

TECNOLOGÍA DE AGRICULTURA URBANA PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS (RD 1214.1)

Informe Final

COORDINACIÓN DE RIEGO Y DRENAJE

SUBCOORDINACIÓN DE INGENIERÍA DE RIEGO

Participantes:

Ing. Ángel Tinoco Carrillo
Ing. Armando De Los Santos García
M.C. Juan Carlos Herrera Ponce

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. UN MODELO FÍSICO DE AGRICULTURA URBANA E HIDROPONÍA PARA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS.....	1
1.1. <i>1.1. Tubos Horizontales con Hidroponía</i>	<i>1</i>
1.1.1 Generalidades	1
1.1.1.1. Definición de hidroponía	2
1.1.1.2. Nutrición de las plantas	4
1.1.1.3. Cultivo sin suelo	5
1.1.1.4. El pH de la solución nutritiva	6
1.1.1.5. Oxigenación de la solución nutritiva.....	7
1.1.1.6. Conductividad eléctrica.....	8
1.1.1.7. Enfermedades en hidroponía	8
1.1.2. Desarrollo del experimento	9
1.1.2.1. Estructura metálica (Base)	10
1.1.2.2. Ensamble de la tubería	12
1.1.2.3. Plántulas de lechuga	18
1.1.2.4. Trasplante	20
1.1.2.5. Preparación de la Solución Nutritiva.....	23
1.1.2.6. Aplicación de la Solución Nutritiva	29
1.1.2.7. Control de plagas y enfermedades	31
1.1.2.8. Cosecha	35
1.1.2.9. Desarrollo del cultivo de lechuga	38
1.1.3. Diseño experimental	40
1.1.4. Costo beneficio	43
1.1.5. Costo de producción por ciclo	45
1.1.6. Relación Costo/Beneficio de producción a un año y a tres años	47
1.2. <i>1.2. Tubos Verticales con Diversos Sustratos</i>	<i>48</i>
1.2.1. Generalidades	48
1.2.1.1. Antecedentes	48
1.2.1.2. El pepino	48
1.2.1.3. Sustratos	49
1.2.1.4. Recipientes y Contenedores.....	53
1.2.1.5. Ácidos fúlvicos.....	53
1.2.1.6. El agua en las plantas	54
1.2.2. Desarrollo del experimento	56
1.2.2.1. Fabricación del dispositivo.....	56
1.2.2.2. Plántulas	60
1.2.2.3. Trasplante	61
1.2.2.4. Fertirriego.....	62
1.2.2.5. Preparación de la solución nutritiva	67
1.2.2.6. Tutorío de las plantas de pepino.....	69
1.2.2.7. Control de plagas y enfermedades	73

1.2.2.8. Cosecha	75
1.2.2.9. Desarrollo del cultivo	82
1.2.3. Diseño experimental	84
1.3. Estructuras de Producción en Capas, para Hortalizas y Hierbas de Olor con Fertirriego	89
1.3.1. Generalidades	89
1.3.1.1. Macetas.....	89
1.3.1.2. Contenedores.....	90
1.3.1.3. Cultivos	91
1.3.1.4. Producción vertical	97
1.3.2. Desarrollo del experimento	98
1.3.2.1. El dispositivo	98
1.3.2.2. Macetas utilizadas	101
1.3.2.3. Semillas utilizadas	102
1.3.2.4. Llenado de macetas	102
1.3.2.5. Siembra directa	103
1.3.2.6. Siembra indirecta o trasplante	104
1.3.2.7. Tutorio.....	107
1.3.2.8. Riegos y nutrición	108
1.3.2.9. Control de plagas y enfermedades	111
1.3.2.10. Cosecha	112
1.3.4.11 Subproductos	121
1.3.3. Diseño experimental	122
1.3.4. Conclusiones	125
1.4. Composteador Urbano.....	127
1.4.1. Descripción	127
1.4.2. Materiales para la elaboración de la composta	131
1.4.3. Materiales que no deben emplearse en la composta	132
1.4.2. Conclusiones	133
2. UNA GUÍA PARA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS HORTÍCOLAS BAJO TÉCNICAS DE AGRICULTURA URBANA	134
2.1. <i>Elaboración de la Guía para la Producción de Cultivos en Agricultura Urbana....</i>	134
2.1.1. Sustratos.....	135
2.1.1.1. Clasificación de los sustratos.....	135
2.1.1.2. Desinfección del sustrato.....	138
2.1.2. Contenedores	139
2.1.2.1. Tipos de contenedores	140
2.1.2.2. Drenaje de los contenedores.....	141
2.1.3. Siembra o trasplante	142
2.1.3.1. Semillas.....	143
2.1.3.2. Siembra directa	144
2.1.3.3. Siembra en almacigo.....	145
2.1.4. Módulos para agricultura vertical e hidroponía.....	147
2.1.5. Jitomate	147
2.1.5.1. Origen	147

2.1.5.2. Variedades	147
2.1.5.3. Requerimientos del cultivo.....	148
2.1.5.4. Labores de producción	149
2.1.5.5. Plagas y enfermedades	150
2.1.5.6. Cosecha	151
2.1.6. Pepino	152
2.1.6.1. Origen	152
2.1.6.2. Información Nutricional	152
2.1.6.3. Variedades	153
2.1.6.4. Requerimientos del cultivo.....	154
2.1.6.5. Labores de producción	155
2.1.6.6. Plagas y enfermedades	157
2.1.6.7. Cosecha	158
2.1.7. Lechuga.....	158
2.1.7.1. Origen	158
2.1.7.2. Valor nutricional.....	159
2.1.7.3. Variedades	160
2.1.7.4. Requerimientos del cultivo.....	160
2.1.7.5. Labores de producción	162
2.1.7.6. Plagas y enfermedades	165
2.1.7.7. Cosecha	167
2.1.8. Cebolla	167
2.1.8.1. Variedades	168
2.1.8.2. Requerimientos del cultivo.....	168
2.1.8.3. Labores de producción	169
2.1.8.4. Plagas y enfermedades	171
2.1.8.5. Cosecha	172
2.1.9. Orégano.....	172
2.1.9.1. Variedades	172
2.1.9.2. Requerimientos del cultivo.....	173
2.1.9.3. Labores de producción	174
2.1.9.4. Plagas y enfermedades	175
2.1.9.5. Cosecha	175
2.1.10. Cilantro	176
2.1.10.1. Origen	176
2.1.10.2. Variedades	176
2.1.10.3. Requerimientos del cultivo.....	177
2.1.10.4. Labores de producción	178
2.1.10.5. Plagas y enfermedades	179
2.1.10.6. Cosecha	180
2.1.11. Hierbabuena	180
2.1.11.1. Variedades	181
2.1.11.2. Requerimientos del cultivo.....	181
2.1.11.3. Labores de producción	182
2.1.11.4. Cosecha	183
2.1.11.5. Plagas y enfermedades	183

2.1.12. Zácate limón	184
2.1.12.1. Variedades	185
2.1.12.2. Requerimientos del cultivo.....	185
2.1.12.3. Labores de producción	186
2.1.12.4. Plagas y enfermedades	187
2.1.12.5. Cosecha	188
2.2. <i>Curso Taller Sobre Producción Bajo Agricultura Urbana</i>	188
3. UN VIDEO SOBRE PRODUCCIÓN CON AGRICULTURA URBANA	191
4. BIBLIOGRAFÍA.....	195
5. ANEXO (COMPROBACIÓN UTILIZANDO EL PROGRAMA SAS).....	199
<i>Anexo 1.1. Diseño experimental para un módulo hidropónico.....</i>	<i>199</i>
<i>Anexo 1.2. Diseño experimental para producción en tubos verticales.....</i>	<i>202</i>
<i>Anexo 1.3. Diseño experimental para la producción en maceteros</i>	<i>206</i>

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Desarrollo de plantas hidropónicas (forraje hidropónico).....	1
Figura 2. Elementos esenciales para las plantas.	2
Figura 3. Ejemplo de Hidroponía.....	2
Figura 4. Desarrollo de cultivo en un medio acuoso.....	3
Figura 5. Desarrollo de cultivo en sustrato.	3
Figura 6. Sistema de cultivo hidropónico.....	4
Figura 7. Raíces desarrollándose en un depósito de solución nutritiva	6
Figura 8. Plantas de lechuga creciendo en un sistema de nutrición sin suelo.	6
Figura 9. Absorción de nutrientes según el pH del medio.	7
Figura 10. Oxigenación de la solución nutritiva.	7
Figura 11. Medición de la conductividad eléctrica.	8
Figura 12. Sistema T.L.N., en invernadero.....	9
Figura 13. Sistema T.L.N., en producción.	10
Figura 14. Dimensiones de la estructura metálica para sistema hidropónico.	11
Figura 15. Distancias de los semicírculos en la estructura metálica.....	11
Figura 16. Estructura metálica.	11
Figura 17. Herramientas y materiales utilizados en el ensamble de la tubería.	12
Figura 18. Obtención de los tramos de P.V.C., de 1.5 m de largo.....	12
Figura 19. Realización de las perforaciones circulares en los tubos.	13
Figura 20. Distancia entre orificios.	13
Figura 21. Eliminación de rebabas en el tubo.	14
Figura 22. Secciones cortadas del tubo sin rebabas.....	14
Figura 23. Limpieza de los tubos de P.V.C.	15
Figura 24. Limpieza del material de P.V.C.	15
Figura 25. Estopa y limpiador para P.V.C.	15
Figura 26. Aplicación del pegamento para P.V.C.....	16
Figura 27. Unión de piezas de P.V.C.	16
Figura 28. Tubería en construcción.....	17
Figura 29. Nivelación de la estructura metálica y tubos de P.V.C.	17
Figura 30. Dispositivo terminado y listo.....	18
Figura 31. Bomba, bandeja, entrada y salida de la solución nutritiva.	18
Figura 32. Lechuga hidropónica.....	19
Figura 33. Plántulas de lechuga.....	19
Figura 34. Desinfección de las plántulas.....	20
Figura 35. Eliminación del sustrato.	20
Figura 36. Raíces de plántula limpias y desinfectadas.....	21
Figura 37. Preparación de las plántulas para trasplante.	21
Figura 38. Colocación de las plántulas al dispositivo.	22
Figura 39. Plántulas en el orificio.	22

Figura 40. Plantas de lechuga estresadas.	22
Figura 41. Solución concentrada de Sulfato de Cobre.	23
Figura 42. Fertilizante y agua, elementos para hacer una SM.	24
Figura 43. Fertilizantes utilizados en la solución nutritiva.	24
Figura 44. Medición de cada fertilizante.	25
Figura 45. Fertilizantes a utilizar en un mínimo de agua.	25
Figura 46. Disolución de los fertilizantes.	26
Figura 47. Vaciado a los contenedores finales.	26
Figura 48. Soluciones Madre de los nutrientes.	27
Figura 49. Preparación de las soluciones madre.	27
Figura 50. Aplicación de la parte proporcional de la SM a la SN.	28
Figura 51. Aplicación de agua para aforar a 20 litros.	28
Figura 52. Solución nutritiva preparada.	28
Figura 53. Renovación de la solución nutritiva.	29
Figura 54. Sistema N.F.T.	29
Figura 55. Oxigenación de la solución nutritiva.	30
Figura 56. Bombeo y depósito de la solución nutritiva.	30
Figura 57. Solución nutritiva en el interior de los tubos.	31
Figura 58. Agroquímicos utilizados.	31
Figura 59. Bomba de aspersión manual.	32
Figura 60. Medición de los químicos a utilizar.	32
Figura 61. Vaciado de los productos químicos a asperjar.	33
Figura 62. Aplicación de agroquímicos al cultivo.	33
Figura 63. Aplicación de fungicidas en el riego.	34
Figura 64. Colocación del polietileno.	35
Figura 65. Aseguramiento del polietileno.	35
Figura 66. Desarrollo del cultivo de lechugas.	36
Figura 67. Cosecha de lechugas.	36
Figura 68. Extracción de las lechugas del dispositivo.	37
Figura 69. Separación de parte aérea y raíces.	37
Figura 70. Obtención del peso de cada planta.	38
Figura 71. Semillas de lechuga.	39
Figura 72. Plántulas de lechuga de 4 semanas de edad.	39
Figura 73. Plántulas de lechuga en su sitio de producción.	39
Figura 74. Típica raíz fibrosa.	40
Figura 75. Cultivo de pepino.	48
Figura 76. Sustratos comúnmente utilizados en la producción de pepino.	49
Figura 77. Fibra de coco, subproducto de la fruta del cocotero.	50
Figura 78. Fibra de coco utilizada como sustrato.	51
Figura 79. Tierra de monte o mantillo.	52
Figura 80. Mantillo utilizado como sustrato.	53

Figura 81. Bolsas de plástico utilizadas como contenedor en una azotea.....	53
Figura 82. Ácidos fúlvicos.....	54
Figura 83. El agua en las plantas.....	55
Figura 84. Senescencia de hojas.....	56
Figura 88. Dispositivo de producción vertical.....	56
Figura 86. Perforaciones de producción en los tubos.....	57
Figura 87. Diámetro de los orificios de producción.....	57
Figura 88. Distancia entre orificio y orificio de producción.....	58
Figura 89. Tapa de acrílico transparente.....	58
Figura 90. Rellenado de los tubos.....	59
Figura 91. Toma de los pesos de cada tubo.....	59
Figura 92. Tubo y bandeja listos para la producción.....	60
Figura 93. Semillas de pepino.....	60
Figura 94. Plántulas de pepino.....	61
Figura 95. Selección de plántulas.....	61
Figura 96. Trasplante de las plántulas de pepino al dispositivo.....	62
Figura 97. Fertilizantes utilizados.....	62
Figura 98. Solución nutritiva.....	63
Figura 99. Llenado de los recipientes con solución nutritiva.....	64
Figura 100. Contenedor y tubín.....	64
Figura 101. Aplicación del riego a los tubos.....	65
Figura 102. Lámina excedente de riego.....	65
Figura 103. Utilización de una bandeja para sacar el agua excedente.....	66
Figura 104. Utilización de un trapo para sacar el agua excedente.....	66
Figura 105. Medición del líquido drenado.....	66
Figura 106. Obtención de la humedad del trapo.....	67
Figura 107. Fertilizante pesado para 1000 litros de agua.....	68
Figura 108. Fertilizante y agua, ingredientes para hacer una SN.....	68
Figura 109. Disolución del fertilizante.....	68
Figura 110. Vaciado de la disolución al recipiente de 500 ml.....	69
Figura 111. Tutorado horizontal del cultivo de pepino.....	69
Figura 112. Perforación, y colocación de las armellas a los tubos.....	70
Figura 113. Hilos de soporte, colocados y tendidos.....	70
Figura 114. Anillos plásticos.....	71
Figura 115. Guía de las plantas de pepino.....	71
Figura 116. Zarcillos en la planta de pepino.....	72
Figura 117. Crecimiento inapropiado del pepino.....	72
Figura 118. Crecimiento con ayuda de anillos (apropiado).....	72
Figura 119. Aplicación foliar aérea.....	73
Figura 120. Aplicación de fungicidas en el riego.....	73
Figura 121. Mosquita blanca.....	74

Figura 122. Minador de las hojas.	74
Figura 123. Cenicilla en hojas de pepino.	74
Figura 124. Selección del fruto a cosechar.	75
Figura 125. Realización del corte para cosechar el fruto.	76
Figura 126. Fruto de pepino cosechado.	76
Figura 127. Pepinos cosechados.	76
Figura 128. Obtención del peso del pepino.	77
Figura 129. Pepinos listos para su repartición.	77
Figura 130. Distintos tamaños de los frutos de pepino.	81
Figura 131. Porcentaje de productividad de los tratamientos.	81
Figura 132. Cantidad de pepinos cosechados por tratamiento.	82
Figura 133. Flores de pepino.	82
Figura 134. Crecimiento de frutos.	83
Figura 135. Crecimiento de plantas.	83
Figura 136. Frutos de pepino creciendo.	84
Figura 137. Pepinos cosechados.	84
Figura 138. Acomodo de los niveles de producción en cada tubo.	85
Figura 139. Comportamiento de la absorción de agua en el experimento.	86
Figura 140. Producción de hortalizas en invernadero.	89
Figura 141. Macetas.	90
Figura 142. Lechugas creciendo en un contenedor de madera.	90
Figura 143. Acelga.	91
Figura 144. Albahaca.	92
Figura 145. Cilantro.	93
Figura 146. Chile.	93
Figura 147. Hierbabuena.	94
Figura 148. Orégano.	95
Figura 149. Té limón.	96
Figura 150. Verdolaga.	97
Figura 151. Producción vertical de hortalizas.	97
Figura 152. Producción vertical de forraje hidropónico.	98
Figura 153. Maceteros metálicos.	99
Figura 154. Dimensiones del dispositivo.	99
Figura 155. Macetero metálico.	100
Figura 156. Macetas utilizadas en el experimento.	100
Figura 157. Cultivos.	101
Figura 158. De izquierda a derecha: macetas de 5, 7 y 10 pulgadas.	101
Figura 159. Vista superior de las macetas.	102
Figura 160. Semilla utilizada.	102
Figura 161. Macetas a utilizar llenas de sustrato.	103
Figura 162. Desinfección del sustrato.	103

Figura 163. Siembra directa.....	104
Figura 164. Verdolaga, albahaca y cilantro.....	104
Figura 165. Plántulas de distintos cultivos germinadas en vivero.....	105
Figura 166. Huecos en el sustrato.....	105
Figura 167. Trasplante.....	106
Figura 168. Una planta por maceta.....	106
Figura 169. Chile poblano, acelga, y chile jalapeño.....	106
Figura 170. Té limón, hierbabuena y orégano.....	107
Figura 171. Plántulas de chile con entrenudos alargados.....	107
Figura 172. Plantas de chile con frutos.....	108
Figura 173. Tutorio de plantas de chile.....	108
Figura 174. Preparación de los fertilizantes.....	109
Figura 175. Disolución de los fertilizantes.....	109
Figura 176. Vaciado de los fertilizantes a las cubetas.....	110
Figura 177. Solución nutritiva preparada.....	110
Figura 178. Aplicación de la solución nutritiva a los cultivos.....	111
Figura 179. Aplicación de agroquímicos a los cultivos.....	111
Figura 180. Aplicación de agroquímicos.....	112
Figura 181. Cosecha de hortalizas de hoja.....	113
Figura 182. Hortalizas de fruto cosechadas.....	113
Figura 183. Punto de corte y brotación de yemas axilares en albahaca.....	114
Figura 184. Obtención del peso de cada muestra cosechada.....	114
Figura 185. Manojos hechos de los cultivos.....	115
Figura 186. Llenado de las bolsas con las hortalizas.....	115
Figura 187. Bolsas de plástico con las hortalizas cosechadas.....	115
Figura 188. Repartición de los productos obtenidos.....	116
Figura 189. Producción del dispositivo con el Tratamiento 1.....	116
Figura 190. Producción del dispositivo con el Tratamiento 2.....	117
Figura 191. Producción del dispositivo con el Tratamiento 3.....	117
Figura 192. Producción general de las hortalizas en los dispositivos.....	118
Figura 193. Producción general en porcentaje.....	118
Figura 194. Rendimiento de los cultivos en los distintos meses.....	119
Figura 195. Producción de los cultivos con el tratamiento uno.....	119
Figura 196. Producción de los cultivos con el tratamiento dos.....	120
Figura 197. Producción de los cultivos con el tratamiento tres.....	120
Figura 198. Porcentaje de producción de cada mes.....	121
Figura 199. Productos puestos a deshidratar para su uso como subproducto.....	121
Figura 200. Orégano, listo para utilizarse como condimento.....	122
Figura 201. Porcentaje de producción en cuanto al tipo de hortaliza.....	122
Figura 202. Acomodo de los bloques al azar en cada dispositivo.....	123
Figura 203. Desechos orgánicos en un contenedor.....	127

Figura 204. Partes del dispositivo.	128
Figura 205. Medidas del composteador.	128
Figura 206. Composteador urbano.	129
Figura 207. Vista superior de la composta.	129
Figura 208. Realizando la mezcla de los desechos orgánicos.	130
Figura 209. Materiales para compostear.	131
Figura 210. Vaciado de la composta a la caja plástica.	132
Figura 211. Composta en caja de plástico.	132
Figura 212. Materiales no aptos para realizar una composta.	133
Figura 213. Distintos sustratos a considerar.	136
Figura 214. Tezontle.	137
Figura 215. Tepojal y composta.	137
Figura 216. Producción en tubos de P.V.C.	140
Figura 217. Diversidad de contenedores.	140
Figura 218. Macetas para producción de distintas capacidades.	141
Figura 219. Orificios de drenaje.	142
Figura 220. Siembra directa.	142
Figura 221. Semillas.	143
Figura 222. Profundidad de siembra.	144
Figura 223. Charola de unigel con 200 cavidades.	145
Figura 224. Llenado de charolas.	146
Figura 225. Plántulas de lechuga en crecimiento.	146
Figura 226. Preparación del sustrato en el colegio participante.	188
Figura 227. Demostración por parte del personal del IMTA a los estudiantes.	189
Figura 228. Participación de los alumnos en el taller.	190

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de los nutrientes de las plantas.	5
Cuadro 2. Elementos necesarios para las plantas.	5
Cuadro 3. Cantidades de nutrientes por litro de agua.	25
Cuadro 4. Productos utilizados.	33
Cuadro 5. Fungicidas utilizados en riego.	34
Cuadro 6. Rendimientos obtenidos de lechugas hidropónicas.	38
Cuadro 7. Materiales utilizados en el experimento.	41
Cuadro 8. Rendimientos obtenidos del experimento en gramos.	42
Cuadro 9. Total de las repeticiones en kg.	42
Cuadro 10. Tabla de Anova.	42
Cuadro 11. Promedios de los rendimientos de cada tratamiento.	43
Cuadro 12 Costo de la estructura metálica.	44
Cuadro 13. Costo del sistema hidráulico.	44
Cuadro 14. Costo por ciclo del sistema hidráulico.	44
Cuadro 15. Costo por ciclo del sistema de inyección.	44
Cuadro 16. Costo anual del sistema de inyección.	45
Cuadro 17. Costo del trasplante por ciclo.	45
Cuadro 18. Costo de fertilización de lechuga por ciclo.	45
Cuadro 19. Costo de control de plagas y enfermedades por ciclo.	46
Cuadro 20. Costo por mano de obra.	46
Cuadro 21. Costo de producción del cultivo de lechuga.	46
Cuadro 22. Costo de producción por ciclo.	46
Cuadro 23. Características físicas del sustrato.	50
Cuadro 24. Propiedades físicas de la cáscara de coco.	51
Cuadro 25. Fertilizantes y cantidades usados.	63
Cuadro 26. Promedio del consumo diario de agua en los meses de producción.	67
Cuadro 27. Productos utilizados.	75
Cuadro 28. Datos de la cosecha de pepino en el tratamiento 3.	78
Cuadro 29. Datos de la cosecha de pepino en el tratamiento 2.	79
Cuadro 30. Datos de la cosecha de pepino en el tratamiento 1.	80
Cuadro 31. Promedios del consumo de agua por los tratamientos aplicados.	86
Cuadro 32. Rendimientos en kilogramos obtenidos en el experimento.	87
Cuadro 33. Resultados obtenidos.	87
Cuadro 34. Tabla de ANOVA.	87
Cuadro 35. Promedios de los rendimientos de cada tratamiento.	87
Cuadro 36. Elementos de la solución nutritiva generalizada.	109
Cuadro 37. Productos utilizados para plagas y enfermedades.	112
Cuadro 38. Materiales utilizados en el experimento.	123
Cuadro 39. Resultados obtenidos de las cosechas en gramos.	124

Cuadro 40. Tabla de ANOVA.....	124
Cuadro 41. Clasificación de los sustratos.	135
Cuadro 42. Caracterización física y química de distintos sustratos.	136
Cuadro 43. Químicos utilizados para la desinfección de sustratos.....	139
Cuadro 44. Características de algunos tamaños de contenedores.	141
Cuadro 45. Cultivos que pueden sembrarse en forma directa.....	144
Cuadro 46. Fertilización de jitomate.....	150
Cuadro 47. Información nutricional de pepino.....	152
Cuadro 48. Datos de fertilización de pepino.....	156
Cuadro 49. Índices nutricionales de lechuga.....	159
Cuadro 50. Fertilización de lechuga.....	163
Cuadro 51. Datos de fertilización de cebolla.....	170
Cuadro 52. Datos de fertilización de orégano.....	174

1. UN MODELO FÍSICO DE AGRICULTURA URBANA E HIDROPONÍA PARA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS

1.1. Tubos Horizontales con Hidroponía

1.1.1 Generalidades

Hace algunos siglos que se obtuvieron experiencias de plantas desarrolladas fuera de su medio edafológico natural (figura 1), sin que se supiera con certeza los procesos que contribuían al desarrollo de dichas plantas (Alarcón, 2000).



Figura 1. Desarrollo de plantas hidropónicas (forraje hidropónico).

Alarcón (2000), menciona que a principios del siglo XIX De Saussure estableció la teoría de que, las plantas están compuestas de elementos químicos que son tomados del agua, aire y del suelo (figura 2).

El diccionario de la Real Academia Española de la Lengua lo define como el cultivo de plantas en soluciones acuosas (figura 4), sin embargo, actualmente la palabra involucra todas aquellas formas en que se cultivan plantas con algún soporte (arena, grava, carbón, etc.), sin el uso de suelo (figura 5), en donde son alimentadas mediante una solución de nutrientes minerales (sales minerales) que se les suministra por medio del agua de riego (Guzmán, 2004).



Figura 4. Desarrollo de cultivo en un medio acuoso.



Figura 5. Desarrollo de cultivo en sustrato.

Se consideran sistemas de cultivo hidropónico (figura 6), aquellos que se desarrollan en una solución nutritiva o en sustratos totalmente inertes y a los sistemas que cultivan en sustratos orgánicos, como cultivo sin suelo (Baixauli y Aguilar, 2002).



Figura 6. Sistema de cultivo hidropónico.

1.1.1.2. Nutrición de las plantas

De acuerdo a los requerimientos que las plantas tienen de los elementos minerales y considerando los diversos beneficios que obtienen de ellos, éstos se pueden clasificar según se señala en los cuadros 1 y 2 (Bennett, 1997).

Cuadro 1. Clasificación de los nutrientes de las plantas.

