado de la Universidad de California. Consultado el 25 de junio de 2023 en: [https://cchp.ucsf.edu/sites/g/files/tkssra181/f/SnailsSlugs\\_FCCH\\_IPM\\_Sp.pdf](https://cchp.ucsf.edu/sites/g/files/tkssra181/f/SnailsSlugs_FCCH_IPM_Sp.pdf)
108. Vallejo-Carreón, SI (2017). *Evaluación del efecto de dos sustratos adicionados con zeolita en la emergencia, establecimiento y vigor de tres especies de hortalizas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.
109. Vibrans, H. (2009). *Ocimum micranthum Willd. Albahaca de monte*. CONABIO. Consultado el 08 de marzo de 2022 en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/lamiaceae/ocimum-micranthum/fichas/ficha.htm>
110. Villalobos, E., López, M., Alcalá, V., Aldrete, A. y Suárez, J. (2014). *Prácticas culturales en vivero que influyen en la calidad de la planta de Enterolobium cyclocarpum*. Bosque, 35 (3), 301-309.



111. Walters KJ, Lopez RG (2021). *Modeling growth and development of hydroponically grown dill, parsley, and watercress in response to photosynthetic daily light integral and mean daily temperature. PLUS ONE* 16(3): e0248662.
112. Yepes, A., y Silveira-Buckeridge M. (2011). *Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global*. SCiELO. Colomb. for. vol.14 no.2 Bogotá July/Dec. 2011. Consultado el 24 de julio de 2023 en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-07392011000200006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-07392011000200006&script=sci_arttext)

### XIII. Anexos

#### Anexo 1. Preparación de bocashi

El bocashi se realizó de acuerdo con la receta del vivero “Chimalxochipan” (Cuadro 49).

Cuadro 49. Materiales a utilizar para preparar 84 kilogramos de bocashi.

Cantidad	Material
20 kg	Salvado de trigo
40 kg	Tierra negra
25 kg	Estiércol de borrego
5 kg	Cascarilla de arroz carbonizada
2 L	Melaza
5 kg	Carbón molido
800 g	Roca fosfórica
800 g	Zeolita
800 g	Roca potásica
800 g	Dolomita
800 g	Arcilla roja
34 g	Levadura
3 kg	Microorganismos eficientes

El procedimiento se divide en siete pasos:

1. Dividir los materiales en tres porciones iguales para aplicar tres capas de cada material.
2. Sobre un plástico extendido colocar una capa de cascarilla de arroz carbonizada, sobre esta una capa de tierra negra, salvado de trigo, carbón molido, estiércol de borrego para finalizar espolvoreando las rocas y levadura. Es importante humedecer con la melaza diluida en agua entre las capas.

3. Posteriormente la segunda porción de los materiales se debe aplicar, asegurándose de no humedecer en exceso.
4. Repetir con la última porción de los materiales para terminar la pila, humedeciendo con el resto de la melaza y agua.
5. La pila debe ser volteada en dirección contraria a como fue apilada.
6. Al terminar el volteo hacer la prueba del puño para comprobar su humedad, si ha pasado la prueba debe cubrirse con el plástico.
7. Durante los próximos cinco días la pila debe ser volteada cada día, comprobando la humedad y la temperatura de la pila, posteriormente el volteado se realizará cada semana.

## **Anexo 2. Entrevistas**

Las entrevistas se realizaron en la plataforma Google Forms y constó de tres partes. La primera parte consistió de los datos personales de los entrevistados, la segunda parte corresponde a la delimitación de los espacios de las cocinas mexicanas y la tercera parte consta de la selección de las especies aromáticas (Fig. 107)

# Encuesta de las cocinas mexicanas y las especias que más utiliza.

Nos presentamos por parte de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, parte de la Universidad Nacional Autónoma de México en proceso de tesis para obtener el título de Licenciada en Biología y deseamos su colaboración con esta encuesta, la cuál proporcionará datos importantes en esta investigación.

## 1. 1. Datos generales

### 1.1. Sexo

*Marca solo un óvalo.*

- Mujer
- Hombre
- Otro

## 2. 1.2. Edad

*Marca solo un óvalo.*

- 18-25 años
- 26-40 años
- 41-60
- +60

Figura 107. Datos generales de los entrevistados.

3. 1.3. Profesión u ocupación

*Marca solo un óvalo.*

- Comerciante
- Estudiante
- Personal de salud
- Ama(o) de casa
- Profesor(a)
- Personal de mantenimiento
- Conductor
- Artista
- Ninguno
- Otro

4. 1.4. Zona de vivienda

*Marca solo un óvalo.*

- Ciudad de México
- Estado de México
- Hidalgo
- Michoacán
- Puebla
- Querétaro
- Tlaxcala

2. Cocinas mexicanas

Características de sus cocinas

Figura 108. Segunda parte de los datos generales de los entrevistados.

5. 2.1. ¿Cuál es la altura de tu cocina?

*Marca solo un óvalo.*

- Menos de 1.80 metros
- Entre 1.80 a 2 metros
- Más de 2 metros

6. 2.2. ¿Cuáles son las medidas de ancho y largo de tu cocina?

---

---

---

---

---

7. 2.3. ¿Tu cocina cuenta con un espacio en la pared de 1.50 m de alto y 0.50 m de ancho?