Clasificación	Requerimientos de la planta
Elementos indispensables	Aquellos elementos de importancia vital para la nutrición de la planta y que reúnen los criterios de esencialidad
Elementos útiles	Aquellos elementos que en forma directa o indirecta benefician la nutrición de las plantas, sin ser indispensables en la nutrición mineral (Si, Co).
Elementos prescindibles	Aquellos elementos que son absorbidos por la planta, pero que no realizan funciones fisiológicamente específicas, o de beneficio directo o indirecto en el crecimiento de las plantas.

Cuadro 2. Elementos necesarios para las plantas.

Elemento químico	Símbolo	Forma iónica
Nitrógeno	N	NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻
Fósforo	P	H ₂ PO ₄ ⁻
Potasio	K	K ⁺
Calcio	Ca	Ca ⁺⁺
Magnesio	Mg	Mg ⁺⁺
Azufre	S	SO ₄ ⁼
Hierro	Fe	Fe ⁺⁺
Manganeso	Mg	Mn ⁺⁺
Zinc	Zn	Zn ⁺⁺
Boro	B	B ₄ O ₇ ⁼
Cobre	Cu	Cu ⁺⁺
Molibdeno	Mo	MoO ₄ ⁼
Carbono	C	HCO ₃ ⁻ CO ₃ ⁼
Cloro	Cl	Cl ⁻
Sodio	Na	Na ⁺
Oxígeno	O	H ₂ O, O ₂
Hidrógeno	H	H ₂ O
Silicio	Si	Si(OH) ₄ O
Cobalto	Co	Co ₂ ⁺
Vanadio	V	V ⁺

1.1.1.3. Cultivo sin suelo

El cultivo sin suelo, es la técnica que más se utiliza para producir hortalizas en invernadero (figuras 7 y 8). Este sistema de producción requiere un continuo abastecimiento de nutrientes, el cual se suministra por medio de una solución nutritiva que contiene los elementos esenciales para el óptimo desarrollo de los cultivos (Favela *et al.*, 2006).



Figura 7. Raíces desarrollándose en un depósito de solución nutritiva



Figura 8. Plantas de lechuga creciendo en un sistema de nutrición sin suelo.

1.1.1.4. El pH de la solución nutritiva

El pH apropiado de la solución nutritiva para el desarrollo de los cultivos se encuentra entre los valores 5.5 y 6.5 (figura 9); sin embargo, el pH de la solución nutritiva no es estático, ya que depende del CO₂ en el ambiente, de que la solución nutritiva se encuentre en un contenedor cubierto o descubierto, del ritmo de absorción nutrimental, de la fuente nitrogenada utilizada, etc., (De Rijck y Schrevens, 1998).

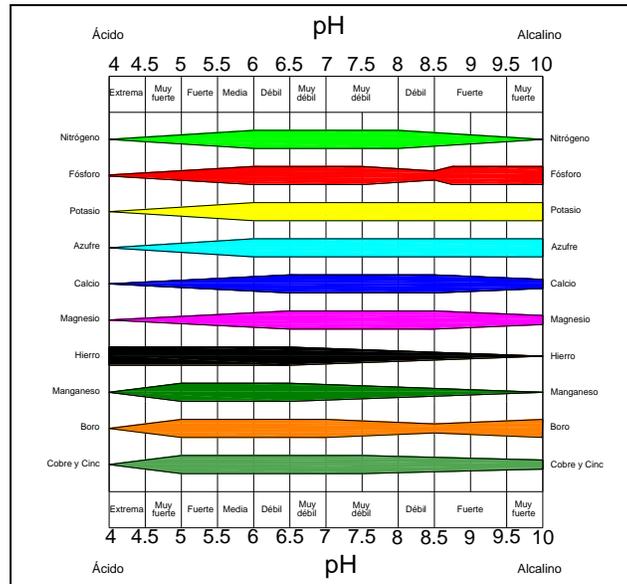


Figura 9. Absorción de nutrientes según el pH del medio.

1.1.1.5. Oxigenación de la solución nutritiva

El suministro de oxígeno en la solución nutritiva puede lograrse mediante su recirculación en los sistemas hidropónicos y en los riegos por subirrigación en grava o tezontle. En los sistemas en flotación, el suministro de oxígeno se puede aplicar mediante una bomba de aire o un compresor (figura 10). Es recomendable inyectar el aire en varios puntos de la SN, con el fin de que la concentración de oxígeno sea más homogénea (Favela *et al.*, 2006).



Figura 10. Oxigenación de la solución nutritiva.

1.1.1.6. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica, se define como la capacidad que tienen algunos elementos o sustancias de conducir corriente eléctrica, teniendo las sales la capacidad para conducir la electricidad (Abou-Hadid *et al.* 1996 y Baixauli y Aguilar, 2002).

En general, podemos decir que un agua es de buena calidad cuando su valor de CE es inferior a 0,75 mS/cm, permisible con valores de 0,75 a 2 mS/cm, dudosa con valores entre 2 y 3 mS/cm, e inadecuada cuando la CE es superior a 3 mS/cm (figura 11). Por otra parte, los cultivos hortícolas son más o menos resistentes a la salinidad y así tenemos que: el tomate, el melón, la sandía, la berenjena son cultivos medianamente tolerantes a la salinidad; el fresón y la judía son sensibles (Baixauli y Aguilar, 2002).



Figura 11. Medición de la conductividad eléctrica.

1.1.1.7. Enfermedades en hidroponía

La producción de plantas en cultivo hidropónico se puede ver afectada por enfermedades que afectan el crecimiento y la calidad del cultivo. Las enfermedades que se observan con mayor frecuencia son causadas por hongos, ya sea afectando el follaje o las raíces. Además, se pueden observar, en algunos casos, síntomas de toxicidad o deficiencia de nutrientes (Almodóvar, 1998).

Los factores ambientales más importantes en estos sistemas son la temperatura, la humedad, el flujo de aire y pH y la composición de la solución nutritiva.

Cualquier desbalance en alguno de estos factores puede contribuir a que el cultivo se vuelva más susceptible a enfermedades o a que se observen síntomas de deficiencia o exceso de nutrimentos (Almodóvar, 1998).

1.1.2. Desarrollo del experimento

En hidroponía el método más conocido de producción sin suelo es el sistema comúnmente llamado N.F.T., que corresponde a las siglas de “Nutrient Film Technique” (por sus siglas en inglés), que fue desarrollado a finales de 1960 por el Dr. Allan Cooper (Baixauli y Aguilar, 2002), y que en este trabajo llamaremos al sistema Técnica de Lámina con Nutrientes (T.L.N.) (figura 12).



Figura 12. Sistema T.L.N., en invernadero.

Este sistema (T.L.N.) está basado en mantener una delgada lámina de solución nutritiva que continuamente se encuentra en recirculación, pasando a través de las raíces de las plantas, aportando agua, nutrientes y oxígeno (figura 13). Para la instalación se emplean canales perfectamente nivelados, por los que circula dicha solución, dejando una cámara de aire y cerrando dicho canal con un plástico flexible que impide la entrada de luz (Baixauli y Aguilar, 2002).



Figura 13. Sistema T.L.N., en producción.

En el patio trasero del ANEXO 3 de la subcoordinación de Riego en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua se implementó un experimento el cual se basó en el sistema hidropónico llamado N.F.T. Aquí se describe su desarrollo.

1.1.2.1. Estructura metálica (Base)

Con una altura de 0.9 m, un largo de 1.2 m y un ancho de 0.9 m, esta estructura metálica tiene capacidad para sostener 11 tubos de P.V.C., hidráulico de 2" de diámetro (figuras 14 a 16). Esta base está hecha con tubular metálico de 1", y tiene dos niveles de producción, en el nivel superior hay 6 tubos, y en el inferior 5 tubos, entre los dos niveles de producción hay una distancia de 0.75 m, y 0.15 m entre el piso y el nivel inferior de producción. En cada nivel hay tres semicírculos por cada tubo, colocados en los extremos y a la mitad de la estructura, estos semicírculos tienen la función de mantener la tubería en su lugar y evitar que estos se muevan, estos semicírculos se encuentran a 16 cm entre centro y centro de los semicírculos.

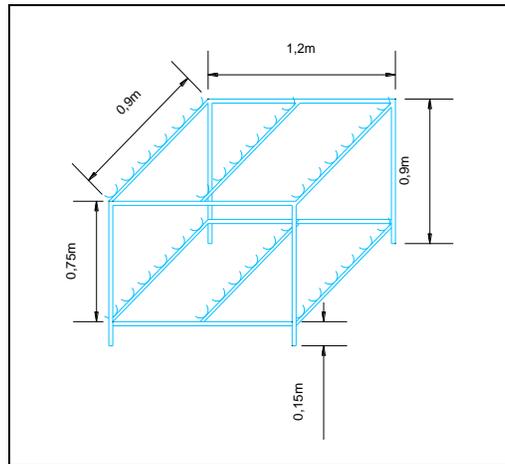


Figura 14. Dimensiones de la estructura metálica para sistema hidropónico.

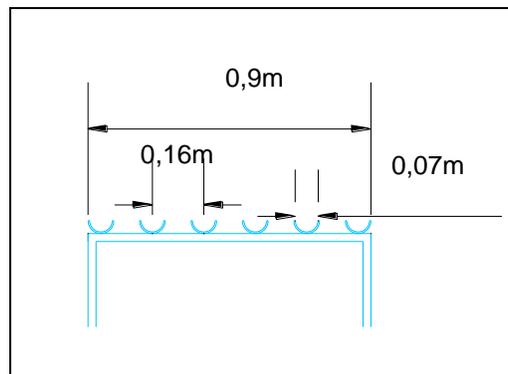


Figura 15. Distancias de los semicírculos en la estructura metálica.



Figura 16. Estructura metálica.

1.1.2.2. Ensamble de la tubería

Para ensamblar la tubería de conducción, fueron necesarios distintos materiales, herramientas y piezas de P.V.C., como tubos hidráulicos de 2", reducciones bushing (2" a 1/2"), válvulas de esfera de 1/2", codos de 90° de 2", entre otros (figura 17).



Figura 17. Herramientas y materiales utilizados en el ensamble de la tubería.

Para poder comenzar a ensamblar la tubería de conducción, primero se cortaron 11 tramos de 1.5 m de largo de tubo de P.V.C., hidráulico de 2" (figura 18), después de ser cortados los tramos, fueron numerados del 1 al 11, a los tubos nones (1, 3, 5, 7, 9 y 11), se hicieron 9 perforaciones, y a los tubos pares (2, 4, 6, 8, y 10) se hicieron 10 perforaciones, éstas se hicieron de 3.8 cm de diámetro utilizando un taladro con sacabocado (figura 19), las perforaciones en los tubos se hicieron a una distancia entre centro y centro de orificio de 14.5 cm (figura 20).



Figura 18. Obtención de los tramos de P.V.C., de 1.5 m de largo.



Figura 19. Realización de las perforaciones circulares en los tubos.



Figura 20. Distancia entre orificios.

En donde se realizó algún corte, circular o en línea en los tubos, quedaron rebabas, estas rebabas fueron eliminadas de los tubos utilizando una lija delgada (figuras 21 y 22). Las rebabas son eliminadas para reducir posibles obstrucciones a la solución nutritiva, y para que la unión de las piezas sea lo más uniforme posible.



Figura 21. Eliminación de rebabas en el tubo.



Figura 22. Secciones cortadas del tubo sin rebabas.

Después de haber realizado los cortes, de haber hecho las perforaciones, de eliminar las rebabas, se hizo una limpieza general de los tubos, codos, nipples, válvulas, y reducciones bushing (figuras 23 y 24). La limpieza se realizó utilizando estopa humedecida de limpiador para P.V.C., (figura 25).



Figura 23. Limpieza de los tubos de P.V.C.



Figura 24. Limpieza del material de P.V.C.



Figura 25. Estopa y limpiador para P.V.C.

Para formar la tubería de conducción, a cada pieza limpia de P.V.C., se aplicó pegamento en los bordes (figuras 26), para después ir uniendo los tramos de tubo con los codos, válvulas, etc., (figura 27), y así se comenzó a dar forma a la tubería (figura 28).



Figura 26. Aplicación del pegamento para P.V.C.



Figura 27. Unión de piezas de P.V.C.



Figura 28. Tubería en construcción.

Después de pegar los tubos y colocarlos sobre la estructura metálica y antes de realizar cualquier labor de producción, fue necesario nivelar todo el dispositivo (figura 29), para que la solución nutritiva circulara a través de los tubos sin ningún problema por pendiente. Después de haber hecho las pruebas nivelación, el dispositivo quedó listo para comenzar la plantación de lechugas hidropónicas (figura 30).



Figura 29. Nivelación de la estructura metálica y tubos de P.V.C.



Figura 30. Dispositivo terminado y listo.

El dispositivo con sus dos niveles de producción tiene capacidad para almacenar 50 litros de solución nutritiva sin que ésta se derrame a través de los orificios. La solución nutritiva es inyectada a los tubos por medio de una pequeña bomba sumergible (1/8 hp), y ésta dirige la solución hacia los tubos a través de mangueras de 1/2", al entrar al sistema tarda 5 minutos en recorrer un solo nivel, al salir la solución de los tubos de P.V.C., caer a una bandeja, donde se oxigena, mezcla y vuelve a entrar al sistema (figura 31).

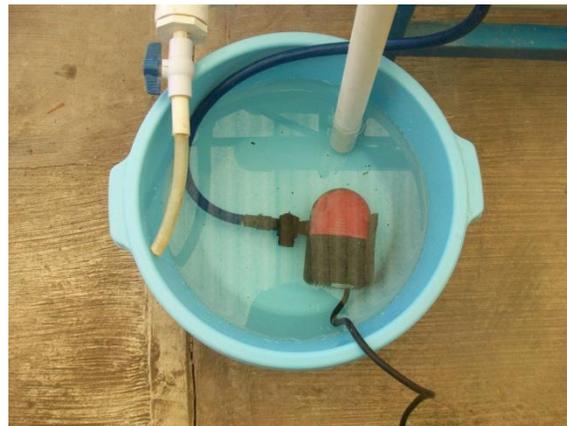


Figura 31. Bomba, bandeja, entrada y salida de la solución nutritiva.

1.1.2.3. Plántulas de lechuga

La lechuga es una planta herbácea, anual y bianual, que cuando se encuentra en su etapa juvenil contiene en sus tejidos un jugo lechoso de látex, cuya cantidad disminuye con la edad de la planta (figura 32). Las hojas de la lechuga son lisas, sin pecíolos (sésiles), arrosietadas, gruesas, enteras y las hojas caulinares son

semiamplexicaules, alternas, auriculado abrazadoras; el extremo puede ser redondo o rizado. Su color va del verde amarillo hasta el morado claro, dependiendo del tipo y el cultivar. El tallo es pequeño y no se ramifica; sin embargo cuando existen altas temperaturas (mayor de 26°C) y días largos (>12 hr) el tallo se alarga hasta 1.20 m de longitud, ramificándose el extremo y presentando cada punta de las ramillas terminales una inflorescencia (Karlsson, 2009).



Figura 32. Lechuga hidropónica.

En el experimento se utilizaron plántulas de lechuga de 4 semanas de edad, éstas fueron producidas en un vivero dedicado a la obtención de plántulas hortícolas, el tipo de lechuga utilizada fue del tipo Orejona. Todas las plantas fueron entregadas en charola de 220 cavidades (figura 33).



Figura 33. Plántulas de lechuga.

1.1.2.4. Trasplante

El trasplante al dispositivo hidropónico se realizó a los 30 días de edad de las plántulas. Después de haber sido extraídas de las charolas, cada plántula fue desinfectada para evitar problemas con hongos, especialmente con *Pythium*, la desinfección se realizó con Carbendzim a 0.5 ml/l de concentración (figura 34).



Figura 34. Desinfección de las plántulas.

En seguida para evitar problemas en cuanto a la contaminación, y obstrucción de la solución nutritiva con agentes extraños, se eliminó a cada plántula el sustrato de las raíces con mucho cuidado para evitar daños y provocar posibles focos de infección (figuras 35 y 36).



Figura 35. Eliminación del sustrato.



Figura 36. Raíces de plántula limpias y desinfectadas.

Después de haber desinfectado las raíces de cada plántula, éstas fueron envueltas en una tela de polietileno y colocadas en el interior de un vaso de plástico del número “0” (figura 37), esta preparación es únicamente para brindar a las plántulas un mejor anclaje al sistema y evitar que haya un desarrollo anormal (que se vayan de lado).



Figura 37. Preparación de las plántulas para trasplante.

En cada cavidad de cada tubo del dispositivo se insertó una plántula (figuras 38 y 39), asegurándose que ésta no fuera a hacerse de lado o voltearse y salirse de su sitio.



Figura 38. Colocación de las plántulas al dispositivo.



Figura 39. Plántulas en el orificio.

El trasplante se realizó en horas con temperaturas frescas para evitar una deshidratación de las plantas. Aun así, las plántulas resintieron el cambio de un medio sólido (charola con sustrato) a un medio líquido (agua con nutrientes) y se estresaron (figura 40), aunque este estrés solo se presentó en horas cálidas del día mientras se aclimataban al nuevo sistema de producción.



Figura 40. Plantas de lechuga estresadas.

1.1.2.5. Preparación de la Solución Nutritiva

Una solución nutritiva (SN) principalmente consta de agua, oxígeno y todos los nutrimentos esenciales en forma iónica y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como quelatos de hierro y de algún otro micronutriente que puede estar presente (Steiner, 1968).

La formulación específica para uso depende de la temperatura, la duración del día y la luz solar. Por ejemplo, en condiciones de verano con la luz solar alta y días largos, las plantas pueden ser forzadas a crecer más rápidamente mediante el uso de los niveles más altos de nitrógeno (Myeong *et al.*, 2009).

Por cuestiones de espacio y volumen, antes de preparar la SN, se prepararon soluciones madre (SM). La SM es una solución con una elevada concentración de fertilizante en un volumen mínimo y conocido de agua (figura 41).

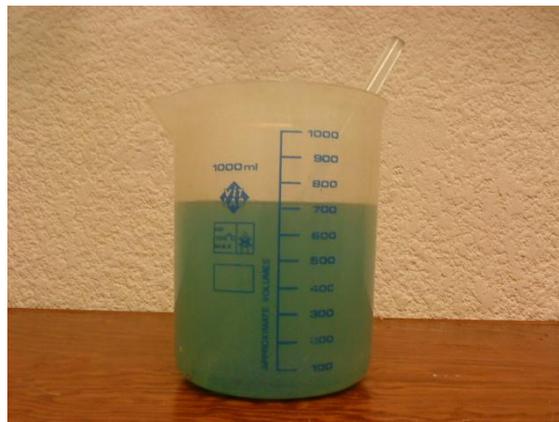


Figura 41. Solución concentrada de Sulfato de Cobre.

Las soluciones madre se preparan con el propósito de ahorrar tiempo y por lo tanto dinero, evitando disolver pequeñas cantidades de fertilizante de forma seguida en periodos de tiempo cortos.

Las soluciones concentradas fueron preparadas con agua limpia de la llave y fertilizantes comprados en la tienda de agroquímicos (figura 42).



Figura 42. Fertilizante y agua, elementos para hacer una SM.

A excepción del ácido fosfórico que se encuentra en estado líquido, la mayoría de los fertilizantes utilizados, se hallan de forma sólida, ya sea en forma granulada, en cristales, o en polvo, también pueden encontrarse en diversos colores (figura 43), pero todos son solubles (unos más que otros).



Figura 43. Fertilizantes utilizados en la solución nutritiva.

De todos los fertilizantes usados en la producción, los macronutrientes son usados en mayor cantidad, y los micronutrientes se utilizan en mínimas cantidades. Las cantidades de los fertilizantes usados en la preparación de la solución nutritiva se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Cantidades de nutrientes por litro de agua.

Solución	Nutriente	Tipo	Concentración (mg.litro ⁻¹)
Steiner (100 %)	N	Macronutrientes	550.00
	P		27.00
	K		514.00
	Ca		634.00
	Mg		122.00
	Fe	Micronutrientes	10.00
	Cu		0.50
	Zn		0.45
	Mn		1.23
	B		0.29

Para preparar cada SM, primero se pesó cada fertilizante según las recomendaciones del cuadro 1.3 (figura 44), después cada nutriente fue disuelto por separado en una cantidad de agua conocida (figuras 45 y 46), para después vaciar la disolución en un recipiente (figura 47).

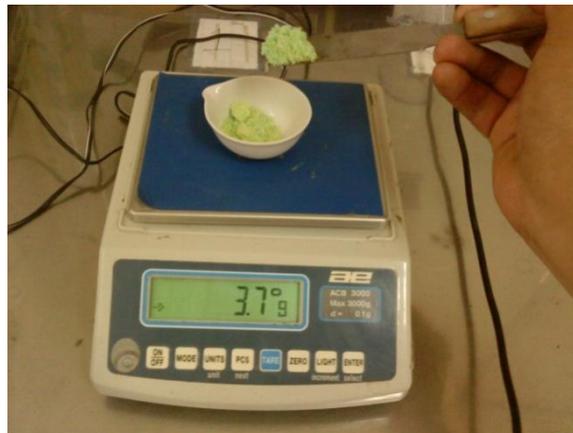


Figura 44. Medición de cada fertilizante.



Figura 45. Fertilizantes a utilizar en un mínimo de agua.



Figura 46. Disolución de los fertilizantes.



Figura 47. Vaciado a los contenedores finales.

Las SM con los macronutrientes fueron vaciadas en recipientes de 4 litros de capacidad, y los micronutrientes se colocaron en depósitos de 1, y medio litro (figura 48).



Figura 48. Soluciones Madre de los nutrientes.

Como cada SM tenía la cantidad de nutrientes necesarios para preparar una solución nutritiva de 1000 litros, solo se tomaba de éstas la parte proporcional para elaborar 60 litros de solución nutritiva (figura 49). Así primero se aplicaba el ácido, enseguida los nitratos, seguidos por los sulfatos, y al final los micronutrientes, después de aplicar todos los nutrientes (figura 50), se aplicaba agua hasta aforar a la boca de los botes (20 litros de capacidad), (figura 51), y de esta manera quedaba la SN lista para aplicarse al sistema T.L.N., (figura 52).



Figura 49. Preparación de las soluciones madre.



Figura 50. Aplicación de la parte proporcional de la SM a la SN.



Figura 51. Aplicación de agua para aforar a 20 litros.



Figura 52. Solución nutritiva preparada.

Esta solución era aplicada al sistema para sustituir para la que ya había en la bandeja (figura 53), y de esta forma renovar los nutrientes, y el agua necesaria en

la producción de lechugas. Este cambio se hacía diariamente. En días con temperatura alta, el sistema consumía el 50 % de la solución aplicada.



Figura 53. Renovación de la solución nutritiva.

1.1.2.6. Aplicación de la Solución Nutritiva

Después de aplicar la SN a la bandeja del sistema de tubería de P.V.C., era encendida la bomba sumergible, la cual bombeaba la SN de la bandeja al sistema T.L.N., la SN recorre todos los tubos proporcionando a las plantas los nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo (figura 54). Al salir la SN del sistema vuelve a la bandeja, mezclándose con el resto de la SN, volviendo a entrar al sistema, haciendo que haya un constante suministro de agua y nutrientes. Aparte la SN también aporta oxígeno (O_2) que se obtiene del aire en la circulación.



Figura 54. Sistema N.F.T.

El oxígeno fue suministrado de forma artificial a la solución, es decir no se disolvió ni se aplicó oxígeno a la SN, la bomba sumergible tenía dos salidas, una era

usada para inyectar la SN al sistema y la otra hacia mover la SN de tal forma que ocasionaba un revuelco, moviéndose y oxigenándose a la vez (figura 55).



Figura 55. Oxigenación de la solución nutritiva.

La solución nutritiva recorre el sistema cíclicamente, y es impulsada por una bomba sumergible de un 1/8 (hp) de fuerza para ser depositada en una bandeja plástica (figura 56).



Figura 56. Bombeo y depósito de la solución nutritiva.

Cabe mencionar que no hay ningún tipo de sustrato como lo son la tierra, el tezontle, la lana de roca o el Peat Moss que proporcione a las plantas alguna nutrición y/o anclaje, se trata sólo de agua, oxígeno y fertilizantes esenciales para la planta (figura 57).



Figura 57. Solución nutritiva en el interior de los tubos.

1.1.2.7. Control de plagas y enfermedades

Aún en este tipo de sistemas de producción es necesario realizar distintas acciones para poder controlar la incidencia de plagas y enfermedades, a pesar de que existen métodos biológicos para llevar a cabo un control de los organismos que atacan a la lechuga estos suelen ser costosos y muchas veces difíciles de encontrar.

Para realizar el control de las plagas y enfermedades presentadas en la producción de este experimento se realizaron básicamente dos tipos de control, Control Químico y Control Cultural.

a) Control Químico

El control químico consistió en hacer uso de agroquímicos (figura 58) contra las plagas y enfermedades que se presentaron en la lechuga.



Figura 58. Agroquímicos utilizados.

La aplicación de los agroquímicos se hizo utilizando una bomba manual de aspersión de 4 litros de capacidad (figura 59), para la preparación de los productos a utilizar se pesó y midió (figura 60) los ingredientes activos, para después colocar cada uno de ellos dentro de la bomba de aspersión (figura 61). Fueron utilizados productos químicos que no reaccionarán alcalinamente ya que puede inhibir la acción de algunos ingredientes activos. Las aplicaciones se hicieron dirigiendo la aspersión a las hojas, procurando hacer una aplicación homogénea (figura 62).



Figura 59. Bomba de aspersión manual.



Figura 60. Medición de los químicos a utilizar.



Figura 61. Vaciado de los productos químicos a asperjar.



Figura 62. Aplicación de agroquímicos al cultivo.

En el caso de las plagas los insectos que más daño causaron al cultivo fueron los gusanos y los trips, aunque también hubo incidencia de mosquita blanca, no se detectó presencia de araña roja aunque también se hicieron aplicaciones para prevenir a este ácaro.

En el cuadro 4 se muestran los ingredientes activos de los productos utilizados, y la plaga para el cual se utilizó el producto.

Cuadro 4. Productos utilizados

No.	Ingrediente activo	Concentración/L de agua	Plaga
1	Abamectina	0.5 ml	Araña roja y minadores
2	Imidacloprid	0.4 ml	Mosquita blanca y trips
3	Permetrina	0.5 ml	Gusanos
4	Cobre	1.0 g	Araña roja
5	Acefate	0.5 g	Mosquita blanca
			Gusanos

Para el caso de las enfermedades casi no se presentaron problemas en la parte aérea de las lechugas, aun así se hicieron aplicaciones preventivas con sulfato de cobre penta-hidratado. Los problemas por hongos se presentaron en las raíces y es aquí en donde se realizaron aplicaciones curativas y preventivas contra Damping Off, las aplicaciones se hicieron a través del mismo sistema de riego (figura 63), donde el fungicida pasaba a través de los tubos de P.V.C., y humedecía las raíces controlando y previniendo las enfermedades, los productos utilizados fueron principalmente sistémicos.



Figura 63. Aplicación de fungicidas en el riego.

Los productos químicos utilizados para el control de Damping off se muestran en el cuadro número 5.

Cuadro 5. Fungicidas utilizados en riego.

No.	Ingrediente activo	Enfermedad	Dosis/litro de agua
1	Tiofanato metil	Damping off	0.7 g
2	Propamocarb clorhidrato		0.5 ml
3	Carbendazim		0.5 ml

b) Control Cultural

El control cultural consistió en hacer revisiones al cultivo para detectar algún síntoma de enfermedad o alguna plaga, su identificación y posible control con productos químicos, además de colocar una barrera de polietileno alrededor del área de producción (figura 64 y figura 65), con lo que se pretendió disminuir la presencia de plagas y enfermedades en las plantas de lechuga, además de reducir el paso a vectores y al polvo.



Figura 64. Colocación del polietileno.



Figura 65. Aseguramiento del polietileno.

1.1.2.8. Cosecha

La cosecha se realizó a los 50 días después del trasplante (ddt) de las plántulas de lechuga al dispositivo, con lo cual acumuló un total de 80 días de producción, incluyendo la etapa de germinación y la etapa de plántula (figura 66).

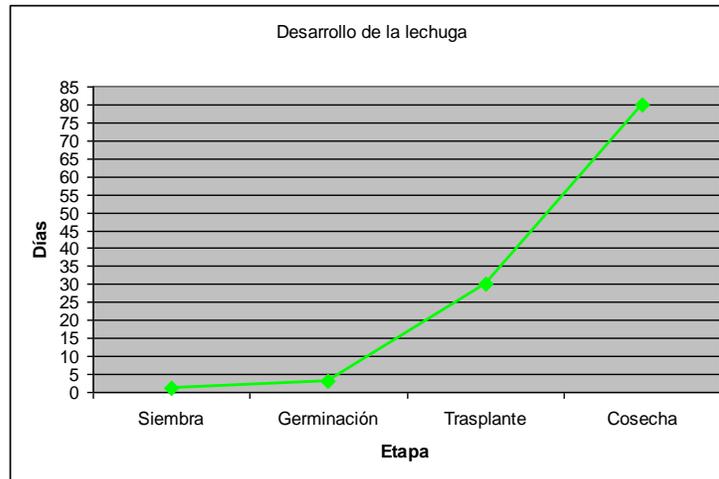


Figura 66. Desarrollo del cultivo de lechugas.

Antes de realizar la cosecha, se eliminó el flujo de la solución nutritiva, también se drenó parte de la solución nutritiva situada dentro de los tubos en los dos niveles de producción, y enseguida se realizó la cosecha (figura 67).



Figura 67. Cosecha de lechugas.

La cosecha consistió en sustraer cada planta de lechuga de su orificio de producción (figura 68), para ello se eliminó parte de la raíz, ya que en algunos casos no se podía sacar la planta entera (raíz, tallo y hojas) del dispositivo, después de haber sacado cada planta se dejaron escurrir para eliminar el exceso de agua y así no cuantificar el agua como parte del rendimiento.



Figura 68. Extracción de las lechugas del dispositivo.

Posteriormente, la parte aérea (hojas y tallo) fue separada de las raíces (figura 69), enseguida cada lechuga fue colocada en la báscula para medir su peso (figura 70) y registrarlo en la tabla de resultados (cuadro 6).



Figura 69. Separación de parte aérea y raíces.



Figura 70. Obtención del peso de cada planta.

Cuadro 6. Rendimientos obtenidos de lechugas hidropónicas.

Tratamiento	Repetición	Posición					
		1	2	3	4	5	6
1	1	50	68	121	118	47	77
	2	45	85	112	104	109	109
	3	83	113	126	123	126	126
	4	99	106	111	109	125	125
	5	89	118	110	127	136	136
	6	115	89	86	102	107	107
	7	73	103	95	118	103	103
	8	79	105	104	122	146	146
	9	109	99	119	129	125	125
	10	0	103	0	99	0	147
2	1	102	97	107	116	102	0
	2	112	103	110	109	94	0
	3	114	91	104	71	88	0
	4	124	101	101	72	113	0
	5	65	105	110	108	111	0
	6	100	99	108	93	79	0
	7	114	84	119	114	89	0
	8	103	110	118	125	30	0
	9	103.4	148	106.4	120	101.6	0
	10	0	99.4	0	95.2	0	0

1.1.2.9. Desarrollo del cultivo de lechuga

Durante los 50 días que duró la producción del cultivo de lechuga en el sistema T.L.N., las plantas presentaron distintos estados fenológicos y por lo tanto distintos tamaños, desde la semilla hasta la cosecha. Como se muestra en las siguientes figuras (figura 71 a figura 74).



Figura 71. Semillas de lechuga.



Figura 72. Plántulas de lechuga de 4 semanas de edad.



Figura 73. Plántulas de lechuga en su sitio de producción.



Figura 74. Típica raíz fibrosa.

Cabe mencionar que se hicieron 3 intentos de producción, pero los dos primeros intentos fallaron por motivos de sanidad, ya que hubo presencia de Phytium, con lo cual las plántulas de lechuga, se enfermaban a los pocos días de ser trasplantados, comenzando a presentar signos de muerte de raíces. Al recorrer la misma solución nutritiva por todas las plantas, rápido se diseminaba la enfermedad, provocando daños evidentes en pocas horas en todas las plantas.

Los datos aquí presentados pertenecen al tercer intento de producción, este intento ya no presentó síntomas de la enfermedad, pero se tomaron varias medidas de precaución, como aislar el área de producción poniendo polietileno alrededor del área, se desinfectó el área de producción con cloro al 10%, todo el sistema de tubería de P.V.C., fue desinfectado con cloro al 10% y solarización, se eliminó el paso de personas al área de producción y se aplicaron de forma seguida fungicidas sistémicos.

1.1.3. Diseño experimental

Se realizó un experimento con propósitos de producción en áreas pequeñas y poco iluminadas en el cual se estudió el comportamiento de lechuga tipo “orejona” producida en un sistema hidropónico, cultivada en condiciones de mediana intensidad lumínica, y para lo cual se usó un dispositivo metálico de dos niveles de producción. Para ello se utilizaron los materiales mostrados en el cuadro 7.

Cuadro 7. Materiales utilizados en el experimento.

No.	Cantidad	Concepto	Características
1	18	m	Tubo de P.V.C de 2" Hidráulico
2	104	plántulas	Lechuga orejona
3	4	Válvulas de esfera	P.V.C
4	2.5	m	Manguera plástica
5	1	Mesa	Metálica
6	1	Bandeja	20 litros de capacidad
7	1	Bomba	1/8 HP

Los tratamientos aplicados en el experimento, se diseñaron de la siguiente manera:

- Tratamiento 1 (T1): Producción de lechugas con mediana intensidad lumínica.
- Tratamiento 2 (T2): Producción de lechugas con baja intensidad lumínica.

El experimento fue llevado a cabo en el patio trasero del Anexo número 3 de la Subcoordinación de Riego, en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

En el experimento se usó un diseño experimental completamente al azar para determinar, si los tratamientos aplicados producen algún efecto sobre los resultados obtenidos a partir de las lechugas cosechadas.

El modelo estadístico usado en el diseño es: $Y_{ij} = \mu + 1 + \epsilon_{ij}$

Con los datos obtenidos de las cosechas (cuadros 8 y 9) se obtuvo la tabla de análisis de varianza o ANOVA (cuadro 10), y se propusieron las siguientes hipótesis:

- H_0 : Los niveles de producción producen iguales rendimientos.
 H_a : Al menos uno de los tratamientos es diferente.

Cuadro 8. Rendimientos obtenidos del experimento en gramos.

Tratamiento	Repetición	Posición					
		1	2	3	4	5	6
1	1	50	68	121	118	47	77
	2	45	85	112	104	109	109
	3	83	113	126	123	126	126
	4	99	106	111	109	125	125
	5	89	118	110	127	136	136
	6	115	89	86	102	107	107
	7	73	103	95	118	103	103
	8	79	105	104	122	146	146
	9	109	99	119	129	125	125
	10	0	103	0	99	0	147
2	1	102	97	107	116	102	0
	2	112	103	110	109	94	0
	3	114	91	104	71	88	0
	4	124	101	101	72	113	0
	5	65	105	110	108	111	0
	6	100	99	108	93	79	0
	7	114	84	119	114	89	0
	8	103	110	118	125	30	0
	9	103.4	148	106.4	120	101.6	0
	10	0	99.4	0	95.2	0	0

Cuadro 9. Total de las repeticiones en kg.

Tratamiento	Repeticiones									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.481	0.564	0.697	0.675	0.716	0.606	0.595	0.702	0.706	0.349
2	0.524	0.528	0.468	0.511	0.499	0.479	0.520	0.486	0.579	0.195

Cuadro 10. Tabla de Anova.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	F Tabulada	Significancia
Tratamientos	1	0.085	0.085	6.736	4.414	*
Error	18	0.226	0.013	---	---	---
Total	19	0.311	---	---	---	---

Conclusiones:

Con un nivel de significancia del 5% se concluye que:

1.- Los tratamientos aplicados produjeron distinto rendimiento, por lo tanto, se hizo una Prueba de Comparación de Medias (Tukey), con un alfa de 0.05, en el cual se calcularon los promedios de cada tratamiento (Cuadro 11).

Cuadro 11. Promedios de los rendimientos de cada tratamiento.

Tratamiento	Promedio (kg)	Promedios decrecientes
1	0.609	0.609 (T1)
2	0.479	0.479 (T2)

Encontrados los promedios, se prosiguió a calcular la DHS para el experimento estudiado:

$$DHS = qS$$

$$q = q_{GL(E),t, \alpha}$$

$$S = \sqrt{\frac{CM(E)}{r}} = \sqrt{\frac{(0.013)}{10}} = 0.0013$$

$$t = t_{GL(E),\alpha} = t_{18,2,0.05} = 2.97$$

$$qS = 0.0013 (2.97) = 0.003861$$

Al encontrar la DHS, se prosiguió a comparar los promedios, y a decidir que tratamiento fue el mejor estadísticamente.

$$T_1 \text{ vs } T_2: |1^\circ - 2^\circ| = 0.609 - 0.479 = 0.13 > 0.003861$$

Como la diferencia entre el promedio del tratamiento uno y el promedio del tratamiento dos es mayor que la DHS (0.003861), se concluye que el mejor tratamiento para producir lechugas hidropónicas en condiciones de baja luminiscencia es el tratamiento número uno, ya que éste presenta una mayor producción con respecto al número 2.

1.1.4. Costo beneficio

El dispositivo utilizado en el desarrollo del experimento, está integrado por tres sistemas, el sistema de soporte, el sistema hidráulico, y el sistema de inyección.

El sistema de soporte está integrado por una estructura metálica, hecha con tubular de 1". El costo de la estructura es de \$1000.00 pesos (cuadro 12).

Cuadro 12 Costo de la estructura metálica.

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Pesos)	Monto (Pesos)	Vida Útil (años)	% de depreciación	Costo por año de producción (\$)	Costo por ciclo de producción (\$)
Estructura metálica	Pieza	1	1000.00	1000.00	3	33.33	333.33	55.56

El sistema hidráulico está compuesto por distintas piezas de P.V.C., como tubo, válvulas, reducciones bushing, codos, entre otras. El costo total del sistema es de 1,177.21 pesos (cuadro 13).

Cuadro 13. Costo del sistema hidráulico.

Concepto	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Pesos)	Monto (Pesos)
Tubo de P.V.C.	RD-26 50	m	17.0	30.00	510.00
Tubo de P.V.C.	½" sanitario	m	1.0	6.50	6.50
Codo de P.V.C.	50 X 90	Pieza	22.0	16.50	352.00
Reducción bushing de P.V.C.	Hidráulico 50 X 13	Pieza	4.0	14.00	56.00
Válvula esfera de P.V.C.	½" cementante	Pieza	4.0	20.00	80.00
Sacabocados metálico	½"	Pieza	1.0	59.50	59.50
Cemento para P.V.C	Alta presión	Litro	0.240	250.00	60.00
Limpiador para P.V.C	Plomero	Litro	0.5	50.00	25.00
Estopa	Blanca	Kg	1.0	20.00	20.00
Lija	Plomero	m	1.0	8.21	8.21
Total					1177.21

Este sistema tiene una vida útil de 3 años, con lo cual tiene una depreciación del 33 % anual, y con ello un costo anual de 392.33 pesos (cuadro 14).

Cuadro 14. Costo por ciclo del sistema hidráulico.

Concepto	Monto (Pesos)	Vida Útil (años)	% de depreciación	Costo por año de producción (\$)	Costo por ciclo de producción (\$)
Sistema hidráulico	1177.21	3	33.33	392.33	65.39

El sistema de inyección es el encargado de hacer llegar la solución nutritiva al sistema hidráulico, este sistema tiene varios componentes, entre ellos una bomba de 1/8 (HP) de potencia. Este sistema tiene un costo de 785.00 (cuadro 15).

Cuadro 15. Costo por ciclo del sistema de inyección.

Concepto	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Pesos)	Monto (Pesos)
Bomba	sumergible	pieza	1	720.00	720.00
Bandeja	20 L	Pieza	1	50.00	50.00
Manguera	½ "	M	2.5	6.00	15.00
Total					785.00

Este sistema al igual que los anteriores tiene una vida útil de 3 años, con lo cual debido a la depreciación (33.33 %) su costo anual es de 261.67 (cuadro 16).

Cuadro 16. Costo anual del sistema de inyección.

Concepto	Monto (Pesos)	Vida Útil (años)	% de depreciación	Costo por año de producción (\$)	Costo por ciclo de producción (\$)
Sistema de inyección	785.00	3	33.33	261.67	43.61

1.1.5. Costo de producción por ciclo

El costo de producción por planta de lechuga producida por medio de este sistema es de 3.20 pesos, a continuación se muestran los datos de costos de producción (cuadros 17 a 20).

Cuadro 17. Costo del trasplante por ciclo.

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Pesos)	Monto (Pesos)
Lechugas	Plántula	100	0.25	25.00
Fungicida	Litro	0.03	120.00	3.60
Vasos del "0"	Bolsa	1	20.00	20.00
Esponja	Pieza	1	30.00	30.00
Total				78.6

Cuadro 18. Costo de fertilización de lechuga por ciclo.

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Pesos)	Monto (Pesos)
Nitrato de potasio	Kg	0.2922	17.00	4.967
Nitrato de calcio	Kg	1.9819	13.00	25.765
Ácido fosfórico	Kg	0.0766	13.00	0.996
Sulfato de potasio	Kg	0.6226	22.00	13.697
Sulfato de magnesio	Kg	0.9552	22.00	21.014
Sulfato ferroso	Kg	0.0377	22.00	0.829
Sulfato de manganeso	Kg	0.0036	22.00	0.079
Tetraborato de sodio	Kg	0.0019	22.00	0.042
Sulfato cúprico	Kg	0.0016	22.00	0.035
Sulfato de zinc	Kg	0.0013	22.00	0.029
Total		3.9746	---	67.453

Cuadro 19. Costo de control de plagas y enfermedades por ciclo.

Concepto	Presentación comercial	Cantidad requerida	Precio unitario	Monto
Mastercop	L	0.05	650.00	32.50
Derosal [®]	L	0.05	415.00	20.75
Cercobin [®]	Kg	0.05	230.00	11.50
Curzate [®]	Kg	0.1	360.00	36.00
Previcur N	L	0.25	230.00	57.50
Agrimec [®]	L	0.05	280.00	14.00
Orthene Ultra [®]	Kg	0.05	250.00	12.50
Manzate [®]	kg	0.05	50.00	2.50
Total				187.25

Cuadro 20. Costo por mano de obra.

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Pesos)	Monto (Pesos)
Mano de obra	Horas	90	15.00	1350.00
Total				1350.00

Con los datos anteriores se calculó el costo de producción de lechuga hidropónica producida (cuadro 21).

Cuadro 21. Costo de producción del cultivo de lechuga.

Concepto	Monto (Pesos)
Trasplante	78.60
Fertilización	67.45
Control de plagas y enfermedades	187.25
Mano de obra	0.00*
Total	333.33

* Se consideró ya que se trata de una producción a nivel familiar.

Obtenido el costo de producción, se obtuvo el costo de producción por planta, al producirse 104 plantas de lechuga por ciclo en el dispositivo, estas obtienen un costo de producción de 3.20 pesos.

A los 3.20 pesos se suman el costo de cada sistema (sistema de soporte, sistema hidráulico y sistema de inyección) y con esto se obtiene el costo total de producción (cuadro 22).

Cuadro 22. Costo de producción por ciclo.

Concepto	Monto (Pesos)
Costo de la producción por planta	332.80
Costo del sistema de soporte	55.56
Costo del sistema hidráulico	65.39
Costo del sistema de inyección	43.61
Total	497.36

Con lo que se obtuvo un costo de producción total de 497.36 pesos por ciclo.

1.1.6. Relación Costo/Beneficio de producción a un año y a tres años

En un año pueden producirse seis ciclos consecutivos de producción, con lo cual el costo de producción anual se eleva a 2984.16 pesos. La producción de lechugas se eleva a 624, teniendo un precio anual promedio de 15.00 pesos por lechuga Hidropónica, se obtiene un ingreso bruto de 9,360.00 pesos, menos el costo de producción, se obtiene un ingreso de 6,375.84 pesos, es decir hay una Relación Costo Beneficio de 2.14, con lo cual por cada peso invertido, se recuperan 2.14 pesos.

En tres años pueden cultivarse 1,872 lechugas, en el mismo dispositivo, manteniendo un precio promedio de venta al consumidor de 15 pesos por pieza, se obtiene una ganancia bruta de 28,080.00 pesos, menos el costo de producción de 8952.48, las ganancias totales son de 19,127.52 pesos.

1.2. Tubos Verticales con Diversos Sustratos

1.2.1. Generalidades

1.2.1.1. Antecedentes

En el contexto económico actual, el objetivo de la explotación agrícola es la obtención de los máximos beneficios sociales-económicos y ambientales. Esto implica por un lado un uso más racional de los recursos del medio ambiente (suelo-agua-clima) y por otro lado usar en los sistemas de producción, elementos como: semillas mejoradas con mayor capacidad productiva, fertilizantes, control de plagas y enfermedades, tecnologías de riego y técnicas de cultivo apropiadas, Guzmán (2004) citado por Rodríguez (2007).

Los cultivos hortícolas, necesitan una adecuada nutrición hídrica que pueda garantizar la capacidad productiva de las diferentes especies o variedades. La aplicación del riego de manera inadecuada o desproporcionada influye desfavorablemente sobre los rendimientos y sobre la calidad de la cosecha. En algunos casos puede producir retrasos indeseables en el ciclo productivo (Romero, *et al.* 2009).

1.2.1.2. El pepino

El pepino, al igual que casi todos los cultivos comúnmente denominados hortalizas (figura 75), presenta características muy particulares: es de rápido crecimiento, con un alto índice de acumulación de biomasa y con un sistema radical poco profundo; por lo que para lograr altos rendimientos es necesario utilizar sistemas de producción que garanticen un adecuado y oportuno aprovisionamiento de agua (Romero, *et al.* 2009).



Figura 75. Cultivo de pepino.

El pepino es originario de las regiones tropicales de ASIA (Sur de Asia), siendo cultivado en la India desde hace más de 3000 años. Dentro de las características generales es una planta anual, herbácea de crecimiento rastrero e indeterminado (Casaca, 2005).

El cultivo del pepino tiene un alto índice de consumo, en fresco, representando una alternativa de producción para el agricultor, tanto para mercado interno, como con fines de exportación (Casaca, 2005).

1.2.1.3. Sustratos

El cultivo en hidroponía requiere de ciertas condiciones y medios para llevarse a cabo y lograr un aumento en la producción. Uno de los principales factores que determinan el éxito o fracaso en sistemas hidropónicos es el sustrato o medio de crecimiento (Cabrera, 1999; Howard 1998; Morel *et al.*, 2000; Pastor, 2000).

Entendemos por sustrato un medio sólido inerte (figura 76), que tiene una doble función: la primera, anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles la respiración y la segunda, contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan (Calderón y Cevallos, 2003).



Figura 76. Sustratos comúnmente utilizados en la producción de pepino.

La caracterización de las propiedades físicas y químicas de los sustratos, o medios de crecimiento, es crucial para su uso efectivo y en gran medida condiciona el potencial productivo de las plantas, pues constituyen el medio en el

que se desarrollarán las raíces, las cuales tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Ünver *et al.*, 1989; Brücker, 1997; Lemaire, 1997).

Un sustrato hidropónico debe reunir un conjunto de características que lo hagan apto para el cultivo. No siempre un sustrato reúne todas las características deseables; por ello a veces se recurre a mezclar diversos materiales, buscando que unos aporten lo que les falta a otros (Calderón y Cevallos, 2003). Cuando se planta un Cultivo Hidropónico se debe tener en cuenta una serie de aspectos que hemos llamado el decálogo del sustrato, el cual se encuentra en el cuadro 23.

Cuadro 23. Características físicas del sustrato.

No.	Características que debe tener el sustrato
1	Retener humedad
2	Permitir buena aireación
3	Permitir buena estabilidad física
4	Ser inerte químicamente
5	Ser inerte biológicamente
6	Tener buen drenaje
7	Tener capilaridad
8	Ser liviano
9	Ser de bajo costo
10	Estar disponible

a) Cáscara de Coco

Es un material orgánico de lenta descomposición que resulta como subproducto en las plantaciones de Coco de Sri Lanka, India y Filipinas (figura 77). Se comercializa en bloques compactados, presentación que cumple la función de abaratar costos de transporte. Para su empleo se deben rehidratar, con lo cual alcanzan a expandir su volumen aproximadamente 3.5 veces (1 ton compactada equivale a 12 m³ de sustrato descompactado), (Calderón y Cevallos, 2003).



Figura 77. Fibra de coco, subproducto de la fruta del cocotero.

A pesar de ser un material orgánico, su descomposición es muy lenta debido a su elevado contenido de lignina (45 %). Es un material duro de descomponer (figura 78). En Holanda donde se inició su utilización, se ha reportado una vida de 8 a 10 años, sin embargo en el Ecuador en los cultivos donde se ha utilizado se han proyectado para una vida útil de 4 a 6 años (Calderón y Cevallos, 2003).



Figura 78. Fibra de coco utilizada como sustrato.

La cáscara de coco contiene dos clases de material. Uno de aspecto parecido al corcho, pero de poro abierto, de gran capacidad de absorción de agua y de gran capilaridad y otro consistente de fibras de longitud variable que pueden llegar hasta 4 cm de longitud. En algunas explotaciones se retira la fibra a la cual se le dan usos textiles y el material corchoso resultante se comercializa como sustrato para cultivos hortícolas (Calderón y Cevallos, 2003).

La cáscara de coco que se produce en regiones costeras suele ser un material rico en sales, especialmente sodio y cloruros. Estos deben ser evacuados previamente a su utilización como sustrato hidropónico, lo cual es una práctica relativamente fácil ya que estas sales no se encuentran fuertemente retenidas por el sustrato (Calderón y Cevallos, 2003).

Sus principales propiedades físicas se resumen en el cuadro siguiente:

Cuadro 24. Propiedades físicas de la cáscara de coco.

Característica	Cantidad	Unidad
Densidad	0.08 - 0.12	gr/cm ³
Porosidad Total	80-82	%
Espacio Poroso Mayor (>200 um)	8-12	%
Espacio Poroso Intermedio (>30 y <200)	4-6	%
Espacio Poroso Capilar	60-66	%
Capacidad de Aire	20 - 30	%
Agua fácilmente disponible, AFD,	45-60	%
Granulometría % del Peso Total		

Característica	Cantidad	Unidad
Pasando malla 4	60	%
Pasando malla 16	36	%
Fibra de 2 a 3 cm	4	%

b) Tierra de monte

La tierra de monte es un recurso forestal no maderable, que se origina por la acumulación de suelo y materia orgánica, principalmente en los bosques de coníferas (Anónimo, 1996).

Es el material de origen mineral y orgánico que se acumula sobre terrenos forestales y de aptitud preferentemente forestal (figura 79). Generalmente la tierra de monte es extraída de suelos andosoles de origen volcánico (Anónimo, 1996). Presenta partículas pequeñas y medianas, texturas de fina a media, que les dan diferentes características en cuanto a retención de humedad, aireación, drenaje y estabilidad física (Bastida, 1999).



Figura 79. Tierra de monte o mantillo.

Dentro de las tierras de monte esta la tierra negra, que corresponde a un andosol pélico, que es de textura fina con partículas pequeñas, que presentan mala aireación y drenaje deficiente, cuando está seca se dificulta hidratarlas, pero presenta buena retención de humedad, con pH ácido y alta capacidad de intercambio catiónico, aportando nutrientes al complejo de la fertilización de las plantas (figura 80). Presenta capacidad amortiguadora variable, el contenido de sales también es variable y debe emplearse una vez que se haya esterilizado. Su estabilidad física es apropiada una vez humedecida (Burés, 1997).



Figura 80. Mantillo utilizado como sustrato.

1.2.1.4. Recipientes y Contenedores

Los cultivos hidropónicos son cultivos sin tierra, es por ello que se necesitan recipientes en los que se pondrá el material (sustrato) que va a sustituir a la tierra (Castañeda, 1997). Los tipos de recipientes y contenedores (figura 81), que se pueden usar o construir deben estar de acuerdo con el espacio disponible, las posibilidades técnicas y económicas y las necesidades y aspiraciones de progreso y desarrollo del grupo familiar (FAO, 1997).



Figura 81. Bolsas de plástico utilizadas como contenedor en una azotea.