*Marca solo un óvalo.*

- Sí
- No

8. 2.4. ¿Qué cantidad de luz hay en tu cocina?

*Marca solo un óvalo.*

- Luz solar filtrada
- Poca luz solar
- Luz artificial exclusivamente

9. 2.5. Si te es posible, sube una fotografía de tu cocina para ver mejor la iluminación.

Archivos enviados:

Figura 109. Delimitación de los espacios dentro de las cocinas mexicanas.

### 3. Plantas aromáticas o especias

Plantas aromáticas que más utiliza

10. 3.1. ¿Cuáles son las seis plantas aromáticas que se usan con más frecuencia en tu cocina?

---

---

---

---

---

Gracias por su colaboración



Figura 110. Especies aromáticas más utilizadas en las cocinas mexicanas.

## Anexo 3. Análisis de fertilidad de suelos

### Experimento 1

S-1072 corresponde al sustrato 1, S-1073 al sustrato 2, S-1074 al sustrato 3 y S-347 al abono orgánico.

Nº CONTROL	pH	C. E. dSm <sup>-1</sup>	M. O. %	N %	P %	K %	Na %	Ca %	Mg %
S-1072	6.31	1.26	14.66	0.48	0.15	0.47	0.30	0.59	0.28
S-1073	6.59	1.05	12.37	3.95	0.08	0.41	0.23	0.64	0.33
S-1074	8.49	0.63	5.92	0.37	0.12	0.46	0.30	0.83	0.41

Nº CONTROL	CIC Cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	Fe %	Cu mgKg <sup>-1</sup>	Zn mgKg <sup>-1</sup>	Mn mgKg <sup>-1</sup>	B mgKg <sup>-1</sup>	Dens. Apar. g cm <sup>-3</sup>	C/N
S-1072	31.3	2.26	55.00	83.25	291.75	263.31	0.57	35.6
S-1073	28.4	2.24	52.25	73.00	278.25	232.76	0.67	3.8
S-1074	17.9	1.34	34.00	73.50	219.25	217.48	0.86	25.8

Nº CONTROL	pH	C. E. dS m <sup>-1</sup>	M. O. %	N %	P %	K %	Ca %	Mg mg kg <sup>-1</sup>	Na %
S-347	7.17	7.87	24.20	1.49	0.77	2.65	0.91	2140.88	0.85

Nº CONTROL	C. L. C. cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	Fe %	Cu mg kg <sup>-1</sup>	Zn mg kg <sup>-1</sup>	Mn mg kg <sup>-1</sup>	B mg kg <sup>-1</sup>	Dens. Apar. g cm <sup>-3</sup>	C/N
S-347	58.76	0.52	39.75	547.00	189.50	93.69	0.68	13.4

Figura 111. Análisis de fertilidad de los sustratos empleados. S-1072: sustrato 1; S-1073: sustrato 2, S-1074: sustrato 3 y S-347: abono orgánico.

## Experimento 2

481 corresponde a sustrato empleado en el experimento y S-347 al abono orgánico.

Nº CONTROL	pH	C. E. dS m <sup>-1</sup>	M. O. %	N. Inorg. mg kg <sup>-1</sup>	P mg kg <sup>-1</sup>	K mg kg <sup>-1</sup>	Ca mg kg <sup>-1</sup>
481	6.85	0.70	7.40	24.5	4.19	942	2001

Nº CONTROL	Mg mg kg <sup>-1</sup>	Fe mg kg <sup>-1</sup>	Cu mg kg <sup>-1</sup>	Zn mg kg <sup>-1</sup>	Mn mg kg <sup>-1</sup>	B mg kg <sup>-1</sup>	Dens. Apar. g cm <sup>-3</sup>
481	2034	40.22	1.56	5.92	14.16	1.55	0.99

Nº CONTROL	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura
481	66.9	23.3	9.8	FRANCO ARENOSO



Nº CONTROL	pH	C. E. dS m <sup>-1</sup>	M. O. %	N %	P %	K %	Ca %	Mg mg kg <sup>-1</sup>	Na %
<b>S-347</b>	7.17	7.87	24.20	1.49	0.77	2.65	0.91	2140.88	0.85

Nº CONTROL	C. I. C. cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	Fe %	Cu mg kg <sup>-1</sup>	Zn mg kg <sup>-1</sup>	Mn mg kg <sup>-1</sup>	B mg kg <sup>-1</sup>	Dens. Apar. g cm <sup>-3</sup>	C/N
<b>S-347</b>	58.76	0.52	39.75	547.00	189.50	93.69	0.68	13.4

Figura 112. Análisis de fertilidad de los sustratos empleados. 481: sustrato y S-347: abono orgánico.

#### **Anexo 4. Biopreparados**

Se utilizaron los siguientes biopreparados para el control de plagas a lo largo del estudio:

Jabón potásico

Tierra de diatomeas

Extracto de lavanda, ruda y romero: 50 gramos de cada especie se pusieron en remojo durante una noche con agua hasta cubrir. Se molieron en licuadora y se filtró. El concentrado resultante se diluyó en agua al 30% y se aplicó de forma foliar.

Extracto de ajo, cebolla y chile: se molió una cabeza de ajo, media cebolla y dos chiles serranos en un litro de agua, se dejó reposar por una noche y se filtró. El concentrado resultante se diluyó en agua al 30% y se aplicó de forma foliar.