1.2.1.5. Ácidos fúlvicos

Los ácidos fúlvicos constituyen una serie de compuestos sólidos o semisólidos, amorfos, de color amarillento y naturaleza coloidal, fácilmente dispersables en

agua y no precipitables por los ácidos, susceptibles en cambio de experimentar floculación en determinadas condiciones de pH y concentración de las soluciones de cationes no alcalinos (figura 82). Estos ácidos fúlvicos intervienen en los diferentes estados de nutrición de la planta haciendo la función de activador del metabolismo de las plantas. Se aplican con el riego (MMAMRM, 2008).



Figura 82. Ácidos fúlvicos.

1.2.1.6. El agua en las plantas

Las condiciones ambientales que limitan el crecimiento de las plantas también limitan su productividad y, por tanto, afectan el bienestar de la población humana, no sólo en lo que se refiere a la calidad y cantidad de alimentos sino también en cuanto a la calidad de su medio ambiente (figura 83). Las condiciones de limitación de agua inducen en las plantas respuestas que afectan su morfología, fisiología y metabolismo. Así, por ejemplo, las hojas cambian su ángulo de inclinación, se enrollan o se recambian, y se incrementa la relación del peso entre la raíz y la parte aérea (la raíz mantiene su velocidad de crecimiento, en tanto que la parte aérea la disminuye) (Covarrubias, 2008).



Figura 83. El agua en las plantas.

Entre los cambios fisiológicos y metabólicos que ocurren se encuentran la disminución en la síntesis de proteínas y, por tanto, en la velocidad de crecimiento, el aumento de cera en la cubierta de las hojas, cambios en la transpiración, en la respiración, en la fotosíntesis, en la distribución de nutrientes, etc., (Cobarrubias, 2009).

Uno de los procesos fisiológicos más sensibles al déficit de agua es el crecimiento celular, de manera que la sequía reduce el área foliar y acelera la senescencia de hojas maduras, cuando el déficit hídrico es severo (Davies y Zhang, 1991); además, la fotosíntesis y la transpiración se abaten debido a la reducción de la turgencia, al cierre estomático y al bloqueo a la difusión del CO_2 hacia el mesófilo (Kumar et al., 1994).

El déficit hídrico en etapas tempranas generalmente afectan el alargamiento y el tamaño final de las hojas, en cambio en estadios más avanzados se incrementa la senescencia foliar y la pérdida de follaje (figura 84), (Nuñez y Foster, 1996; Kramer, 1983). Esta disminución del área foliar, conjuntamente con una reducción en la conductancia estomática, pueden limitar tanto la intercepción de la energía solar como la tasa de fotosíntesis y finalmente la producción de materia seca en la planta (Dai et al., 1992; Hall y Shultz, 1980).



Figura 84. Senescencia de hojas.

1.2.2. Desarrollo del experimento

1.2.2.1. Fabricación del dispositivo

En el experimento se utilizaron 4 dispositivos similares, cada dispositivo está compuesto por un tubo de P.V.C., de 8" de diámetro y 1.6 m de largo, colocado sobre una bandeja plástica de 20 litros de capacidad (figura 85).

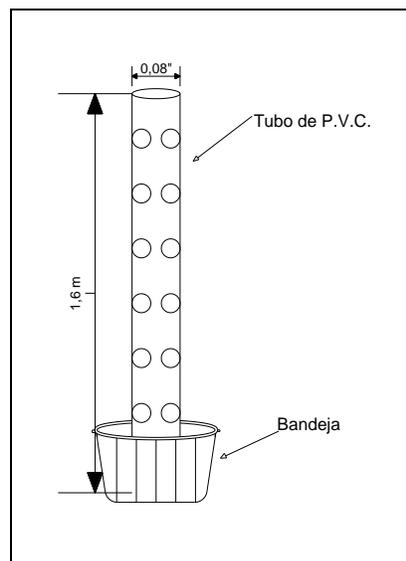


Figura 88. Dispositivo de producción vertical.

A los 4 dispositivos utilizados se aplicaron los tratamientos 1, 2, 3 y el testigo, y a cada tratamiento se realizaron 6, 12, 18 y 12 perforaciones respectivamente

(figura 86). Estas perforaciones de 3" de diámetro cada una, se colocaron a cada 14.5 cm entre perforación y perforación (figuras 87 y 88).

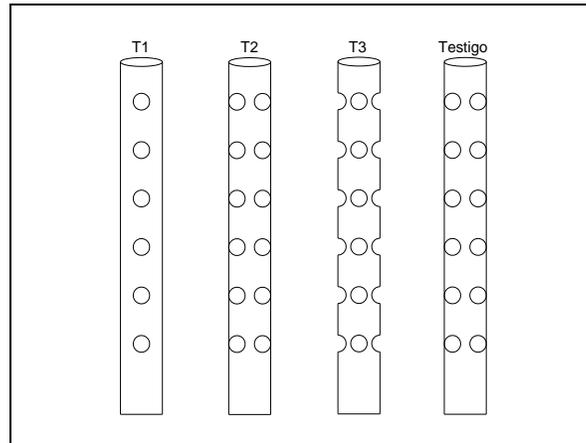


Figura 86. Perforaciones de producción en los tubos.



Figura 87. Diámetro de los orificios de producción.



Figura 88. Distancia entre orificio y orificio de producción.

En la parte inferior de cada tubo de P.V.C., utilizado, se colocó una tapa de acrílico, reforzada con una cruz de alambre (figura 89), con lo cual se evitó que el sustrato utilizado se saliera de los tubos.



Figura 89. Tapa de acrílico transparente.

Después de tener los tubos listos, cada tubo fue rellenado con tierra de monte y fibra de coco, alternando los sustratos en capas de 20 cm aproximadamente (figura 90). Inmediatamente después de colocar cada capa de sustrato dentro de los tubos, estos fueron colocados sobre una báscula para saber el peso de cada capa y anotarlo, y así llevar un registro (figura 91).



Figura 90. Rellenado de los tubos.



Figura 91. Toma de los pesos de cada tubo.

Al final del proceso de llenado de los tubos de P.V.C., cada tubo fue colocado sobre las bandejas (figura 92), estas bandejas recogerán el agua excedente de los riegos aplicados al cultivo de pepino.



Figura 92. Tubo y bandeja listos para la producción.

1.2.2.2. Plántulas

Las semillas de pepino fueron mandadas a germinar a un vivero especialista en la producción de plántulas de especies hortícolas. Para ello se utilizó semilla de pepino comprada en tienda de agroinsumos (figura 93). Estas semillas fueron llevadas al vivero, donde fueron sembradas y se produjeron las plántulas. Estas plántulas fueron entregadas cuando tenían 4 semanas de edad, en una charola de 200 cavidades. La charola presentó una emergencia de plántulas del 90 %, y de ese 90 % se utilizó el 21 % del total de las plántula para llevar a cabo el experimento de producción vertical (figura 94).



Figura 93. Semillas de pepino.



Figura 94. Plántulas de pepino.

1.2.2.3. Trasplante

Para el trasplante se usó plántula de pepino de 4 semanas de edad, las cuales contaban con un solo par de hojas verdaderas además de las hojas cotiledonares. Las plántulas a utilizar fueron seleccionadas, eligiendo las plantas más vigorosas, sanas y que no tuvieran un alargamiento de entrenudos (figura 95).



Figura 95. Selección de plántulas.

Para hacer el trasplante de las plántulas, en cada orificio de cada tubo, se hicieron huecos en el sustrato, los huecos se hicieron utilizando dos dedos, procurando abrir a una profundidad suficiente para tapar al cepellón, y que éste quedara al centro del orificio, y así evitar daños a los tallos de las plantas provocados por los bordes de los orificios en el tubo de P.V.C., (figura 96).



Figura 96. Trasplante de las plántulas de pepino al dispositivo.

1.2.2.4. Fertirriego

Los fertilizantes necesarios para el desarrollo y crecimiento del cultivo de pepino fueron aplicados por medio de la fertirrigación o fertigación, son los términos para describir el proceso por el cual los fertilizantes son aplicados junto con el agua de riego (Sánchez, 2000).

En todos los riegos (a excepción de los días en que se aplicaba fungicida), fue aplicada una solución nutritiva (SN), compuesta por diferentes fertilizantes solubles (figura 97) y reforzada con ácidos fúlvicos.



Figura 97. Fertilizantes utilizados.

Esta solución (figura 98), fue aplicada diariamente durante la duración del ciclo del pepino, la cantidad usada variaba con las condiciones del día, los fertilizantes utilizados y las cantidades requeridas son mostrados en el cuadro 25.



Figura 98. Solución nutritiva.

Cuadro 25. Fertilizantes y cantidades usados.

No.	Fertilizante	g/1000 litros de agua
1	Nitrato de calcio	970.0
2	Sulfato de potasio	166.7
3	Sulfato de magnesio	600.0
4	Sulfato de cobre	0.4
5	Sulfato de fierro	15.0
6	Sulfato de manganeso	4.0
7	Ácido fosfórico (85 %)	131.0
8	Tetraborato de sodio (Bórax)	4.5
9	Sulfato de zinc	0.4
10	Ácidos fúlvicos	1000.0

La solución nutritiva era depositada al interior de los recipientes con ayuda de un embudo (figura 99), de los recipientes la SN pasaba a los tubos con las plantas a través de un tubín (figura 100), la solución trasminaba desde la parte superior de los tubos hasta la parte inferior, irrigando y aportando los nutrientes a las plantas.



Figura 99. Llenado de los recipientes con solución nutritiva.



Figura 100. Contenedor y tubín.

Todos los riegos fueron aplicados desde la parte superior de los tubos, el tubín utilizado tenía una longitud de 1 m aproximadamente, y el contenedor tenía una capacidad de 5 Litros para los tratamientos 1, 3 y el testigo, y de 6 Litros para el tratamiento número 2, ambos instrumentos de plástico, el contenedor fue colgado de un alambre colocado por encima de los dispositivos (figura 101).



Figura 101. Aplicación del riego a los tubos.

Del total del agua aplicada a cada tubo, había un excedente que no era absorbido por las plantas, retenido por el sustrato o evaporado, este excedente salía del tubo y se depositaba en las bandejas ubicadas en la parte inferior de cada tubo (figura 102).



Figura 102. Lámina excedente de riego.

El excedente de agua era retirado de las bandejas utilizando un tazón y un trapo (figura 103 y 104), para contabilizarla (figuras 105 y 106), y después ser desechada. No era reutilizada por fines de sanidad, evitando problemas de sanidad en las raíces, provocados principalmente por hongos como *Phytophthora* o *Phytium*.



Figura 103. Utilización de una bandeja para sacar el agua excedente.



Figura 104. Utilización de un trapo para sacar el agua excedente.



Figura 105. Medición del líquido drenado.



Figura 106. Obtención de la humedad del trapo.

El líquido drenado y contabilizado, durante el periodo de producción del cultivo de pepino, fue registrado, para poder calcular el consumo de agua por el cultivo durante los meses de producción (cuadro 26), y así realizar una comparación de los tratamientos aplicados, y poder determinar la cantidad de agua que necesita el cultivo de pepino.

Cuadro 26. Promedio del consumo diario de agua en los meses de producción.

Tratamiento	Meses de producción			
	Abril (lt/día)	Mayo (lt/día)	Junio (lt/día)	Julio (lt/día)
Testigo	2.28	1.01	0.87	1.54
1	1.65	2.88	4.99	3.07
2	1.94	3.34	8.03	6.51
3	2.35	4.11	7.72	4.91

1.2.2.5. Preparación de la solución nutritiva

Para preparar la solución nutritiva, cada fertilizante fue pesado según las especificaciones del cuadro número 13 (figura 107), pero sólo se pesaba la parte proporcional para 40 litros de agua, después los fertilizantes a utilizar eran colocados en una recipiente con un volumen conocido de agua para ser disueltos (figuras 108 y 109), enseguida cada disolución era vaciada a un recipiente (figura 110), al terminar de preparar cada solución de cada fertilizante, se preparaba la solución nutritiva la cual era aplicada a los tubos en producción.



Figura 107. Fertilizante pesado para 1000 litros de agua.



Figura 108. Fertilizante y agua, ingredientes para hacer una SN.



Figura 109. Disolución del fertilizante.



Figura 110. Vaciado de la disolución al recipiente de 500 ml.

Al tubo al cual se aplicó el testigo, sólo se aplicó agua de la llave, ya que no tenía ningún cultivo o planta a evaluar.

1.2.2.6. Tutorado de las plantas de pepino

Cumplidos 15 días del trasplante de las plántulas a los dispositivos verticales, se inició con la colocación de tutores horizontales. Los tutores sirven para guiar a las plantas hacia la dirección de producción más adecuada y también para dar sostén a las plantas de crecimiento indeterminado como pepinos, chiles, sandías o jitomates (figura 111), en este caso fue para guiar a las plantas de pepino producidas en los tubos verticales de P.V.C.



Figura 111. Tutorado horizontal del cultivo de pepino.

Encima de cada orificio de los tubos de P.V.C., de 8" de diámetro se realizó una perforación en la cual se insertó una armella (figura 112), y de allí se amarró un hilo (rafia) hacia un poste que se encontraba al lado opuesto del tubo de P.V.C., (figura 113).



Figura 112. Perforación, y colocación de las armellas a los tubos.



Figura 113. Hilos de soporte, colocados y tendidos.

Para realizar el tutoreo, se usaron anillos plásticos (figura 114), estos sirven para sujetar a cada tallo de pepino a las guías horizontales (figura 115), esta actividad se realizaba constantemente ya que los tallos crecían diariamente.



Figura 114. Anillos plásticos.



Figura 115. Guía de las plantas de pepino.

Las plantas adultas de pepino presentan zarcillos (figura 116), estos son tallos modificados en forma de resorte, y ayudan de forma natural a la planta a sujetarse de las superficies más próximas. Pero los zarcillos no siempre guían a la planta de la forma más apropiada para la producción (figura 117), es por ello que se colocan los hilos, y se sujeta con anillos para guiar a los tallo de una forma apropiada para la producción (figura 118).



Figura 116. Zarcillos en la planta de pepino.



Figura 117. Crecimiento inapropiado del pepino.



Figura 118. Crecimiento con ayuda de anillos (apropiado).

1.2.2.7. Control de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades para el cultivo de pepino en producción vertical consistió en hacer aplicaciones foliares y aplicaciones en riego. Las primeras hacen referencia a aplicaciones para controlar plagas y enfermedades que atacan la parte aérea de la planta (tallos, hojas y flores) y las segundas se enfocaron al control de enfermedades ubicadas en raíces y en sustrato.

Las aplicaciones foliares se realizaron utilizando una bomba manual de atomización con capacidad de 4 litros, estas aplicaciones se enfocaron a las hojas y tallos de las plantas, las cuales constituyen la parte aérea (figura 119). Las aplicaciones para las raíces se hicieron por medio de los riegos (figura 120), de esta forma al ser regadas las plantas también se hizo la aplicación de fungicidas.



Figura 119. Aplicación foliar aérea.



Figura 120. Aplicación de fungicidas en el riego.

Las plagas que se presentaron, y para las cuales se aplicó algún agroquímico fueron: mosquita blanca (figura 121), y minador de la hoja (figura 122), de las

enfermedades se presentó cenicilla (figura 123), para la cual se realizó aplicaciones con benomilo y con azufre.



Figura 121. Mosquita blanca.



Figura 122. Minador de las hojas.



Figura 123. Cenicilla en hojas de pepino.

El cuadro 27 muestra los ingredientes activos utilizados para el control de las plagas y enfermedades presentadas en el desarrollo del cultivo. Las aplicaciones aéreas fueron realizadas en horas con temperaturas frescas (8 am a 11 am).

Cuadro 27. Productos utilizados.

No.	Ingrediente activo	Concentración/L ¹ de agua	Forma de aplicación	Plaga/Enfermedad
1	Azufre	1.0 g	Aérea	Cenicilla
2	Benomio	1.0 g		Minador de las hojas
3	Abamectina	0.5 ml		Mosquita blanca y trips
4	Imidacloprid	0.4 ml		Mosquita blanca
5	Acefato	0.5 g		
6	Tiofanato metil	0.7 g	En riego	Damping off
7	Propamocarb clorhidrato	0.5 ml		
8	Carbendazim	0.5 ml		

1.2.2.8. Cosecha

Para realizar la cosecha, primero se seleccionaba el fruto a cortar (figura 124), después utilizando una navaja se realizaba el corte, éste se hizo por encima del pedúnculo del fruto (figuras 125 y 126). Los pepinos cosechados no presentaban estrías, tampoco tenían tricomas (salvo en el pedúnculo), tenían un color verde oscuro, y no presentaban deshidratación alguna (figura 127).



Figura 124. Selección del fruto a cosechar.



Figura 125. Realización del corte para cosechar el fruto.



Figura 126. Fruto de pepino cosechado.



Figura 127. Pepinos cosechados.

Después de realizar la cosecha, se obtenía el peso de cada ejemplar cortado (figura 128), para después ser repartido entre el personal del IMTA (figura 129),

los pesos obtenidos de los frutos eran anotados para llevar un registro de datos (cuadros 28, 29 y 30).



Figura 128. Obtención del peso del pepino.



Figura 129. Pepinos listos para su repartición.

Cuadro 28. Datos de la cosecha de pepino en el tratamiento 3.

Repetición	Cortes realizados	Línea 1		Línea 2		Línea 3		Total	
		Frutos	g	Frutos	g	Frutos	g	Frutos	g
1	1	1	335	1	123	1	196	3	654
	2	1	356	--	--	1	173	2	529
	3	1	465	--	--	1	136	2	601
	4	--	--	--	--	--	--	--	--
	5	--	--	--	--	--	--	--	--
Total		3	1156	1	123	3	505	7	1784
2	1	1	339	1	340	1	201	3	880
	2	1	331	2	410	1	295	4	1036
	3	1	471	--	--	2	595	3	1066
	4	2	774	--	--	--	--	2	774
	5	2	507	--	--	--	--	2	507
Total		7	2422	3	750	4	1091	14	4263
3	1	2	381	1	293	1	308	4	982
	2	1	339	1	372	1	271	3	982
	3	2	478	2	733	1	478	5	1689
	4	1	350	--	--	1	485	2	835
	5	--	--	--	--	1	276	1	276
Total		6	1548	4	1398	5	1818	15	4764
4	1	1	235	1	250	1	242	3	727
	2	1	387	2	573	1	213	4	1173
	3	1	277	1	384	--	--	2	661
	4	2	736	1	230	--	--	3	966
	5	--	--	--	--	--	--	--	--
Total		5	1635	5	1437	2	455	12	3527
5	1	1	240	1	207	1	200	3	647
	2	1	321	1	369	1	157	3	847
	3	1	363	--	--	--	--	1	363
	4	--	--	--	--	--	--	--	--
	5	--	--	--	--	--	--	--	--
Total		3	924	2	576	2	357	7	1857
6	1	1	220	1	202	1	183	3	605
	2	1	217	--	--	--	--	1	217
	3	--	--	--	--	--	--	--	--
	4	--	--	--	--	--	--	--	--
	5	--	--	--	--	--	--	--	--
Total		2	437	1	202	1	183	4	822
7	1	1	217	--	--	1	266	2	483
	2	1	208	--	--	1	198	2	406
	3	--	--	--	--	--	--	--	--
	4	--	--	--	--	--	--	--	--
	5	--	--	--	--	--	--	--	--
Total		2	425	--	--	2	464	4	889

Cuadro 29. Datos de la cosecha de pepino en el tratamiento 2.

Repetición	Cortes realizados	Línea 1		Línea 2		Total	
		Frutos	g	Frutos	g	Frutos	G
1	1	1	228	1	326	2	554
	2	1	183	1	324	2	507
	3	1	336	--	--	1	336
	4	1	203	--	--	1	203
	5	--	--	--	--	--	--
Total		4	950	2	650	6	1600
2	1	1	347	1	328	2	675
	2	1	354	1	360	2	714
	3	1	465	1	531	2	996
	4	1	206	1	283	2	489
	5	--	--	1	366	1	366
Total		4	1372	5	1868	9	3240
3	1	1	314	1	268	2	582
	2	1	347	1	354	2	701
	3	1	296	1	316	2	612
	4	1	413	--	--	1	413
	5	3	682	--	--	3	682
Total		7	2052	3	938	10	2990
4	1	1	303	1	316	2	619
	2	1	612	1	298	2	910
	3	1	354	1	386	2	740
	4	1	400	1	353	2	753
	5	--	--	--	--	--	--
Total		4	1669	4	1353	8	3022
5	1	1	149	1	215	2	364
	2	1	446	1	367	2	813
	3	1	174	--	--	1	174
	4	1	379	--	--	1	379
	5	--	--	--	--	--	--
Total		4	1148	2	582	6	1730
6	1	1	338	--	--	1	338
	2	--	--	--	--	--	--
	3	--	--	--	--	--	--
	4	--	--	--	--	--	--
	5	--	--	--	--	--	--
Total		1	338	--	--	1	338
7	1	1	235	1	216	2	451
	2	1	168	--	--	1	168
	3	--	--	--	--	--	--
	4	--	--	--	--	--	--
	5	--	--	--	--	--	--
Total		2	403	1	216	3	619

Cuadro 30. Datos de la cosecha de pepino en el tratamiento 1.

Repetición	Cortes realizados	Línea 1		Total	
		Frutos	g	Frutos	g
1	1	1	262	1	262
	2	1	369	1	369
	3	1	442	1	442
	4	1	261	1	261
	5	--	--	--	--
Total		4	1334	4	1334
2	1	3	543	3	543
	2	1	265	1	265
	3	1	225	1	225
	4	1	269	1	269
	5	--	--	--	--
Total		6	1302	6	1302
3	1	1	379	1	379
	2	2	833	2	833
	3	1	423	1	423
	4	2	759	2	759
	5	1	309	1	309
Total		7	2703	7	2703
4	1	1	246	1	246
	2	1	322	1	322
	3	1	214	1	214
	4	1	247	1	247
	5	--	--	--	--
Total		4	1029	4	1029
5	1	1	361	1	361
	2	1	328	1	328
	3	--	--	--	--
	4	--	--	--	--
	5	--	--	--	--
Total		2	689	2	689
6	1	1	177	1	177
	2	1	224	1	224
	3	1	173	1	173
	4	1	334	1	334
	5	--	--	--	--
Total		4	908	4	908
7	1	1	338	1	338
	2	1	217	1	217
	3	1	265	1	265
	4	--	--	--	--
	5	--	--	--	--
Total		3	820	3	820

Cuando se realizaban las cosechas del pepino había algunos frutos que eran grandes y otros pequeños (figura 130), siendo los frutos grandes los que se presentaban en la parte media, y los frutos pequeños en la parte baja y alta de los dispositivos.



Figura 130. Distintos tamaños de los frutos de pepino.

La mayor productividad de pepinos se presentó en el tubo de P.V.C., con el tratamiento número 3 (T3) con el 44.5 % del total de los frutos cosechados, la productividad más baja fue del tratamiento 1 (T1) con el 21.8% del total cosechado (figura 131), y el tratamiento número 2 tuvo una productividad del 33.7 % del total de la producción de frutos de pepino.

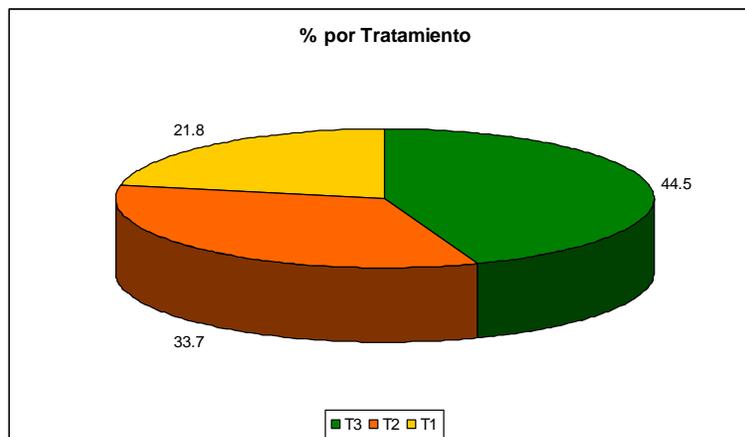


Figura 131. Porcentaje de productividad de los tratamientos.

El tratamiento número tres tuvo la mayor cantidad de pepinos cosechados con 63 piezas (figura 132), siguiéndole el tratamiento número 2 con 43 frutos cortados y al final el tratamiento número uno con 30 frutos cosechados.

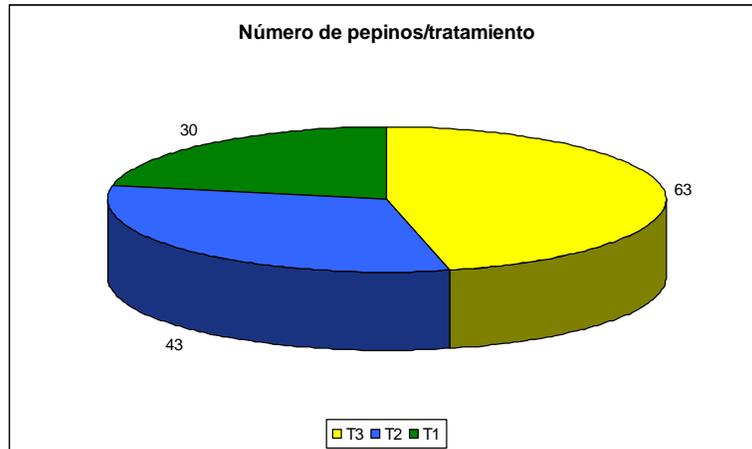


Figura 132. Cantidad de pepinos cosechados por tratamiento.

1.2.2.9. Desarrollo del cultivo

Las plantas de pepino se desarrollaron plenamente, respondiendo adecuadamente al crecimiento vertical al que se dispuso y a la nutrición. Hubo polinización de flores (figura 133), desarrollo y crecimiento de los frutos (figura 134), crecimiento de las plantas (figura 135), bastantes frutos por planta (figura 136), y una cosecha (figura 137).



Figura 133. Flores de pepino.



Figura 134. Crecimiento de frutos.



Figura 135. Crecimiento de plantas.



Figura 136. Frutos de pepino creciendo.



Figura 137. Pepinos cosechados.

1.2.3. Diseño experimental

El experimento fue llevado a cabo en el patio trasero del Anexo número 3 de la Subcoordinación de Riego ubicada en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

El diseño experimental aplicado fue “completamente al azar” para determinar si los tratamientos difieren entre sí en los resultados obtenidos a partir de la recolección de los excedentes de agua de cada tratamiento. Para ello cada tubo

de P.V.C, fue dividido en 7 secciones de arriba hacia abajo, a cada sección se le dio un número, éste corresponde al número del bloque al que pertenece. La figura 138 muestra el acomodo al de los niveles de producción en los tubos de P.V.C.

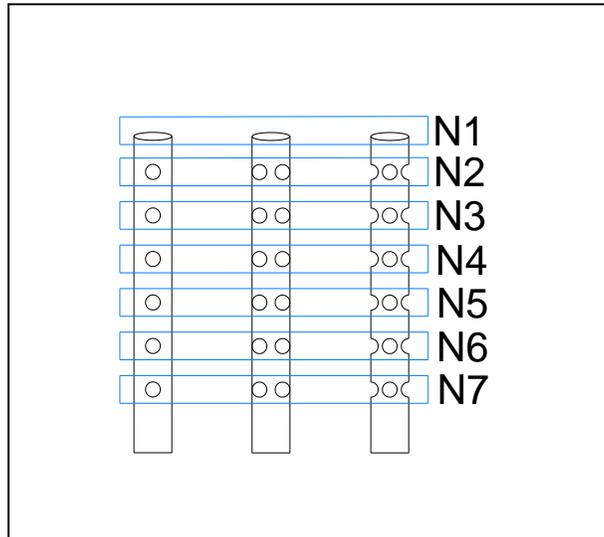


Figura 138. Acomodo de los niveles de producción en cada tubo.

El modelo estadístico usado en el diseño es: $Y_{ij} = \mu + 1 + \epsilon_{ij}$

Se realizó un experimento en el cual se desea obtener el mayor rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) utilizando un mínimo de agua en tubos de P.V.C., con tres distintas densidades de plantación. Para ello se aplicaron 3 tratamientos y un testigo, los tratamientos antes mencionados son descritos de la siguiente manera:

- Testigo: Densidad de plantación = 0 plantas.
- Tratamiento 1 (T1): Densidad de plantación = 7 plantas.
- Tratamiento 2 (T2): Densidad de plantación = 14 plantas.
- Tratamiento 3 (T3): Densidad de plantación = 21 plantas.

Los datos registrados por cada tratamiento durante cada semana de producción son mostrados en el cuadro 31, estos datos son los promedios de la cantidad de agua consumida, desde la semana 1 (abril) hasta la semana número 16 (mes de julio).

Cuadro 31. Promedios del consumo de agua por los tratamientos aplicados.

Mes	Semana de producción	Tratamientos aplicados (Promedios)			
		T	1	2	3
Abril	1	2.04	1.59	1.75	2.01
	2	2.52	1.71	2.13	2.69
Mayo	3	1.92	1.79	2.14	2.73
	4	1.59	2.22	1.61	3.36
	5	0.04	1.35	0.89	2.19
	6	0.61	4.10	4.72	4.52
	7	0.88	4.92	7.32	7.75
Junio	8	0.87	5.81	9.46	8.02
	9	1.44	6.84	10.59	9.97
	10	0.74	6.13	9.73	9.20
	11	0.59	3.11	4.76	4.90
	12	0.69	3.07	5.60	6.49
Julio	13	0.69	3.09	7.30	5.91
	14	1.12	3.06	6.58	5.37
	15	1.62	2.65	5.36	3.67
	16	2.73	3.47	6.81	4.71

La figura 139, muestra el comportamiento de la absorción de agua en los 4 meses del experimento por cada tratamiento aplicado, y en la misma figura se observa que en la semana de producción No. 5 y en la semana No. 9 en los cuatro tratamientos hay picos mínimos y máximos respectivamente.

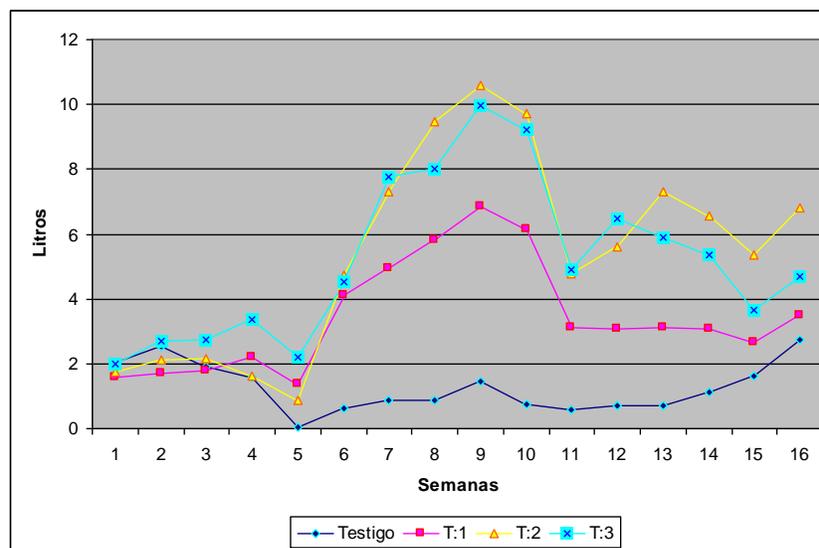


Figura 139. Comportamiento de la absorción de agua en el experimento.

El cuadro 32 muestra los rendimientos obtenidos en cada tratamiento y en cada nivel de producción de los tubos, estos datos representan a los cortes realizados a cada planta de cada nivel de producción ubicado en cada tubo.

Cuadro 32. Rendimientos en kilogramos obtenidos en el experimento.

Nivel de producción	Tratamientos				Total
	1	2	3	Testigo	
1	1.33	1.60	1.78	0.00	4.72
2	1.30	3.24	4.26	0.00	8.81
3	2.70	2.99	4.76	0.00	10.46
4	1.03	3.02	3.53	0.00	7.58
5	0.69	1.73	1.86	0.00	4.28
6	0.91	0.34	0.82	0.00	2.07
7	0.82	0.62	0.89	0.00	2.33
Total	8.79	13.54	17.91	0.00	40.23

Con los datos obtenidos de los rendimientos del cultivo de pepino (cuadro 33) se obtuvo la tabla del Análisis de Varianza (ANOVA) (cuadro 34), y se propusieron las siguientes hipótesis:

H_0 : Los tratamientos producen iguales tratamientos.

H_a : Al menos uno de los tratamientos es diferente.

Cuadro 33. Resultados obtenidos.

TRATAMIENTOS	Repeticiones							Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	
T1	1.33	1.30	2.70	1.03	0.69	0.91	0.82	1.26
T2	1.60	3.24	2.99	3.02	1.73	0.34	0.62	1.93
T3	1.78	4.26	4.76	3.53	1.86	0.82	0.89	2.56
Testigo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cuadro 34. Tabla de ANOVA.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada	F tabulada	Significancia
Tratamientos	3	25.203	8.401	5.333	3.555	SI
Error	24	26.780	1.575	--	--	--
Total	27	51.983	--	--	--	--

Conclusiones:

Con un nivel de significancia del 5% se concluye que los tratamientos aplicados produjeron distinto rendimiento, por lo tanto, se hizo una Prueba de Comparación de Medias utilizando la prueba de Tukey, con un alfa de 0.05, en el cual se tomaron los promedios de cada tratamiento (cuadro 33), y se acomodaron de forma decreciente (cuadro 35).

Cuadro 35. Promedios de los rendimientos de cada tratamiento.

Tratamiento	Promedio (kg)	Promedios decrecientes
1	1.26	2.56 (T3)
2	1.93	1.93 (T2)
3	2.56	1.26 (T1)
Testigo	0.00	0.00 (Tes)

Encontrados los promedios, se prosiguió a calcular la DHS (Diferencia Honestamente Significativa) para el experimento antes estudiado:

$$DHS = qS, \text{ y } q = q_{GL(E),t, \alpha}$$

$$S = CM(E)/r = 1.575/7 = 0.225$$

$$t = t_{GL(E),\alpha} = t_{17,4,0.05} = 4.02$$

$$qS = 0.225 (4.02) = 0.905^*$$

$$t = t_{GL(E),\alpha} = t_{17,3,0.05} = 3.62$$

$$qS = 0.225 (3.62) = 0.815^{**}$$

$$t = t_{GL(E),\alpha} = t_{17,2,0.05} = 2.98$$

$$qS = 0.225 (2.98) = 0.671^{***}$$

* Para comparar 4 Tratamientos.

** Para comparar 3 Tratamientos.

*** Para comparar 2 Tratamientos.

Al encontrar la DHS, se prosiguió a comparar los promedios, y a decidir que tratamiento fue el mejor estadísticamente.

$$T_3 \text{ vs } T_2: |1^\circ - 2^\circ| = 2.56 - 1.93 = 0.63 < 0.671$$

$$T_3 \text{ vs } T_1: |1^\circ - 2^\circ| = 2.56 - 1.26 = 1.26 > 0.815$$

$$T_3 \text{ vs } T_{es}: |1^\circ - 2^\circ| = 2.56 - 0.00 = 2.56 > 0.905$$

$$T_2 \text{ vs } T_1: |1^\circ - 2^\circ| = 1.93 - 1.26 = 0.67 < 0.671$$

$$T_2 \text{ vs } T_{es}: |1^\circ - 2^\circ| = 1.93 - 0.00 = 1.93 > 0.815$$

$$T_1 \text{ vs } T_{es}: |1^\circ - 2^\circ| = 1.26 - 0.00 = 1.26 > 0.671$$

El tratamiento número 3 es el mejor ya que produce en promedio un mayor rendimiento en la producción de pepino para el consumo familiar que los otros tratamientos aplicados. Pero el tratamiento número 2 es estadísticamente igual al tercer tratamiento, ya que al comparar la diferencia en rendimientos (promedios) de ambos tratamientos, la diferencia no es mayor que la DHS.

1.3. Estructuras de Producción en Capas, para Hortalizas y Hierbas de Olor con Fertirriego

1.3.1. Generalidades

En México, la necesidad de incrementar la producción agrícola en un contexto de escasa superficie cultivable por productor, de falta de agua, de heladas, y de serias limitaciones por topografía accidentada, erosión hídrica y eólica y salinidad, conduce a considerar como opción tecnológica el uso de sistemas de producción como la hidroponía y los invernaderos (figura 140) (Méndez, *et al.* 2005).



Figura 140. Producción de hortalizas en invernadero.

1.3.1.1. Macetas

Las macetas (figura 141), pueden ser plásticas, metálicas, de arcilla, de cerámica, de madera o cualquier otro utilizado en las macetas comúnmente disponible en viveros y tiendas de jardinería (Jackson & Williamson, 2004).



Figura 141. Macetas.

1.3.1.2. Contenedores

El contenedor es el recipiente donde se coloca el sustrato y debe tener suficiente espacio para el desarrollo radicular de las plantas y buen drenaje (figura 142). Además debe ser económico para reducir en lo más posible los costos de producción. Los contenedores más comunes que se pueden emplear son las bolsas de polietileno y los bancales de polietileno.



Figura 142. Lechugas creciendo en un contenedor de madera.

1.3.1.3. Cultivos

En el experimento se trabajó con los siguientes cultivos

a) Acelga

La acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*) es una planta de la familia de las *Chenopodiaceae*, cuyo nombre es *Beta vulgaris*, de hojas grandes y con el nervio central de las mismas carnosos y muy desarrollado, denominado penca, siendo esta la parte más comúnmente consumida (figura 143). Es una planta bianual, que necesita un periodo de clima frío que provoque el espigado de la planta y la aparición de la flor y de esta forma completar su ciclo. Este momento de floración, normalmente en el segundo año de cultivo, significa el final de su período productivo.



Figura 143. Acelga.

El color de las hojas puede ser variable dependiendo de la variedad utilizada. La planta se desarrolla muy bien con temperaturas templadas, siendo el periodo invernal una época de crecimiento muy lento. De la misma forma en el verano las plantas pueden tener un desarrollo deficiente por las altas temperaturas y la alta insolación.

b) Albahaca

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.), es una planta herbácea, anual, hasta de 50 cm de altura, muy aromática (figura 144). Tallo anguloso, muy ramificado. Hojas opuestas, pecioladas, aovadas, puntiagudas, anchas, de un color verde intenso, con glándulas de aceite. Flores blancas o rosadas. Semillas café oscuro o negras,

oblongas, oleosas. Florece en verano, época en que se colectan las partes útiles de esta planta (Anónimo, 2009).



Figura 144. Albahaca.

Es una planta de origen presumiblemente asiático, que se cultiva actualmente en muchas regiones cálidas y templadas del mundo, especialmente del área mediterránea. Se multiplica por semillas o esquejes (Anónimo, 2009).

c) Cilantro

El cilantro o coriandro (*Coriandrum sativum*) pertenece a la familia de la zanahoria, y es originario de la región mediterránea. Es la hierba más utilizada en el mundo (figura 145). La planta, como flor, puede alcanzar una altura de un metro. El follaje es muy fino y parece perejil pero tiene un sabor dulce-almizcleño. El cilantro es una hierba muy versátil que se utiliza en la cocina oriental, caribeña, italiana y mexicana. Se conoce por el nombre alternativo de perejil mexicano o chino. Los racimos planos de florecillas que se producen durante el verano se maduran y se convierten en semillas dulcemente aromáticas del coriandro. Sin embargo, la semilla fresca tiene un olor y sabor poco agradable, pero al secarse y madurarse se les quita y se vuelven de un aroma bastante agradable. De hecho, las semillas redondas pequeñas se vuelven más aromáticas durante el almacenamiento. Las semillas, que en efecto son los frutos, contienen un aceite esencial que se llama aceite de coriandro o coriandrol, lo cual consiste principalmente de linool (Everhart *et al.* 2003).



Figura 145. Cilantro.

d) Chile

El género *Capsicum* pertenece a la familia Solanaceae y comprende 20 a 30 especies que son originarias de los trópicos y subtrópicos de América (figura 146). Muchas de ellas se conocen desde los tiempos de colón, aunque la mayoría de las mismas son silvestres o se encuentran en estado semicultivado. En la actualidad se reconocen cinco especies domesticadas a pesar de que en el mercado parece haber muchas especies, todas ellas son conespecíficas de ancestros silvestres (Pickersgill, 1997).



Figura 146. Chile.

El chile es una planta arbustiva de 1 m de alto; presenta hojas oblongadas, acuminadas, largamente pedunculadas. La lámina foliar mide por lo regular de 4.5

a 6.5 cm de largo y 2 cm de ancho. Se caracteriza por presentar un tipo de inflorescencia axilar, con un cáliz verdoso y pétalos blancos. Las flores son hermafroditas con anteras de color azul a morado. Los frutos son de tipo bacciformes, cónicos, de 1.5 a 2 cm de diámetro y 4 cm de largo, por lo regular esta nucos en la parte superior y varían mucho en cuanto a forma y colorido (Hendrick, 1975).

f) Hierbabuena

Se trata de una planta herbácea, vivaz y con raíces y estolones muy superficiales. Los tallos, de forma cuadrangular, son erectos, de color verde, con tonalidades violáceas, ligeramente vellosos, ramificados y de unos 25 cm de altura. Las hojas, opuestas y sencillas, son pecioladas y con los bordes aserrados. Tienen forma ovalada y terminan en punta. La cara superior o haz es más verde y oscura que la inferior. Poseen nervios muy marcados. Las flores, típicas de las labiadas, se agrupan en glomérulos (figura 147). Son de color rosa o púrpura y desprenden un olor agradable (Japon, 1985).



Figura 147. Hierbabuena.

Es una planta que se usa como condimento por sus peculiaridades culinarias. También suele emplearse en farmacología como carminativo, estimulante y antiespasmódico (Japón, 1985).

g) Orégano

El orégano (*Origanum vulgare*), es originario de Europa y Asia Occidental; actualmente se cultivan prácticamente en todo el mundo. Los griegos la llamaban esplendor de las montañas.

Pertenece a la familia de las labiadas. Sus tallos son rectos, cuadrados, ramificados en lo alto y cubiertos de una pelusilla blanca; sus hojas son verdes, ovaladas acabadas en punta y recubiertas de pelusilla blanca también. Sus flores son violáceas y rosadas (figura 148).



Figura 148. Orégano.

El orégano tiene una buena capacidad antioxidante y antimicrobiana contra microorganismos patógenos como *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, entre otros.

Existen informes sobre el efecto antimutagénico y anticarcinogénico del orégano, sugiriendo que representan una alternativa potencial para el tratamiento y prevención de trastornos crónicos como el cáncer.

h) Té limón

La naturaleza aromática del género *Cymbopogon* ha atraído la atención del hombre a lo largo de su historia. El agradable olor que poseen las diferentes especies de este género por sus contenidos en aceites esenciales ricos en compuestos terpénicos ha creado una demanda de estos para el desarrollo de la industria en Sri Lanka, India, Singapur, Malaya, Java, Formosa, China, Francia, Alemania, África, Seychelle, Islas Comoros, Madagascar, Haití, Puerto Rico, México, Guatemala, Honduras, Salvador, Ecuador, Brasil y Argentina (Soto *et al.* 2002).

El Centro de origen de esta especie es el Sureste Asiático y al igual que el resto de las especies del género *Cymbopogon*, está distribuida en las regiones tropicales y subtropicales (Soto *et al.* 2002).

Es una hierba perenne, robusta, tallos muy ramificados de 1 a 2 m de alto con los nudos ceríferos. Hojas aromáticas, amontonadas cerca de la base, lampiña, glaucas, de 6 a 10 dm, sus ramas alargadas y un tanto penduladas (figura 149). Espatas lanceoladas: las espiguillas en pares, una sésil y la otra pedicelada; los racimos bifurcados, portando en la bifurcación una espiguilla estaminada sin arista, la espiguilla sésil, del par o los pares inferiores diferentes de las de arriba. Racimos de 1 a 1,5 cm de largo, la espiguilla sésil línea lanceolada de 4 a 5 cm de largo acuminada con el dorso cóncavo en la parte baja (Roig, 1974). No florece o lo hace muy rara vez (Soto *et al.* 2002).



Figura 149. Té limón.

i) Verdolaga

La Verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) pertenece a la familia Portulacaceae (figura 150), es una hierba anual de 80 centímetros de altura, y succulenta, sus flores son amarillas y su fruto es una capsula con semillas color negro (Carmona *et al.* 2008).



Figura 150. Verdolaga.

Tiene Usos etnomédicos aplicados en Cólicos estomacales, triglicéridos, depurativo, antihelmíntica, refrescante, irritación del estómago, antidiabética, antianémica, analgésica. Partes utilizadas son las hojas, ramas y flores (Carmona *et al.* 2008).

1.3.1.4. Producción vertical

El sistema de producción vertical (figura 151), de cultivos hidropónicos para cultivos de alto valor comercial se practica en E.U.A., Japón, Australia e Italia (Al-Raisy *et al.*, 2010), ya que éste contribuye a una mejor utilización de la energía y a un uso más eficiente de los espacios de los invernaderos (figura 152), que resulta en mayores rendimientos por unidad de área (Paraskevopoulou *et al.*, 1995).



Figura 151. Producción vertical de hortalizas.



Figura 152. Producción vertical de forraje hidropónico.

Van de Vooren (*et al.*, 1986), y Winsor y Schwarz (1990) indican que el cultivo de jitomate llega a alcanzar hasta $400 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (en invernadero) utilizando una producción escaleriforme.

Yuan y Sun (2004), indican que las fresas que crecen en condiciones verticales, reducen el consumo de agua, requieren menos herbicidas, la fruta se mantiene limpia, se aumenta el tamaño de las frutas y el rendimiento y, se gana en precocidad y calidad de la fruta.

1.3.2. Desarrollo del experimento

1.3.2.1. El dispositivo

Los maceteros, son dispositivos metálicos que cuentan con tres niveles de producción, y en cada nivel hay estantes donde se pueden colocar 9 macetas por nivel, todas del mismo tamaño (figura 153).

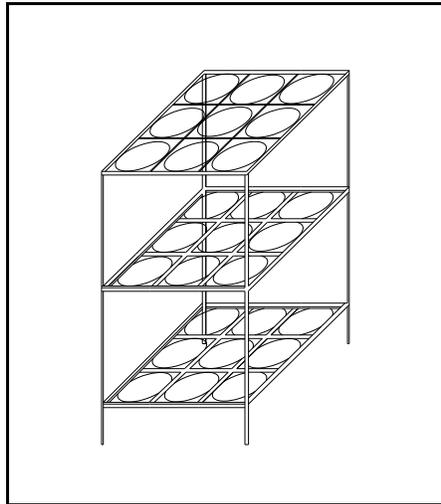


Figura 153. Maceteros metálicos.

Estos maceteros hechos con ángulo de $\frac{1}{2}$ " tienen una altura total de 1.7 m, un ancho de 0.7 m, una distancia entre nivel y nivel de 0.7 m, y una altura del piso al primer nivel de producción de 0.3 m (figura 154).

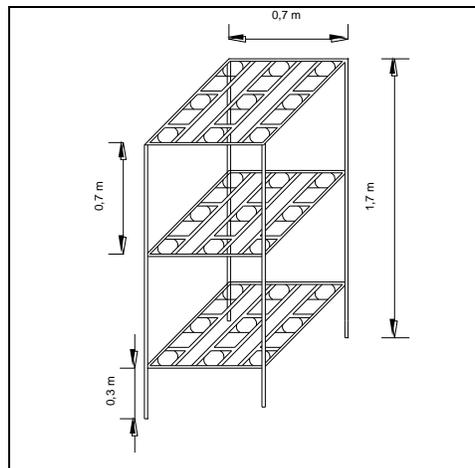


Figura 154. Dimensiones del dispositivo.

Cabe mencionar que es fácil trasportar a este tipo de dispositivos, y debido a su sistema de producción vertical puede colocarse en lugares pequeños como pasillos o terraza, ya que ocupa un área de menos de 0.5 m^2 (figura 155). En este experimento se usaron tres maceteros, uno para alojar macetas de 5.5", el segundo para macetas de 7" y un tercer dispositivo para macetas de 12 pulgadas (figura 156).



Figura 155. Macetero metálico.



Figura 156. Macetas utilizadas en el experimento.

En cada macetero, se manejaron 9 cultivos distintos, los cuales son: acelga, albahaca, chile poblano, chile jalapeño, cilantro, hierbabuena, orégano, té limón, y verdolaga (figura 157). Cada cultivo se manejó en los tres diferentes tipos de maceta.



Figura 157. Cultivos.

1.3.2.2. Macetas utilizadas

Las macetas son los recipientes donde se colocaron a las 81 plantas del experimento, un mismo cultivo se produjo en 3 macetas de distinto tamaño con tres repeticiones cada uno. Estas macetas están hechas de plástico y son de color negro. La maceta de 5.5" tiene una profundidad de 25 cm y un diámetro superior de 12.5 cm, la maceta de 7" tiene una profundidad de 27 cm y un diámetro superior de 17 cm, la maceta de 12" tiene una profundidad de 21.5 cm y un diámetro superior de 25 cm (figuras 158 y 159).



Figura 158. De izquierda a derecha: macetas de 5, 7 y 10 pulgadas.



Figura 159. Vista superior de las macetas.

1.3.2.3. Semillas utilizadas

Las semillas para los cultivos como albahaca, acelga, cilantro, chile poblano, chile jalapeño se adquirieron en casas comerciales de insumos agrícolas, todas fueron tratadas con algún fungicida para evitar daños provocados por hongos (figura 160).



Figura 160. Semilla utilizada.

1.3.2.4. Llenado de macetas

Todas las macetas utilizadas en el experimento fueron llenadas con una mezcla de sustrato, utilizando tierra de hoja y tierra de monte o mantillo a una proporción de 1:1, esto con el fin de ofrecer a los cultivos humedad y aireación (figura 161).



Figura 161. Macetas a utilizar llenas de sustrato.

Después de haber sido llenadas las macetas, el sustrato de cada maceta fue desinfectado usando el ingrediente activo llamado quintozeno a una concentración de 1 ml/litro de agua. La preparación fue aplicada tratando de cubrir y humedecer todo el sustrato contenido en las macetas (figura 162).



Figura 162. Desinfección del sustrato.

Después de haber aplicado el fungicida a todas las macetas, se dejó transcurrir 48 horas para poder realizar el trabajo de trasplante, de esta forma se evitó dañar a las plantas por intoxicación del fungicida.

1.3.2.5. Siembra directa

Como siembra directa entendemos que es el establecimiento de un cultivo en un lugar definitivo, en este caso en las macetas. La siembra directa se utilizó con las especies hortícolas que no requieren cuidados especiales en la emergencia de

plántulas. Para realizar esta actividad fue necesario tener las macetas llenas con el sustrato a utilizar y ligeramente humedecidas y después colocar las semillas de manera homogénea sobre el sustrato (figura 163).



Figura 163. Siembra directa.

Las especies para las cuales se utilizó la siembra directa fueron cilantro, albahaca y verdolaga (figura 164), de las cuales se sembró 9 macetas para cada uno de los tres cultivos.



Figura 164. Verdolaga, albahaca y cilantro.

1.3.2.6. Siembra indirecta o trasplante

Esta técnica se utiliza con especies hortícolas que necesitan cuidados especiales durante la germinación de las semillas, o no es muy fácil producirlas mediante la siembra directa. Algunos de los cuidados que requieren son temperatura adecuada, humedad relativa, sustrato especial, y una alta sanidad durante la germinación.

Para el caso de chile poblano, chile jalapeño, y para acelga, se compró semilla, ésta fue llevada a un vivero para que allí se produjeran las plántulas y después de 30 días de la siembra, las plántulas fueron entregadas en charolas de 200 cavidades (figura 165).



Figura 165. Plántulas de distintos cultivos germinadas en vivero.

En el caso de los cultivos de té limón, hierbabuena y orégano, no hubo necesidad de comprar semilla, ya que para estos cultivos se utilizó planta joven que fue adquirida en un vivero, en el cual se dedican a la producción de estas especies entre otras.

Para poder hacer el trasplante, todas las macetas fueron humedecidas con agua de la llave, enseguida se realizó un hueco en la parte central del sustrato para colocar las plántulas (figura 166).



Figura 166. Huecos en el sustrato.

Al terminar de realizar los huecos en el sustrato, se inició el trasplante (figura 167), colocando una sola planta por maceta (figura 168), el cepellón de las plantas y plántulas quedó al mismo nivel del sustrato de la maceta para evitar problemas de deformación de raíces (raíces superficiales), o un mal crecimiento de las plantas.



Figura 167. Trasplante.



Figura 168. Una planta por maceta.

Los seis cultivos trasplantados o sembrados de forma indirecta fueron colocados en 9 macetas para poder realizar el experimento en los dispositivos metálicos (figuras 169 y 170).



Figura 169. Chile poblano, acelga, y chile jalapeño.



Figura 170. Té limón, hierbabuena y orégano.

En ningún caso fueron utilizadas plántulas con entrenudos alargados (figura 171), ya que este alargamiento además de retrasar el desarrollo, facilita el acame de algunos cultivos como el chile.



Figura 171. Plántulas de chile con entrenudos alargados.

1.3.2.7. Tutoreo

El tutoreo, es una actividad utilizada para guiar a las plantas en un crecimiento determinado, y fue realizada únicamente en plantas de chile (poblano y jalapeño) (figura 172), ya que ambas especies por el tamaño de sus tallos y peso de sus frutos pueden provocar acame, lo cual puede ocasionar pudrición de la planta y del fruto, además de la reducción del rendimiento final. El tutoreo se realizó a las dos semanas de haber realizado el trasplante.



Figura 172. Plantas de chile con frutos.

El tutoreo de chile consistió en la colocación de un apoyo de madera (vara) en el centro de la maceta de donde se sostuvo los tallos de la planta de chile con un anillo de plástico (figura 173). Con esto se evitó el acame y se produjo un crecimiento vertical de las plantas.



Figura 173. Tutoreo de plantas de chile.

1.3.2.8. Riegos y nutrición

Por medio del fertirriego es que se regó y fertilizó a todas las especies producidas en las macetas. Para ello en cada riego se preparó una solución nutritiva generalizada de 40 litros. Esta solución contenía los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de los cultivos producidos, ya que se incluyen macronutrientes y micronutrientes (cuadro 36), además de que se adicionaron ácidos fúlvicos para activar la absorción de los nutrientes por parte de las raíces

de las plantas. Cada fertilizante fue preparado, disuelto, y vaciado en dos cubetas de 20 litros (figuras 174 a 177).

Cuadro 36. Elementos de la solución nutritiva generalizada.

No.	Fertilizante	g/1000 litros de agua
1	Nitrato de calcio	970.0
2	Sulfato de potasio	166.7
3	Sulfato de magnesio	600.0
4	Sulfato de cobre	0.4
5	Sulfato de hierro	15.0
6	Sulfato de manganeso	4.0
7	Ácido fosfórico (85 %)	131.0
8	Tetraborato de sodio (Bórax)	4.5
9	Sulfato de zinc	0.4
10	Ácidos fúlvicos	1000.0



Figura 174. Preparación de los fertilizantes.

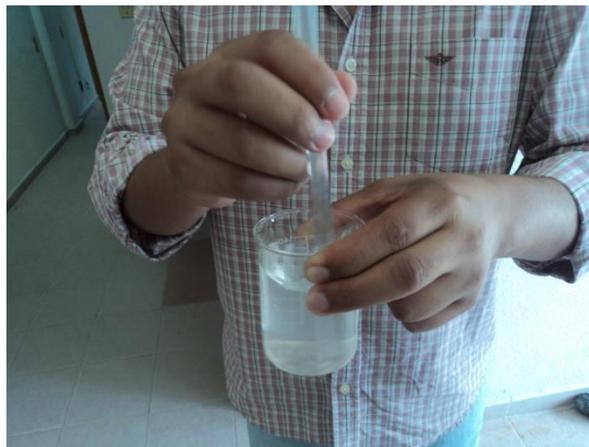


Figura 175. Disolución de los fertilizantes.



Figura 176. Vaciado de los fertilizantes a las cubetas.



Figura 177. Solución nutritiva preparada.

Los riegos se dieron diariamente a los cultivos en macetas de 5", y cada tres días a los cultivos en macetas de 7" y 12". La solución nutritiva aplicada utilizando una bandeja de 1000 ml de capacidad (figura 178).



Figura 178. Aplicación de la solución nutritiva a los cultivos. Los 40 litros aplicados a los cultivos eran repartidos de la siguiente manera: 16 litros a las macetas de 12", 14 litros a las macetas de 7" y 10 litros a las macetas de 5".

1.3.2.9. Control de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades se realizó utilizando principalmente productos agroquímicos comerciales. Estos productos fueron aplicados de manera foliar utilizando una bomba manual de aspersion de 4 litros de capacidad (figuras 179 y 180).



Figura 179. Aplicación de agroquímicos a los cultivos.



Figura 180. Aplicación de agroquímicos.

Las plagas que se presentaron con más incidencia fueron (en orden de mayor incidencia): hormiga arriera, gusanos, minador de las hojas y mosquita blanca. Las dos primeras plagas consumen las hojas y brotes tiernos de las plantas, los minadores se introducen al interior de las hojas consumiendo y reduciendo el área fotosintética de los cultivos, la mosquita blanca es un insecto alado que chupa la savia de las plantas, y además puede infectar de virus a los cultivos atacados. Los productos utilizados (cuadro 37) para el control de las plagas fueron comprados en tiendas de agroinsumos.

Cuadro 37. Productos utilizados para plagas y enfermedades.

No.	Ingrediente activo	Concentración/L de agua	Plaga/Enfermedad
1	Abamectina	0.5 ml	Minador de las hojas
2	Cipermetrina (Sólido)	---	Hormiga arriera
3	Permetrina	1 ml	
4	Imidacloprid (Sólido)	---	
5	Imidacloprid	0.4 ml	Mosquita blanca y trips
6	Acefato	0.5 g	Mosquita blanca
7	Tiofanato metil	0.7 g	Prevención de hongos
8	Propamocarb clorhidrato	0.5 ml	
9	Carbendazim	0.5 ml	

1.3.2.10. Cosecha

La cosecha se realizaba cuando los cultivos presentaban una cantidad suficiente del producto de interés (en el caso de las hortalizas de hoja) (figura 181), y cuando los frutos comenzaban a madurarse (en el caso de las hortalizas de fruto) (figura 182). Es decir, el corte se hacía cuando las plantas tenían hojas suficientes y desarrolladas, brotes o frutos de un tamaño apropiado para el consumo. Los cortes se realizaban con ayuda de una navaja o tijeras, a excepción de los chiles que se hizo de forma manual.



Figura 181. Cosecha de hortalizas de hoja.



Figura 182. Hortalizas de fruto cosechadas.

Cuando se cosechaba albahaca, hierbabuena, orégano, verdolaga y cilantro el corte con navaja se realizaba por encima de dos yemas axilares, de esta manera las yemas brotaban, se formaba un nuevo tallo y se aseguraban futuras brotaciones, y por lo tanto cosechas continuas (figura 183).



Figura 183. Punto de corte y brotación de yemas axilares en albahaca.

El producto de los cortes de cada maceta fue pesado (figura 184) y registrado, y así llevar un control para realizar las comparaciones estadísticas de los tratamientos aplicados a los cultivos.



Figura 184. Obtención del peso de cada muestra cosechada.

Después de obtener los datos del rendimiento de cada unidad de producción, la cosecha total de un sólo cultivo era arreglada en manojos (figura 185), estos manojos eran metidos en una bolsa plástica (figura 186 y figura 187), las cuales eran repartidas entre el personal de la Subdirección de Riego (figura 188). Los manojos eran hechos considerando la producción total, y el consumo promedio por familia de cada cultivo.



Figura 185. Manojos hechos de los cultivos



Figura 186. Llenado de las bolsas con las hortalizas.



Figura 187. Bolsas de plástico con las hortalizas cosechadas.



Figura 188. Repartición de los productos obtenidos.

En la siguiente gráfica (figura 189), que corresponde tratamiento uno en el que se usaron macetas de 5.5", el cultivo más redituable fue la albahaca, y el de menor producción fue el chile poblano.

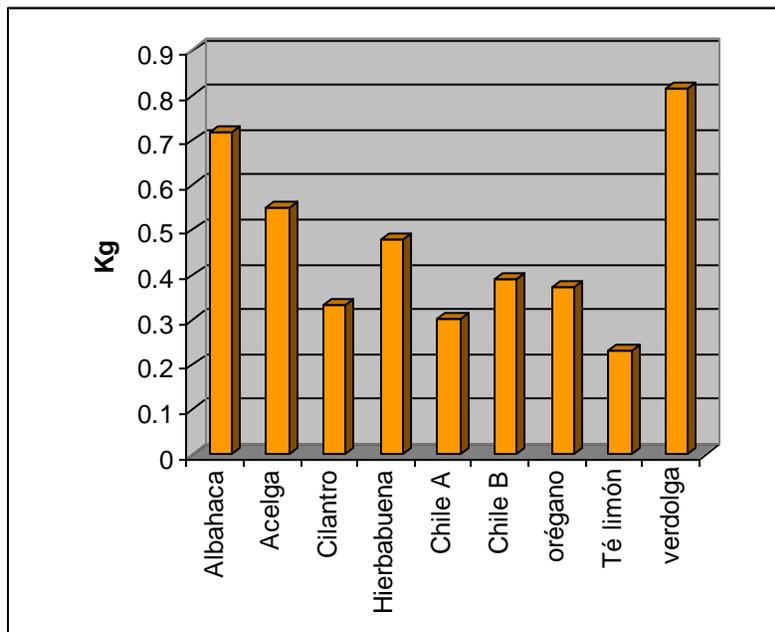


Figura 189. Producción del dispositivo con el Tratamiento 1.

En la siguiente gráfica (figura 190), se presentan los resultados del tratamiento número dos, en el que se usaron macetas de 7", el cultivo con mayor producción fue la albahaca, y el menos productivo fue el cultivo de cilantro.

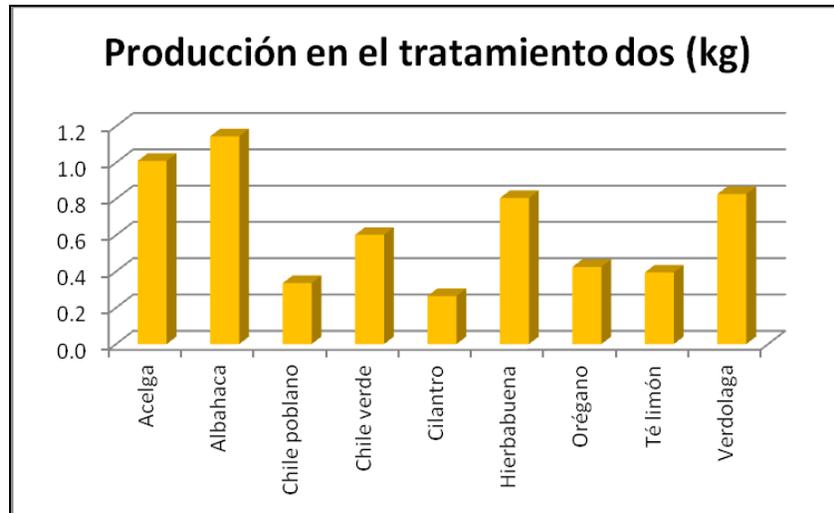


Figura 190. Producción del dispositivo con el Tratamiento 2.

En el dispositivo con el tratamiento número tres, con macetas de 12", el cultivo con mayor rendimiento fue el de verdolaga (más de 2 kg), y el de menor productividad fue el cultivo de cilantro (figura 191).

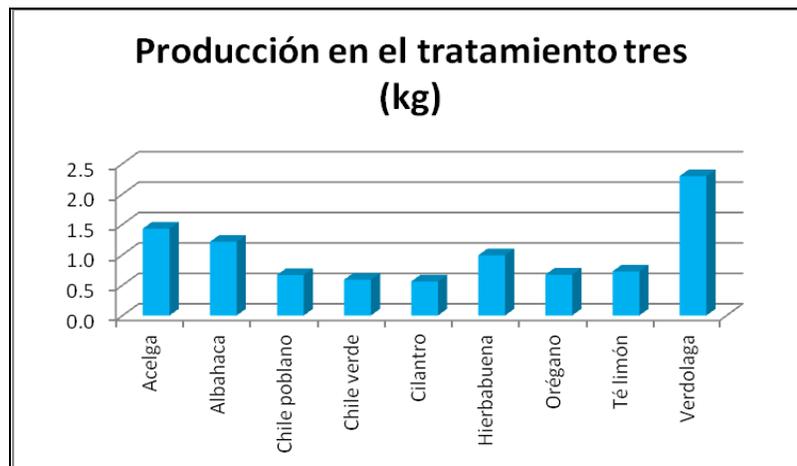


Figura 191. Producción del dispositivo con el Tratamiento 3.

Los datos obtenidos en los tres dispositivos indican que el cultivo con mayor rendimiento fue el de verdolaga con un total de 3.9 kg, y el de menor productividad fue el cultivo de cilantro con 1.2 kg (figura 192), el cultivo de verdolaga obtuvo el 20.27 % de la producción total, mientras que el cultivo de cilantro únicamente acumuló el 6.13 % de la producción total (figura 193).

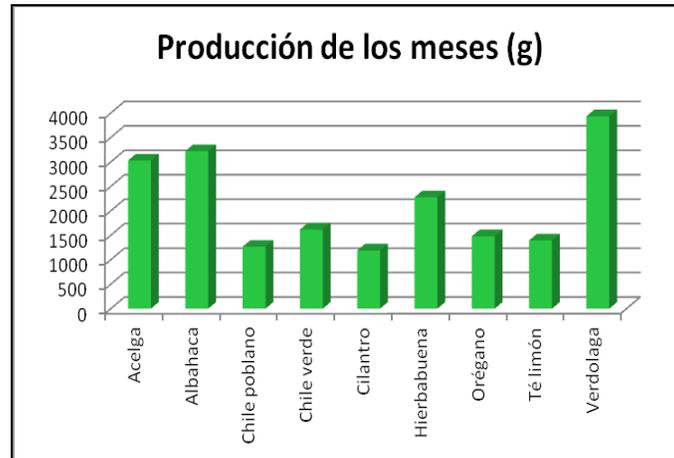


Figura 192. Producción general de las hortalizas en los dispositivos.

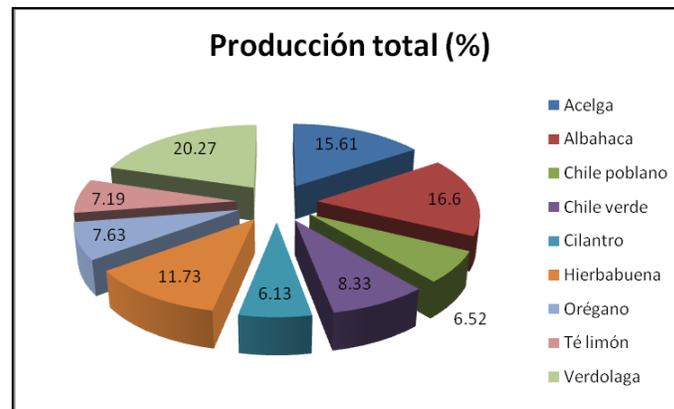


Figura 193. Producción general en porcentaje.

Durante los distintos meses de producción, los cultivos presentaron distintos comportamientos en cuanto al rendimiento, estos fueron al principio crecientes y posteriormente decrecientes, como se puede observar en la figura 194, en la cual se observa la cantidad (en gramos) producida por mes de producción, así como el incremento y reducción del rendimiento de cada especie cultivada. En el caso de los chiles de los cuales se obtiene el fruto, los tiempos de producción son diferentes a los demás cultivos en los que el producto de consumo son tallos y hojas.

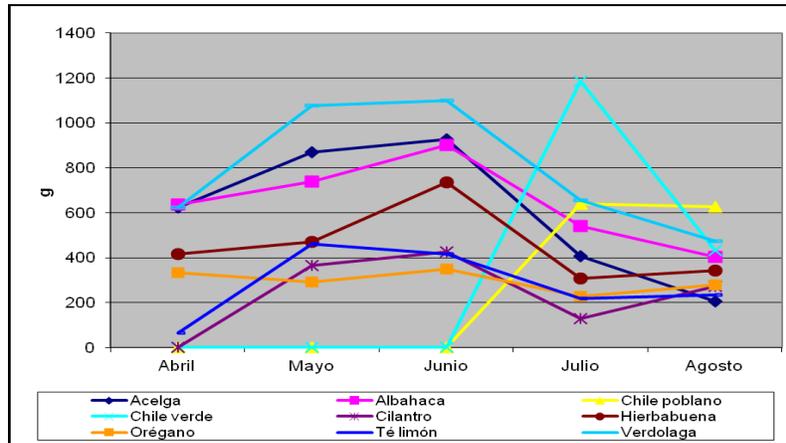


Figura 194. Rendimiento de los cultivos en los distintos meses.

Las figuras 195 a 198 muestran el comportamiento del rendimiento de cada cultivo con los distintos tratamientos aplicados, así como el comportamiento del rendimiento en los distintos meses de producción en los que se llevó a cabo el experimento.

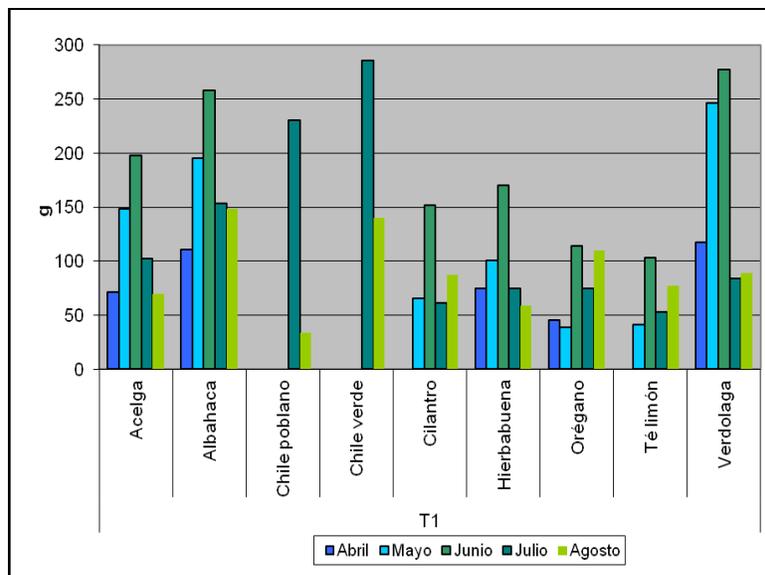


Figura 195. Producción de los cultivos con el tratamiento uno.

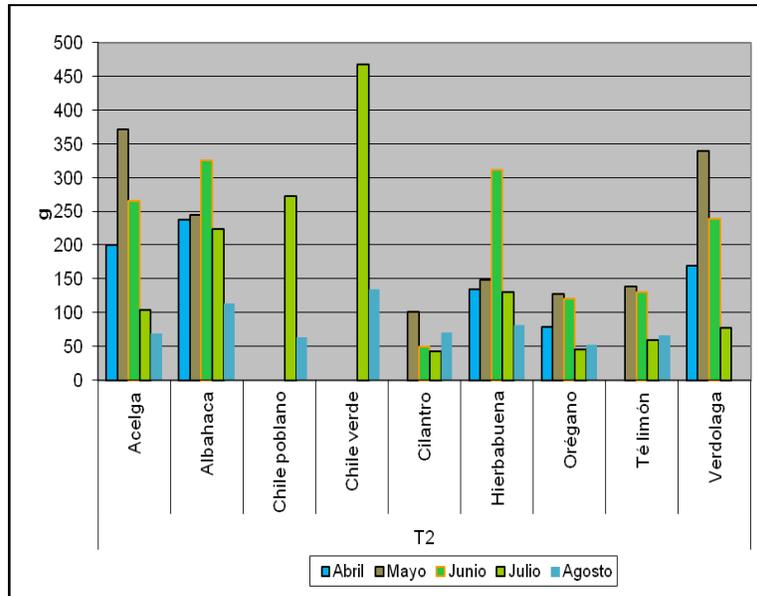


Figura 196. Producción de los cultivos con el tratamiento dos.

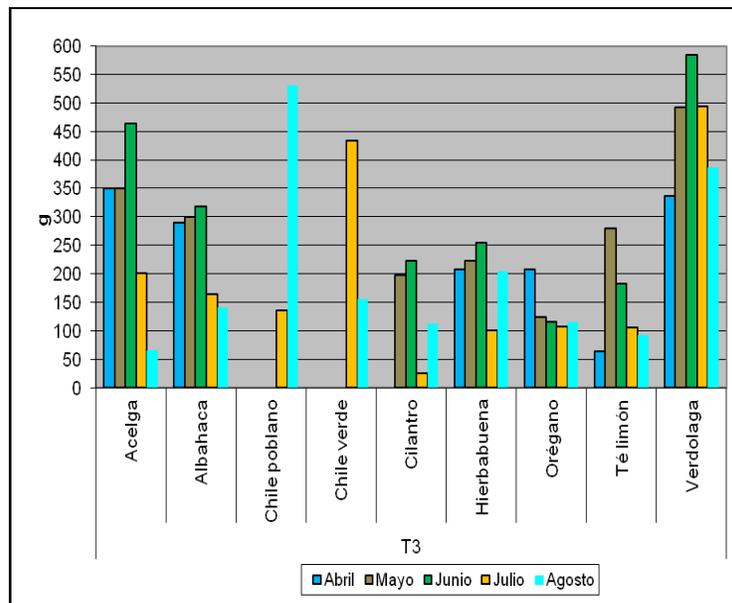


Figura 197. Producción de los cultivos con el tratamiento tres.

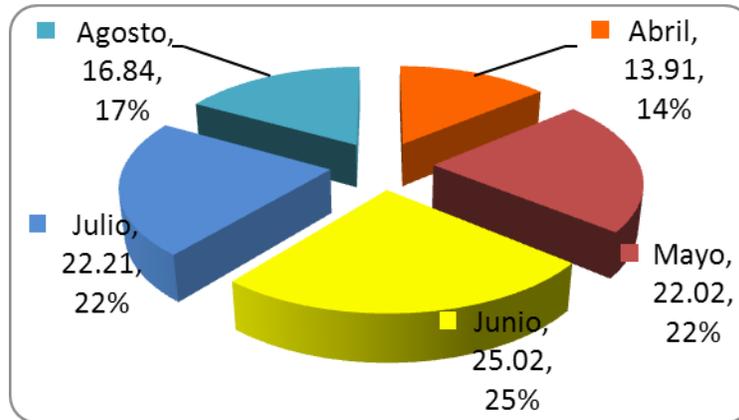


Figura 198. Porcentaje de producción de cada mes.

1.3.4.11 Subproductos

Después de realizar la cosecha de algunos cultivos, pueden obtenerse subproductos. Los cultivos que pueden utilizarse para obtener subproductos son el orégano, la hierbabuena, el té limón, y la albahaca.

Cuando se realiza la cosecha, el producto obtenido es seleccionado, se deja a secar en un lugar sombreado, seco y fresco (figura 199), cuando el producto esté seco, se limpia, eliminando basura u órganos no deseados, enseguida el subproducto es introducido a un envase con tapa en el cual se almacenara (figura 200), y de allí se tomará para poder utilizarlo en la cocina como condimento o infusión, o como medicina al ser colocado en un recipiente con alcohol.



Figura 199. Productos puestos a deshidratar para su uso como subproducto.



Figura 200. Orégano, listo para utilizarse como condimento.

1.3.3. Diseño experimental

En el experimento se estudió el comportamiento del rendimiento de 9 cultivos hortícolas producidos en macetas de tres tamaños diferentes. De los cuales el 78 % del total de los cultivos corresponden a hortalizas de hoja y tallo, y el 22 % pertenecen a hortalizas de fruto (figura 201). Los cultivos utilizados en este experimento son mostrados en el cuadro 38.

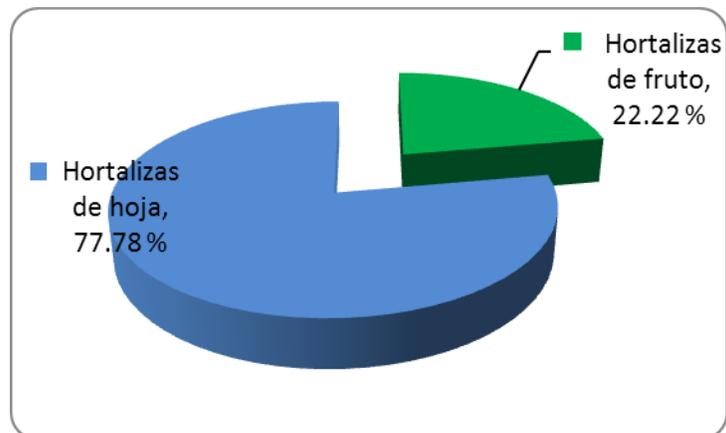


Figura 201. Porcentaje de producción en cuanto al tipo de hortaliza.

Cuadro 38. Materiales utilizados en el experimento.

No.	Macetas	Cultivo	Características
1	9	Acelga	Hortaliza de hoja
2	9	Albahaca	Hortaliza de hoja
3	9	Cilantro	Hortaliza de hoja
4	9	Chile poblano	Hortaliza de fruto
5	9	Chile jalapeño	Hortaliza de fruto
6	9	Hierbabuena	Hortaliza de hoja
7	9	Orégano	Hortaliza de hoja
8	9	Té limón	Hortaliza de hoja
9	9	Verdolaga	Hortaliza de hoja

Los tratamientos aplicados en el experimento, se diseñaron de la siguiente manera:

- Tratamiento 1 (T1): Cultivos producidos en maceta de 5”.
- Tratamiento 2 (T2): Cultivos producidos en maceta de 7”.
- Tratamiento 3 (T3): Cultivos producidos en maceta de 10”.

El experimento fue llevado a cabo en el patio trasero del Anexo número 3 de la Subcoordinación de Riego, ubicada en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Se usó un diseño experimental Bloques al azar para determinar si los tratamientos y bloques difieren entre sí en los resultados obtenidos a partir de la toma de muestras (rendimientos obtenidos en las cosechas). Para ello cada macetero metálico, fue dividido en 27 secciones de arriba hacia abajo, a cada sección se asignó un número, éste corresponde al número del bloque al que pertenece. La figura 202 muestra el acomodo de los bloques en cada dispositivo.

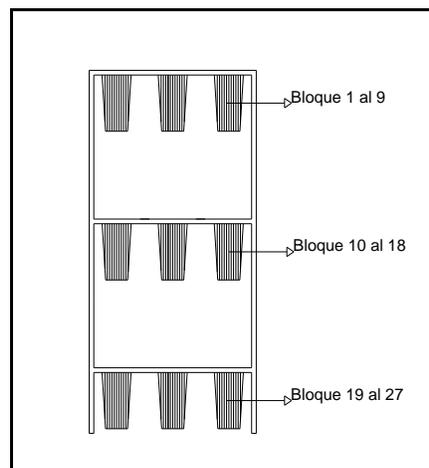


Figura 202. Acomodo de los bloques al azar en cada dispositivo.

El modelo estadístico usado en el diseño es: $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$

Las hipótesis propuestas son las siguientes:

H_0 : Los tratamientos producen iguales rendimientos.

H_a : Al menos uno de los tratamientos es diferente.

Con los datos obtenidos de las cosechas (cuadro 39) se obtuvo la tabla de ANOVA (cuadro 40).

Cuadro 39. Resultados obtenidos de las cosechas en gramos.

Bloques	Tratamientos			Cultivo
	T1	T2	T3	
B1	0.164	0.397	0.397	Acelga
B2	0.199	0.310	0.394	
B3	0.201	0.284	0.572	
B4	0.248	0.491	0.501	
B5	0.269	0.295	0.349	Albahaca
B6	0.199	0.267	0.261	
B7	0.113	0.201	0.233	
B8	0.135	0.044	0.126	Cilantro
B9	0.117	0.020	0.200	
B10	0.196	0.267	0.511	
B11	0.145	0.205	0.210	Hierbabuena
B12	0.139	0.333	0.270	
B13	0.063	0.140	0.286	
B14	0.148	0.094	0.503	Chile P.
B15	0.126	0.102	0.000	
B16	0.219	0.217	0.391	
B17	0.148	0.193	0.198	Chile J.
B18	0.058	0.192	0.391	
B19	0.119	0.188	0.392	
B20	0.134	0.127	0.188	Orégano
B21	0.131	0.111	0.092	
B22	0.101	0.148	0.199	
B23	0.054	0.142	0.208	Té limón
B24	0.105	0.104	0.280	
B25	0.327	0.349	0.886	
B26	0.259	0.282	0.656	Verdolaga
B27	0.227	0.195	0.528	

Cuadro 40. Tabla de ANOVA.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada	F tabulada	Significancia
Tratamientos	2	0.469	0.235	25.791	3.180	*
Bloques	26	0.913	0.035	3.858	1.710	*
Error	52	0.473	0.009	---	---	---
Total	80	1.855	---	---	---	---

Con un nivel de significancia del 5 % se concluye que:

1. No todas las macetas utilizadas producen el mismo efecto en el rendimiento.
2. No todos los bloques producen el mismo efecto en el rendimiento con respecto a los cultivos utilizados.

1.3.4. Conclusiones

Después de haber realizado una producción de diversos cultivos como pepino, acelga, orégano, verdolaga, cilantro, rábano, hierbabuena, y a ver sido probados varios dispositivos de producción hidropónicos, semi-hidropónicos, horizontales y verticales, y tomando en cuenta el mínimo conocimiento en cuanto a la producción de hortalizas por parte de las amas de casa, se llegó a las conclusiones siguientes:

1. Los cultivos que se reproducen en semilla y que pueden encontrarse más fácilmente, y en pequeñas presentaciones son el rábano, pepino, lechuga, acelga, tomate de cáscara y cebolla.
2. Los cultivos reproducidos en plántulas que son más fácilmente de adquirir son jitomate, pepino, chile y tomate de cáscara.
3. Todos los cultivos que se desarrollaron en el proceso de producción, presentaron un rendimiento favorable tomando en cuenta que serán consumidos por una “familia tipo” formada por cuatro integrantes.
4. Aunado a lo anterior los cultivos que pueden producirse más fácilmente y que no requieren de un cuidado especial y/o conocimiento por parte de las amas de casa son: cilantro, pápalo, rábano, epazote, verdolaga, hierbabuena, orégano y té limón.
5. El dispositivo que mejor producción proyectó fue el dispositivo “el macetero” con macetas de 10”, posiblemente la mayor producción se debe a que las macetas de este tamaño pueden contener mayor volumen de sustrato y por ende hay un mayor desarrollo de raíces, lo que se traduce en una mayor absorción de agua y nutrientes.

6. Es necesario renovar al menos cada 4 meses a las hortalizas de hoja (acelga, menta, hierbabuena, verdolaga), de lo contrario la producción será mermada por consecuencia de la edad de las plantas.
7. Es posible producir hortalizas de raíz (rábano o cebollas) con calidad en huácales o cajas, ya que estas tienen la profundidad suficiente para que los órganos subterráneos se desarrollen.
8. Aunque la producción se desarrolla en un área pequeña, y con pocas plantas, es necesario hacer aplicaciones preventivas para evitar plagas y enfermedades que dañen el huerto.
9. Las cantidades de producto obtenido, fueron suficientes para poder ser consumidos en los hogares.
10. En el caso de producir cultivos en forma hidropónica, es necesario cubrir los aspectos fitosanitarios al 100 %, y así evitar que se desarrollen problemas por enfermedades fungosas.
11. Para producir lechuga, se necesita utilizar variedades de porte pequeño y que sean tolerantes a las altas temperaturas, así se evita una elongación del tallo y la pérdida de calidad.
12. Los cultivos desarrollados con las técnicas aquí utilizadas pueden consumirse sin ningún problema, ya que son regados con agua limpia.
13. Los cultivos aquí producidos presentaron una respuesta favorable a las soluciones nutritivas utilizadas en la producción.
14. La utilización de tierra de monte como sustrato representa una alternativa factible para su utilización en la producción de hortalizas, pero tiene el inconveniente de puede presentar problemas por hongos.
15. Deben de utilizarse variedades resistentes a la baja luminosidad en el piso medio e inferior de los maceteros, ya que la falta de luz presentada en la producción disminuyó la producción.

1.4. Composteador Urbano

1.4.1. Descripción

En grandes zonas urbanas, como la ciudad de México se presenta el problema de qué hacer, o cómo usar los desechos orgánicos de los hogares (figura 203), como son los desechos de hortalizas, frutas, semillas, servilletas de papel, sobras de pan y tortillas, etc.



Figura 203. Desechos orgánicos en un contenedor.

Para ello en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), se ha diseñado un dispositivo llamado “Composteador”, éste es un modelo físico que ayuda la degradación de materiales de origen orgánico en zonas urbanas. El dispositivo tiene un tamaño muy pequeño comparado con los aparatos y estructuras convencionales, también cumple con las características básicas para la elaboración de una composta, además de que la composta puede utilizarse como sustrato para las plantas o como mejorador del suelo, además de que ayuda a reducir el problema de la basura orgánica al darle un uso.

El dispositivo tiene dos componentes principales, uno es la base metálica y otro es el bote de plástico. La base metálica y el bote de plástico tienen varios componentes, éstos son: tapa-rosca del bote, manivela, bisagra y respiraderos (figura 204).

Es necesario que el bote sea de plástico para evitar que haya reacciones con la composta y éste se vaya “picando”, el bote también debe llevar una tapa con rosca interna para evitar que el compostaje se salga cuando se realice la mezcla, la base de herrería es la que da el sustento a todo el dispositivo, la manivela ayuda a mezclar el compost ya que este dispositivo puede hacerse girar en 360°, los

respiraderos sirven para proporcionar aire a la mezcla, y la bisagra tiene la funcionalidad de mantener al bote en su lugar y evitar que el bote salga del dispositivo a la hora de realizar la mezcla.

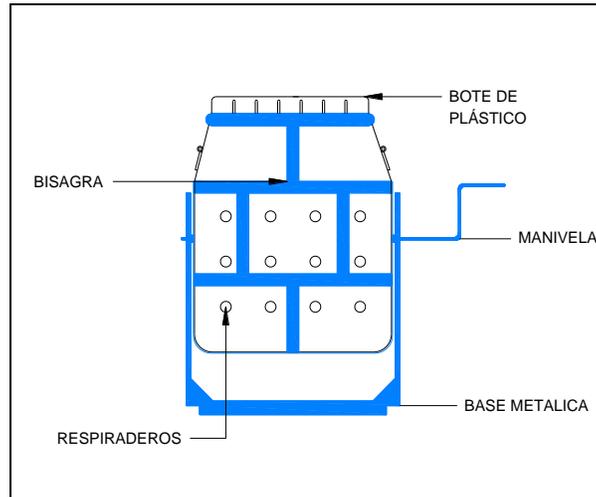


Figura 204. Partes del dispositivo.

El dispositivo llamado Composteador tiene una altura de 70.3 cm, tiene un ancho de 72.27 cm, del piso al bote de plástico hay una altura de 13.6 cm, y el bote en sí tiene una altura de 56.7 cm (figura 205), esta estructura ocupa un área útil de 0.15 m².

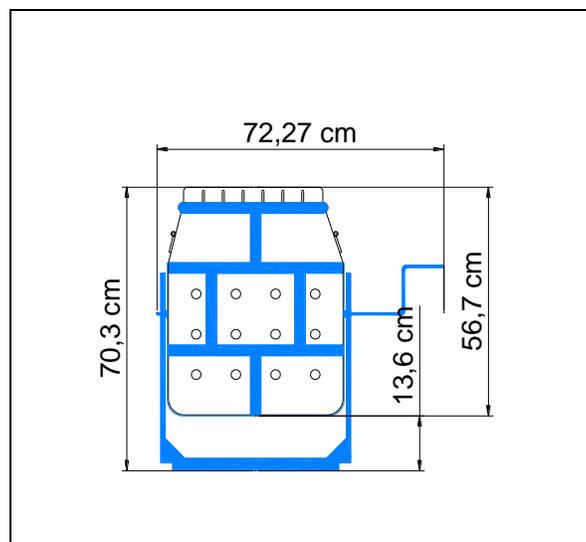


Figura 205. Medidas del composteador.

Con una capacidad de 50 litros, este dispositivo (figura 206) ayuda a compostear los desechos orgánicos que se generan en los hogares, la capacidad es suficiente para aproximadamente de 4 a 6 meses, dependiendo del material usado para hacer la composta (figura 207). Para facilitar la mezcla de los productos a compostear, se puede hacerse girar el dispositivo (figura 208), mezclando de una mejor forma los desechos.



Figura 206. Composteador urbano.



Figura 207. Vista superior de la composta.



Figura 208. Realizando la mezcla de los desechos orgánicos.

1.4.2. Materiales para la elaboración de la composta

Los materiales (figura 209) que pueden introducirse a este dispositivo son desechos de las cocinas de los hogares y que son de origen orgánico. Estos materiales pueden ser:

- Cáscaras de fruta, verduras y legumbres.
- Semillas de haba, frijol o arroz en mal estado.
- Cascarones de huevo.
- Sobras de té o granos molidos de café.
- Restos de tortilla o pan.
- Hojas, ramas y raíces de hortalizas como cilantro, acelga, espinaca, etc.
- Hongos como huitlacoche, champiñones y zetas.

Estos productos deben estar fraccionados para facilitar su descomposición.



Figura 209. Materiales para compostear.

Cuando la composta tiene de 3 a 4 meses, se vacía a una caja (también de plástico), (figuras 210 y 211), para ayudarla a perder el exceso de humedad y continuar el proceso, después de haber vertido toda la composta a la caja de plástico, ésta es cubierta con una tapa con mosquitero, esta caja en la parte inferior tiene orificios por los cuales escurre el exceso de humedad de la composta. En esta caja se puede complementar el proceso con la adición de lombrices para obtener una lombricomposta.



Figura 210. Vaciado de la composta a la caja plástica.



Figura 211. Composta en caja de plástico.

1.4.3. Materiales que no deben emplearse en la composta

Los materiales que no deben emplearse para realizar la composta (figura 212), son:

- Heces fecales de personas o mascotas.
- Ningún tipo de carne o huesos de origen animal.
- Animales muertos.
- Pescados y mariscos.
- Ramas o madera de pino (por los aceites esenciales que los pinos contienen).
- Ningún tipo de material plástico.
- Metales.

- Papel de ningún tipo.



Figura 212. Materiales no aptos para realizar una composta.

Algunos de estos materiales antes mencionados a pesar de ser orgánicos, no se recomienda su empleo por cuestiones de sanidad, utilizar animales muertos para realizar una composta pueden causar enfermedades de tipo infeccioso en las personas que laboran en la composta.

1.4.2. Conclusiones

Después de haber puesto en marcha dos veces al composteador, estas fueron las conclusiones obtenidas del ensayo.

1. El dispositivo si funciona, ya que los desechos depositados en el interior se descompusieron.
2. El proceso tarda en promedio 5 meses.
3. Deben de eliminarse los respiraderos en los costados del dispositivo, y sólo dejarse los respiraderos en la parte inferior.
4. Se debe reducir el tamaño de los respiraderos, para evitar la entrada de insectos como abejas o cucarachas.
5. La capacidad de volumen (50 L^{-1}) es la adecuada para una “familia tipo” de cuatro integrantes.
6. Con este dispositivo, puede eliminarse el problema de ¿dónde tirar los desperdicios orgánicos generados en los hogares?, y contribuir a la mejora del medio ambiente.
7. La composta puede utilizarse en los jardines y en macetas.

2. UNA GUÍA PARA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS HORTÍCOLAS BAJO TÉCNICAS DE AGRICULTURA URBANA

En esta guía se presenta la información necesaria, para el cultivo bajo técnicas de agricultura urbana, para ocho especies de hortalizas y plantas de olor.

2.1. *Elaboración de la Guía para la Producción de Cultivos en Agricultura Urbana*

La agricultura urbana, es una actividad que es factible de realizar en casas y departamentos de pequeñas o grandes ciudades, aun y cuando no se tenga un área de suelo disponible. Se puede realizar en pequeñas áreas como: patios, pasillos, azoteas, balcones o en cualquier otro sitio similar, con el único requisito de que el lugar cuente con iluminación natural durante un mínimo de seis a ocho horas diarias.

En México el cultivo en huertos caseros es cada día menos común, debido a diferentes factores, como son “El cambio cultural y de costumbres”. La falta de disponibilidad de tiempo de alguno de los padres, para inculcar o dirigir esta actividad. El tamaño de las viviendas que cada vez son más pequeñas y en muchos casos sin áreas verdes o jardín, además es muy común que la gente, no crea que esta actividad pueda proporcionar un aporte significativo al abasto familiar.

La agricultura urbana consiste en la producción en casa, de una amplia gama de especies de hortalizas y plantas de olor o medicinales, a partir de la siembra o plantación de estas especies. Para lo cual se utiliza un sustrato y macetas o contenedores. Si el espacio disponible es muy reducido se tiene como alternativa la hidroponía o bien la agricultura vertical, que consiste en elaborar estructuras para colocar las macetas y contenedores en dos o más capas o bien sembrar en tubos verticales.

Se puede producir para autoconsumo y de esta forma se puede tener en producción de 10 a 15 cultivos de interés para la familia, de los cuales se puede obtener regularmente una ración suficiente de cada uno de estos para cubrir los requerimientos de la familia.

También se puede producir en forma comercial, en este caso la siembra se limitaría de 1 a 3 especies de hortalizas o plantas de olor.

Para el riego, se puede aprovechar el agua que se desperdicia de la regadera o reutilizar aguas jabonosas. Y para el sustrato se puede realizar composta a partir de los desechos orgánicos vegetales de la cocina.

2.1.1. Sustratos

El sustrato es el medio donde se producirán los cultivos, este medio remplazará al suelo natural en los recipientes o macetas, estos sustratos deben de tener ciertas características para poder ser utilizados en la producción. Las principales funciones de un sustrato dentro del sistema de cultivo sin suelo es el de proporcionar un medio ambiente “ideal” para el crecimiento de las raíces y constituir una base adecuada para el anclaje o soporte mecánico de las plantas.

2.1.1.1. Clasificación de los sustratos

Los sustratos utilizados en la producción de hortalizas, frutas, plantas medicinales y aromáticas se clasifican principalmente dependiendo de su origen. (cuadro 41).

Cuadro 41. Clasificación de los sustratos.

Tipo de sustrato	Origen	Sustrato	Ejemplo
Orgánicos	Natural	Turbas	Peat Moss
	Actividad agrícola	Coco	Fibra de coco
		Residuos de cereales	Cascarilla de arroz
Sintéticos	Plásticos	Espuma de poliuretano	Espumas
Inorgánicos	Industrial	Rocas	Lana de roca
	Natural	Tezontle,	Arena de tezontle
		Tepojal	Arena de tepojal

El sustrato ideal será aquel que proporcione a la planta las mejores condiciones para su crecimiento, que posea un bajo impacto ambiental y que la relación Costo/beneficio sea adecuada para el sistema productivo en cuestión. En la práctica, como no es posible que un único sustrato cumpla con estas condiciones, es probable que el productor deba utilizar más de uno, dependiendo del área en donde desarrolle la agricultura urbana (cuadro 42).

La elección de un determinado material a usar como sustrato (figura 213), va a depender por orden de prioridad: de la disponibilidad del mismo, de las condiciones climáticas, de la finalidad de la producción y especie cultivada, de sus propiedades, el costo, de la experiencia en el manejo y de la homogeneidad.

Cuadro 42. Caracterización física y química de distintos sustratos.

Sustratos (%v/v)	EPT	CRA (g.cm ⁻³)	PA (%)	Densidad aparente (dS.m ⁻¹)	DR	Materia Orgánica	CE	pH
Suelo de almacigo	59.38	57.38	2.00	1.03	2.53	6.36	1.00	5.43
Suelo + Compost de basura	58.50	52.25	6.24	1.04	2.51	7.17	0.91	7.53
Suelo + Mantillo (3:1)	62.28	54.80	7.48	0.91	2.41	12.77	0.76	6.98
Mantillo de selva en galería	74.97	62.18	12.19	0.64	2.54	5.61	0.82	5.78
Mantillo de monte	83.78	21.70	62.06	0.35	2.14	31.29	2.16	4.33
Turba de arroyo + Arena (1:1)	70.08	61.92	8.12	0.14	2.46	10.06	0.09	4.63
Turba de arroyo	85.46	62.19	22.67	0.31	2.10	34.24	0.78	4.63
Turba del Delta E.R.(tamiz < 1 cm)	92.80	39.02	53.78	0.12	1.70	75.96	1.71	3.63
Turba del Delta E-R-(tamiz > 1 cm)	93.03	15.61	77.42	0.11	1.58	82.74	0.91	3.58
Sustrato comercial Importado de Canadá	93.85	57.07	36.78	0.12	1.86	55.10	0.74	5.48
Perlita agrícola	96.17	25.28	70.89	0.10	2.64	0.52	0.04	7.73
Cáscara de arroz	93.78	30.24	6.3.53	0.10	1.65	79.05	0.68	6.33
Cáscara de arroz carbonizada	92.39	19.65	72.74	0.14	1.88	53.87	1.65	6.63
Lombricompuesto residuo domiciliario	73.06	62.78	10.28	0.64	2.14	31.13	5.76	7.13
Rango Óptimo	>85.00	55 – 70	15 – 30	<0.40	---	---	0.75 - 3.39	5.20



Figura 213. Distintos sustratos a considerar.

Una alternativa de sustrato para agricultura urbana, es preparar una mezcla que contenga 50 % de arena de tezontle (figura 214), y 50 % de tierra de monte, con esta mezcla proporciona una buena retención de humedad para la planta, a la vez proporciona un buen drenaje, con lo que se minimiza el riesgo de enfermedades por hongos y bacterias en las raíces. Además que ambos sustratos son fáciles de conseguir, económicos y de fácil transporte.



Figura 214. Tezontle.

Otra alternativa es la mezcla que contenga un 50% de composta realizada en casa con desechos orgánicos vegetales (o comprada) y un 50 % de tepojal o tepetzil, estos últimos se pueden adquirir en casas de venta de materiales para la construcción ya que al igual que el tezontle son sustrato mineral (figura 215). Esta mezcla al igual que la anterior proporciona buena retención de humedad, buen drenaje y precio accesible.



Figura 215. Tepojal y composta.

La porosidad que es el espacio ocupado por el aire, es una de las propiedades físicas más importante de los sustratos. Se recomienda hasta un 70% de

porosidad (en base a volumen). Valores de porosidad menores al 30% en el sustrato, pueden representar una limitante para el cultivo.

Con respecto a la capacidad de retención de agua por el sustrato, un mínimo de 55% (en base a volumen) es deseable para una maceta o recipiente de 10-15 cm de altura y en general se recomienda que el volumen total de agua disponible para la planta no sea menos al 30% del volumen total del sustrato.

El peso del agua debe de ser considerado cuidadosamente, ya que puede resultar en aumentos significativos en el peso de las macetas o contenedores, particularmente aquellas de tamaño grande y sobre todo cuando se realizan labores de manejo, espaciamiento o movilización.

2.1.1.2. Desinfección del sustrato

Cuando se prepare el sustrato para un almacigo, la desinfección es un requisito para tener un buen resultado, igualmente cuando se

La desinfección de los sustratos permite reciclar los sustratos después de haberlos utilizado, con lo cual se evita el riesgo de enfermedades por la presencia de hongos, bacterias o virus.

Existen dos tipos de desinfección del sustrato el tipo físico y el tipo químico.

a) Desinfección orgánica

Para la desinfección orgánica se utiliza vapor de agua a una temperatura de 75 °C por un tiempo de 90 minutos. Éste tipo de desinfección es el ideal ya que no se utilizan productos que puedan contaminar o intoxicar a las plantas, al ser humano o al medio ambiente.

Para poder utilizarlo se necesita estructura y equipo como son Caldera o Boiler, tinas o pilas con tubería de fierro perforada colocada en el piso, y funciona de la siguiente manera: con ayuda de la caldera se calienta el agua y el vapor de ésta pasa a través de la tubería de fierro y sale por las perforaciones, al salir de la tubería penetra en el sustrato eliminando los microorganismos perjudiciales a los cultivos, se recomienda que el sustrato quede cubierto cuando se hace esta operación, de esta forma el vapor se distribuirá de mejor manera.

Un procedimiento más simple y para volúmenes menores de sustrato, es usar un bote o tambo metálico y ahí poner a hervir el sustrato.

b) Desinfección Química

Es el método más utilizado por sencillo y en ocasiones más barato que el método físico, pero tiene la desventaja de que se utilizan productos tóxicos al medio ambiente o perjudiciales para el cultivo y al ser humano, por ello en este manual se recomiendan productos que no son tan perjudiciales, el cuadro 43 muestra algunos productos que son ligeramente tóxicos, cuyos efectos residuales no provocan quemaduras a las plantas a las dosis recomendadas y son fáciles de conseguir en tiendas de agroquímicos.

Cuadro 43. Químicos utilizados para la desinfección de sustratos.

Método	Producto	Dosis/litro de agua	Presencia de plantas al aplicar	Forma de Aplicación
Químico	Aquatrol (Sales cuaternarias)	5 ml	No	La aplicación se realiza directamente al sustrato, preferentemente cuando el sustrato ya se encuentre en las macetas.
	Busan 30	0.25 ml		
	Yodomín	1 ml	Si	La aplicación se hace cuando las macetas se encuentran llenas del sustrato, y estén acomodadas en el piso.
	Timsem	2 g		

No se recomienda el uso de cloro ya que deja muchos residuos que pueden afectar a los distintos cultivos.

2.1.2. Contenedores

Las macetas tradicionales de barro o cerámica son el contenedor más representativo para la agricultura urbana, aunque por lo general son costosas, frágiles, pesadas y en general difíciles de adaptar a nuestros fines.

Las macetas de plástico que se adquieren en comercios de este tipo por su gran variedad de tamaños y bajo costo son una buena alternativa. También se puede tomar la alternativa del reciclaje y en este caso se puede utilizar todo tipo de materiales y objetos que cumplan con el objetivo.

Pero si se reciclarán en el mercado, tianguis, supermercados, ferreterías o lugares de reciclaje, podemos encontrar una gran variedad de objetos que nos pueden servir en lugar de las macetas.

2.1.2.1. Tipos de contenedores

Estos contenedores pueden ser huacales de madera o de plástico para fruta, cajas de plástico, tubos de P.V.C., llantas desechadas partidas a la mitad, cubetas plásticas, bolsas de plástico o garrafones de agua (figuras 216 y 217). No se recomienda usar contenedores de metal, ya que éste tiende a oxidarse y con ello contaminar el sustrato.



Figura 216. Producción en tubos de P.V.C.



Figura 217. Diversidad de contenedores.

En caso de utilizar macetas, es necesario buscar que no sean costosas, pesadas o frágiles, y que además sean del tamaño adecuado para colocar una planta de determinado tamaño (figura 218), ya que no es lo mismo producir cilantro que producir lechugas.



Figura 218. Macetas para producción de distintas capacidades.

Algunas características de contenedores más recomendadas para la producción en macetas se muestran en el cuadro 44.

Cuadro 44. Características de algunos tamaños de contenedores.

Contenedor	Dimensiones (cm)	Espesor de suelo (cm)	Área útil (m ²)	Volumen de suelo (lt)	Peso total (kg)
Maceta de 7 pulgadas	18 x 15	13	0.025	1.650	1.79
Maceta de 8 pulgadas	20 x 16	14	0.031	2.700	2.95
Maceta de 10 pulgadas	25 x 22	20	0.049	6.325	6.94
Guacal de madera	49 x 30 x 29	23	0.147	33.810	36.53

2.1.2.2. Drenaje de los contenedores

Una característica muy importante que debe tener todo contenedor, son los orificios en la parte de abajo (figura 219), necesarios para un buen drenaje, además de que ayuda a oxigenar las raíces de las plantas, el número y tamaño de los orificios deberá ser el requerido únicamente para drenar el agua que el sustrato no retiene en forma natural, si el drenaje es demasiado, se tendrá pérdida de nutrimentos y se requerirá riego más frecuente.



Figura 219. Orificios de drenaje.

En caso de utilizar un contenedor con orificios muy grandes (cajas de plástico o huacales de madera), se debe de colocar una bolsa de plástico en el interior del contenedor y hacer pequeños orificios en la parte baja de la bolsa. Esto con el fin de evitar que la tierra se salga, y a la vez haya un dren para la salida del agua.

2.1.3. Siembra o trasplante

Los métodos de siembra que se pueden realizar son, siembra directa (figura 220), y siembra en almácigo y posteriormente trasplante, en ambos casos el órgano de reproducción es por medio de semillas de cada especie a cultivar.



Figura 220. Siembra directa.

2.1.3.1. Semillas

Las semillas utilizadas en el huerto urbano pueden conseguirse en el área de jardinería de tiendas de autoservicios, en casas de agroquímicos, o en negocios para jardinería. Las semillas vienen en presentaciones diferentes, desde sobres con un gramo hasta botes de una libra, el número de semillas por gramo o por libra va a variar según el tamaño de las semillas (figura 221). Para algunos de los cultivos, también se puede utilizar semillas obtenidas del propio huerto urbano de las plantas que han llegado a esa etapa, e incluso se pueden dejar algunas plantas con el fin de obtener semillas para la siguiente siembra.



Figura 221. Semillas.

2.1.3.2. Siembra directa

En siembra directa, la semilla es colocada en un contenedor definitivo. La semilla debe ser sembrada lo más posible al centro del contenedor, para evitar un desarrollo anormal, en caso de ser más de una semilla a sembrar, estas deben distribuirse según el espacio de la maceta, el tamaño y el número de semillas, en el caso de una maceta de 12" donde se sembrará una hortaliza como el pepino, se recomienda sembrar 2 semillas y posteriormente se podrá dejar solo una planta y si se sembrara cilantro el número de semillas sería entre 150 y 200 semillas.

Las semillas deben ser sembradas a una profundidad de 0.5 a 2.5 cm (figura 222), según el tamaño de la misma, posteriormente se cubren por una ligera capa de sustrato, con el fin de evitar que las semillas pierdan humedad durante la emergencia o debido al exceso de radiación solar.



Figura 222. Profundidad de siembra.

El cuadro 45 presenta la profundidad de siembra y los días a germinación de varios cultivos de interés para un huerto urbano.

Cuadro 45. Cultivos que pueden sembrarse en forma directa.

No.	Especie	Días a germinación	Profundidad de siembra (cm)
1	Sandía	7	2.5
2	Calabacita	6	2.0
3	Melón	6	2.0
4	Pepino	5	1.0
5	Rábano	4	0.5
6	Cilantro	13	0.5
7	Pápalo	18	1.5
8	Lechuga	4	0.5
9	Acelga	4	0.5

No.	Especie	Días a germinación	Profundidad de siembra (cm)
10	Espinacas	4	0.5
11	Tomate	5	2.0
12	Jitomate	6	1.0

2.1.3.3. Siembra en almacigo

Este método de siembra es de gran utilidad para asegurar la nacencia del número planeado de plantas por unidad de superficie, además que se tienen un mejor control fitosanitario y existe un mayor porcentaje de plantas emergentes.

Para realizar la siembra en el almácigo se requiere un sustrato especial a base de Peat moss, charolas de diversos materiales y de diversas cavidades (figura 223), un área sombreada (75 % de sombra). Además de lo anterior, también se requiere hacer la calendarización de las fechas de siembra en el almácigo, para que posteriormente se realice el trasplante.



Figura 223. Charola de unicel con 200 cavidades.

Cada cavidad de cada charola a utilizar debe ser llenada con sustrato seco previamente mullido (figura 224), al estar llenas las cavidades de las charolas se da un ligero golpe a la charola para que el sustrato se acomode, al dar el golpe suave es probable que se observen vacíos en las cavidades, estos vacíos deben ser llenados con el mismo sustrato, al quedar las cavidades bien llenas (sin apretar) se procede a humedecer el sustrato, de tal manera que éste no se salga de las cavidades, después de humedecer el sustrato en la parte superior de cada cavidad se realiza una pequeña perforación del tamaño de la semilla a sembrar, esta perforación preferentemente debe realizarse en el centro de cada cavidad, al terminar esta tarea se prosigue con la siembra colocando una semilla por cavidad, al terminar la siembra las semillas son cubiertas con sustrato seco. Las charolas que van quedando sembradas se colocan en un lugar sombreado hasta que

emergen las plantas (2 días aproximadamente), después de la emergencia las charolas son colocadas en un lugar con más luz del sol (no directa), las charolas permanecen en este lugar hasta cumplir aproximadamente 25 días, según la especie.



Figura 224. Llenado de charolas.

Mientras la planta está lista para el trasplante (figura 225), deben regarse con abundante agua a fin de evitar deshidratación del sustrato y la muerte de las plantas. En los primeros 2 días, las charolas plantadas pueden estar en la oscuridad, pero al comenzar la emergencia de las plantas, las charolas deben ser colocadas en un lugar con mucha luz, pero nunca a la luz directa del sol, si dejamos las charolas en la sombra habrá una elongación descontrolada de las plántulas y si las dejamos a la luz directa del sol habrá quemaduras en las hojas tiernas.



Figura 225. Plántulas de lechuga en crecimiento.

2.1.4. Módulos para agricultura vertical e hidroponía

Para las viviendas donde el espacio disponible para esta actividad es muy reducido, la alternativa es la “agricultura vertical”, esto es que se puede realizar siembras en capas o sustratos. Para esto se requiere la implementación de alguno de los Módulos de agricultura vertical” que a continuación se enlistan:

- Macetero en espiral
- Árbol de macetas
- Cajonera en niveles
- Macetas en niveles
- Siembra por niveles en columnas de PVC o en bolsas de plástico

Para la mayoría de estos módulos, generalmente se requerirá de una estructura metálica.

La otra alternativa es la hidroponía, la cual se puede realizar en diferentes módulos, de las cuales la más conocida es, la de tubos horizontales de P.V.C. en una estructura metálica.

2.1.5. Jitomate

2.1.5.1. Origen

El origen del género *Lycopersicon* se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó, quizá porque crecería como mala hierba entre los huertos. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX.

-Familia: *Solanaceae*.

-Especie: *Lycopersicon esculentum* Mill.

2.1.5.2. Variedades

El jitomate es la verdura más popular en el hogar y en el huerto doméstico. El jitomate está disponible en diversos tamaños, formas y colores incluyendo rojo, amarillo, anaranjado, y rosita.

El tamaño varía desde el tamaño de un bocado (la variedad cereza) a las variedades gigantes de bistec. Los tomates pueden ser redondos, ovalados (frutas que son planas en la parte superior e inferior), o de tipo pera. Los tomates son bajos en calorías y son una buena fuente de vitamina C y antioxidantes.

El tipo de tomate a sembrar dependerá principalmente del propósito de consumo y del número total de integrantes de la familia.

Planta: perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas).

a) Tipo Indeterminado

Son plantas donde su crecimiento vegetativo es continuo, pudiendo llegar su tallo principal hasta unos 10 m de largo o más, si es manejado a un solo eje de crecimiento, las inflorescencias aparecen lateralmente en el tallo. Florecen y cuajan uniformemente.

b) Tipo Determinado

Son plantas arbustivas, con un tamaño de planta definido, donde en cada extremo del crecimiento aparece una yema floral, tienen períodos restringidos de floración y cuajado. El tamaño de la planta varía según el cultivar, ya que podemos encontrar plantas compactas, medianas y largas, en donde para las dos últimas clasificaciones necesitamos poner tutores.

2.1.5.3. Requerimientos del cultivo

a) Luz

La luz solar es un requisito muy importante para el crecimiento de la planta. El jitomate es un cultivo que no lo afecta el fotoperiodo o la duración de la luz del día, sus necesidades de luz oscilan entre las 8 y 16 horas. Los días soleados y sin interferencia de nubes, estimulan el crecimiento y desarrollo normal del cultivo.

b) Agua

El consumo diario de agua por planta adulta de tomate es de aproximadamente 1.5 a 2 l/día, pero esto varía dependiendo de la zona, las condiciones climáticas del lugar, la época del año y el tipo de sustrato que se tenga.

c) Temperatura

La temperatura del aire es el principal componente del ambiente que influye en el crecimiento vegetativo, desarrollo de racimos florales, el cuaje de frutos, desarrollo de frutos, maduración de los frutos y la calidad de los frutos.

Los rangos para un desarrollo óptimo del cultivo oscilan entre los 28 - 30° C durante el día y 15 - 18° C durante la noche. Temperaturas de más de 35° C y

menos de 10° C durante la floración provocan caída de flor y limitan el cuajado del fruto

d) Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el cultivo de tomate oscila entre 65 y 70 %; dentro de este rango se favorece el desarrollo normal de la polinización, garantizando así una buena producción; ya que por ejemplo, si tenemos condiciones de baja humedad relativa (- de 45%) la tasa de transpiración de la planta crece, lo que puede acarrear estrés hídrico, cierre estomático y reducción de fotosíntesis, afectando directamente la polinización especialmente en la fase de fructificación cuando la actividad radicular es menor. Valores extremos de humedad reducen el cuajado de los frutos.

e) pH

El cultivo del jitomate requiere de un pH ácido, por lo tanto el pH del sustrato óptimo para el desarrollo del cultivo de jitomate debe ser entre 5.5 y 6.8.

2.1.5.4. Labores de producción

a) Trasplante

El trasplante se realiza cuando las plantas alcanzan en el semillero (almacigo) una altura de 10 a 12 cm., y su tallo tiene más de 0.5 cm., esto ocurre aproximadamente entre los 22 a 27 días después de la siembra, en una charola de 128 cavidades.

Para realizar el trasplante la plántula debe estar bien humedecida, se recomienda que el trasplante se haga con temperaturas frescas, y el sustrato debe estar listo para realizar la tarea, húmedo y con los huecos del cepellón ya realizados.

b) Tutoreo

Esta actividad consiste en ponerle un sostén a las plantas para el mejor manejo del cultivo y mayor aprovechamiento de los frutos, éste se realiza inmediatamente después del trasplante, los tutores deben medir 2.5 metros o más dependiendo de la altura de la variedad. Las plantas de crecimiento determinado pueden sostenerse con hileras horizontales de alambre galvanizado o rafia de nylon las cuales deben colocarse alrededor del tallo principal, es importante que las guías se vayan ordenando para evitar su caída.

c) Riegos

Los riegos dependen del clima, y del estado de desarrollo de la planta, los riegos no deben ser muy pesados para evitar el encharcamiento de agua, y tampoco deben ser muy ligeros que impidan un óptimo desarrollo de las plantas. Es

importante que el agua de riego sea limpia (llave o tinaco), y que a la hora de regar el agua no caiga sobre las hojas o frutos, ya que estimula la proliferación de enfermedades.

d) Podas

La poda consiste en eliminar los brotes laterales, dejando un solo tallo principal, en ocasiones también se eliminan los primeros frutos de cada racimo, de esta forma los siguientes crecerán más grandes.

e) Fertilización

Se considera que el cultivo de jitomate necesita las siguientes cantidades de nutrientes (cuadro 46) para tener rendimientos arriba de los 5 kg/m².

Cuadro 46. Fertilización de jitomate.

Nutriente	g/m ²
N	28.5
P ₂ O ₅	16.4
K ₂ O	30.0
MgO	5.3
Ca	5.9

2.1.5.5. Plagas y enfermedades

a) Plagas

Mosca blanca: Es un insecto chupador del cual existen muchas especies; siendo *Bemisia tabaci* la más difundida y posiblemente la más dañina. Esta plaga es capaz de alimentarse de más de 600 especies de plantas, incluyendo muchos cultivos y malezas. Es una de las que más afecta el desarrollo de una plantación de tomate, ya que puede atacar desde el semillero, hasta un cultivo en fructificación.

El daño directo causado por la ninfa y adultos ocurre cuando éstas succionan los nutrientes del follaje, causando un amarillamiento moteado y encrespamiento de las hojas, seguidos de necrosis y defoliación. Además se forma un hongo llamado fumagina que se desarrolla sobre las excreciones azucaradas. Pero el daño principal que causa no es por la succión de savia que hace de la planta, si no que al alimentarse de esta, es capaz de transmitir una gran cantidad de virus y geminivirus que pueda tener dentro de su organismo o en su aparato bucal.

Áfidos: Los áfidos excretan mielecilla, que es producida por el exceso de savia ingerida. Esta mielecilla causa ennegrecimiento del follaje debido al crecimiento del hongo fumagina. Además, los áfidos son vectores importantes de varios virus,

entre ellos los del tipo “no persistente” como el CMV (Cucumber mosaic virus), PRSV (Papaya ring spot virus), mosaico rugoso y mosaico del tabaco, los cuales se han convertido en una gran limitante en la producción.

Araña roja: Son artrópodos de tamaño muy pequeño y alta capacidad reproductiva, por lo que su presencia puede pasar desapercibida al principio, y sus daños pueden ser devastadores, especialmente en época seca.

b) Enfermedades

Tizón Temprano: Generalmente el síntoma aparece en las hojas más viejas, pero cuando el daño es más grave aparece en los pecíolos y tallos. En la hoja aparecen manchas concéntricas redondas u ovaladas de color café. En el tallo, pecíolo, pedúnculo y fruto se forman manchas concéntricas poco hundidas, alrededor de la mancha aparece un halo amarillo. Cuando la infección es fuerte, las hojas de la parte baja de la planta mueren y no se producen frutos en estas áreas. Las condiciones de temperatura favorables para su desarrollo varían entre los 26 a 28°C con clima seco.

Tizón Tardío: Puede aparecer en las hojas, tallos y frutos. Cuando se presenta en las hojas aparece una mancha acuosa de color café oscuro. Con mucha humedad se puede observar el hongo en forma de vello grisáceo en el envés de las hojas. En el tallo la mancha se observa hundida y si hay humedad se pueden observar el micelio. En los frutos tiernos primero la mancha es difusa de color café suave, luego la mancha se hunde adquiriendo un color café oscuro y el fruto muere.

Esclerotiniosis: Primero aparece una lesión color café oscura sobre la línea del suelo de la planta, el tejido del tallo se infecta rápidamente causando la caída y muerte de la planta. En plantas adultas la lesión rodea el tallo produciendo la marchitez de la planta. Por lo general aparece un crecimiento micótico blancuzco que cubre la lesión y se produce un esclerocio bronceado de 1-2 mm de diámetro. El hongo puede vivir en el suelo y rastros por varios años. Se puede propagar en la superficie del agua, movimiento de suelos o equipo de cultivo contaminado. Temperatura y humedad alta favorecen el desarrollo de ésta.

2.1.5.6. Cosecha

Es recomendable dejar que los jitomates se maduren completamente en la planta. Los jitomates completamente maduros generalmente son rojizos o dependiendo de la variedad amarillo o anaranjado. Sin embargo, los tomates que se maduran en clima cálido a menudo son de un color amarillento-anaranjado. Cuando se maduran completamente, los tomates se pueden almacenar en el refrigerador,

pero solo por unos días; si pasan más tiempo en el refrigerador se deteriora el sabor.

2.1.6. Pepino

2.1.6.1. Origen

El cultivo del pepino se confunde con la historia de la humanidad. Originario del sur de Asia, se cultivaba en la India hace más de 3.000 años. En Grecia y Roma fue adoptado como alimento y extendido por los romanos a toda Europa y Colón posteriormente a América. Es de la familia de las Cucurbitáceas y necesita de un clima templado, para cultivarse en óptimas condiciones.

La sabiduría popular le atribuye propiedades benéficas para la salud en el tratamiento de la gota, la obesidad y enfermedades del corazón. También se señala como alivio de ojos cansados e inflamados; para la picadura de avispa y, especialmente, como mascarilla para la piel.

El pepino es un vegetal suave, de estación caliente, que produce bien cuando es cuidado y protegido adecuadamente. Las enredaderas de variedades estándares crecen rápidamente y requieren mucho espacio. Los métodos de entrenamiento para crecimiento vertical y las nuevas variedades enanas, ahora permiten que los pepinos sean producidos en pequeños huertos o jardines.

El pepino está asociado a la estación veraniega. Su temporada tradicional se extiende de junio a septiembre, si bien es fácil encontrarlo todo el año en el mercado.

Los pepinos no son una buena fuente de nutrientes según los análisis. El nutriente más abundante es el agua. (Fuente: University of Illinois Extensión).

2.1.6.2. Información Nutricional

Cuadro 47. Información nutricional de pepino

Valor nutricional de Pepino 100 g de sustancia	
Fibra dietética	1
Carbohidratos	1
Calcio (g)	7
Vitamina C (mg)	3
Vitamina A (U.I.)	70
Calorías (cal)	5

2.1.6.3. Variedades

La mayor parte de las variedades cultivadas de pepino son híbridas, habiéndose demostrado su mayor productividad frente a las no híbridas. Se pueden englobar en los siguientes tipos:

Tipo español: Son variedades de fruto pequeño (longitud máxima de 15 cm), de piel verde y rayada de amarillo o blanco. Se utilizan para consumo en fresco o para encurtido, en este caso recolectándolos más pequeños. Las variedades pueden ser monoicas, ginoicas con polinizador y ginoicas partenocárpicas.

Tipo francés: Variedades de longitud media (20-25 cm), monoicas y ginoicas. Dentro de estas últimas se diferencian las variedades cuyos frutos tiene espinas y las de piel lisa o mini-pepinos (similares al “tipo Almería”, pero más cortos), de floración totalmente partenocárpica.

Tipo holandés: Variedades cuyos frutos superan los 25 cm de longitud, ginoicas, de frutos totalmente partenocárpicos y de piel lisa, más o menos asurcada. El tamaño de las hojas es mucho más grande.

Burpless Híbrido - 62 días hasta la cosecha, es el pepino dulce original, largo, híbrido de tipo Chino, crece bien en parrales o enredaderas.

Marketmore 76 - 68 días hasta la cosecha, muy uniforme, verde oscuro, recto, resistente a muchas enfermedades.

Straight 8 (58 días hasta la cosecha, ganador de la Asociación Americana de Productores de Semilla -AAS en inglés-, favorito por mucho tiempo, excelente sabor, pepino uniformemente verde oscuro.)

Cultivo de Arbusto (55 días hasta la cosecha, delicioso, pepino enano de 6 a 8 pulgadas, plantas en forma de arbusto.)

Fanfare Híbrido - 63 días hasta la cosecha, ganador de la Asociación Americana de Productores de Semilla (AAS-en inglés), gran sabor, alta producción, cosecha prolongada, resistente a enfermedades.

Arbusto para Ensalada (Híbrido - 57 días hasta la cosecha, ganador de AAS, pepino uniforme de 8 pulgadas en plantas compactas, tolerante a una muchas enfermedades.).

2.1.6.4. Requerimientos del cultivo

a) Luz

Tiene exigencias elevadas, es aconsejable establecer el cultivo en terrenos soleados, ya que una alta intensidad de luz estimula la fecundación de las flores, mientras que una baja intensidad de luz, la reduce.

b) Agua

El pepino, al igual que casi todos los cultivos comúnmente denominados hortalizas, presenta características muy particulares: es de rápido crecimiento, con un alto índice de acumulación de biomasa y con un sistema radical poco profundo; Se requiere de un adecuado y oportuno aprovisionamiento de agua. Los requerimientos hídricos del pepino corresponden a una lámina de riego de 260 mm en todo el ciclo.

c) Temperatura

El pepino, por ser una especie de origen tropical, exige temperaturas elevadas y una humedad relativa, también alta. Sin embargo, el pepino se adapta a climas cálidos y templados y se cultiva desde las zonas costeras hasta los 1,200 metros sobre el nivel del mar. Sobre 40°C el crecimiento se detiene, con temperaturas inferiores a 14°C, el crecimiento cesa y en caso de prolongarse esta temperatura, se caen las flores femeninas. La planta muere cuando la temperatura desciende a menos de 1°C, comenzando con un marchitamiento general de muy difícil recuperación.

d) Humedad relativa

Las plantas de pepino tienen raíces superficiales y requieren mucha humedad en el suelo en todas las etapas de crecimiento. Cuando el pepino comienza a fijar y madurar, una humedad adecuada en el suelo es especialmente necesaria. Para buenas producciones, incorpore residuos vegetales o abono bien descompuesto antes de plantar. Los pepinos responden bien al abono orgánico y la humedad que esto conlleva. Se puede tener un suelo calentado con plástico negro o de polietileno a inicios de primavera, o materia orgánica en verano. El uso de residuos de plástico negro calienta el suelo al inicio de la estación y puede producir cosechas tempranas, especialmente si se combina con cubiertas flotantes en las filas. Respecto a la humedad relativa del aire, el cultivo es muy exigente, a excepción del período de recolección, período en que la planta se hace más susceptible a algunas enfermedades fungosas, que prosperan con humedad relativa alta.

La calidad de los frutos en áreas húmedas es más baja que la de zonas secas.

e) pH

El pH óptimo para el cultivo del pepino en el sustrato debe ser entre 5.5 y 7.

2.1.6.5. Labores de producción

a) Siembra

Usualmente se siembra la semilla de pepino directamente en el huerto o jardín. La tierra a temperatura normal es necesaria para la germinación de las semillas y el crecimiento apropiado de las plantas. Con buena humedad en el suelo, los pepinos crecen bien en tiempo caliente de verano. Una segunda siembra para otoño puede hacerse entre mediados y finales del verano.

Se recomienda dejar una planta de pepino cada 30 cm, para que sus guías y frutos se desarrollen óptimamente, además de que no haya sombreo entre plantas.

Siembre semillas de 1/2 a 1 pulgada de profundidad y ralee las plantas de semillero para dejar una planta cada 12 pulgadas en la fila, o tres plantas cada 36 pulgadas en el sistema de surco. Si utiliza trasplantes, plántelos cuidadosamente en el contenedor a 12 pulgadas de distancia en la fila.

Siembre de dos a tres semillas en macetas con humus (tierra negra), envases con buena mezcla de tierra u otros recipientes, Siembre los trasplantes de 1 a 2 pies de distancia y en filas de 5 a 6 pies de distancia; Ralee hasta dejar una planta por maceta. Cuando las plantas tengan de dos a cuatro hojas verdaderas. No permita que los trasplantes crezcan mucho en macetas, porque no trasplantarán bien. Igual que otros cultivos de enredadera, los pepinos no trasplantan bien cuando el trasplante se realiza a raíz desnuda (sin tierra).

Los pepinos se pueden trasplantar para cosechas adicionales tempranas.

b) Trasplante

El trasplante del pepino se realiza cuando las plántulas tengan entre 3 y 5 hojas en el almácigo. Las plántulas deben ser retiradas cuidadosamente de las charolas para no dañar las raíces. El sustrato debe estar previamente humedecido y debe tener los huecos para plantar las plantas.

c) Tutorio

En huertos pequeños, las enredaderas pueden entrenarse para subir parrales o cercas. Cuando a las variedades largas se les ponen soportes, los pepinos cuelgan libremente y crecen pepinos rectos. Cuando hay mucho viento que azota a las plantas, hace impráctico el entrenamiento vertical. También se pueden

utilizar cercas de alambre para apoyar las plantas o en algunas ocasiones suele realizarse con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de un extremo a la zona basal de la planta (sujeto mediante anillos) y de un alambre situado a determinada altura por encima de la planta. Conforme la planta va creciendo se va sujetando al hilo tutor mediante más anillos, hasta que la planta alcance el alambre. A partir de ese momento se dirige la planta hasta otro alambre situado aproximadamente a 0.5 m, dejando colgar la guía y uno o varios brotes secundarios.

d) Riegos

El pepino es una planta que necesita de una buena disponibilidad de agua para obtener buenas producciones, el contenido de agua en el suelo debe mantenerse a niveles cercanos a la capacidad de campo; la cantidad de agua debe proporcionarse de acuerdo a la edad del cultivo y la evapotranspiración del lugar donde esté el cultivo. Debe evitarse el encharcado o inundado del suelo. Los riegos pueden aplicarse con mangueras utilizando una cebolleta para facilitar el riego.

e) Podas

En pepino se recomienda eliminar las hojas, brotes secundarios y frutos hasta una altura de medio metro con la finalidad de que los frutos crezcan más. Se recomienda hacer las podas con la mano, de no realizarse así se puede utilizar unas tijeras previamente desinfectadas. El corte se realiza en la base de las hojas, brotes o frutos.

f) Fertilización

Aplice fertilizante nitrogenado al lado de las plantas cuando empiezan a enredar. Cualquier plaga del pepino debe ser controlados desde que las plantas son jóvenes y empiezan a salir del suelo.

La producción de pepinos necesita los siguientes nutrientes (cuadro 48) para poder desarrollarse y poder cosechar frutos de las plantas:

Cuadro 48. Datos de fertilización de pepino

Nutriente		Cantidad (g/m ²)
Nitrógeno	N	35.0
Fosforo	P ₂ O ₅	15.0
Potasio	K ₂ O	45.0
Magnesio	MgO	32.5

2.1.6.6. Plagas y enfermedades

a) Plagas

Escarabajos del pepino: Miden 1/4 de pulgada de largo. Son escarabajos con manchas o rayas negras y amarillas. Se alimentan del follaje, flores, vástagos o fruta. Vuelan de una planta a otra Atacan cultivos de pepino, melón, Chayote o calabaza y sandía). Síntomas del daño - agujeros en el follaje, flores mordidas, tallos o vástagos y superficies del pepino con una cicatriz. Los escarabajos manchados o rayados del pepino atacan a las plantas en semilleros cuando germinan. Además pueden aparecer en números grandes e impedir el crecimiento o matar rápidamente a las plantas pequeñas. Los escarabajos pueden transportar la bacteria del fusarium, que causa que la planta se marchite y muera.

Araña roja: Se desarrolla en el envés de las hojas causando decoloraciones, punteaduras o manchas amarillentas que pueden apreciarse en el haz como primeros síntomas. Con mayores poblaciones se produce desecación o incluso de foliación. Los ataques más graves se producen en los primeros estados fenológicos. Las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa favorecen el desarrollo de la plaga.

Mosca Blanca: Las partes jóvenes de las plantas son colonizadas por los adultos, realizando las puestas en el envés de las hojas. De éstas emergen las primeras larvas, que son móviles. Tras fijarse en la planta pasan por tres estados larvarios y uno de pupa, este último característico de cada especie. Los daños directos (amarillamientos y debilitamiento de las plantas) son ocasionados por larvas y adultos al alimentarse, absorbiendo la savia de las hojas. Los daños indirectos se deben a la proliferación de negrilla sobre la melaza producida en la alimentación, manchando y depreciando los frutos y dificultando el normal desarrollo de las plantas.

Pulgón: Las formas ápteras del primero presentan sifones negros en el cuerpo verde o amarillento, mientras que las de Myzus son completamente verdes (en ocasiones pardas o rosadas). Forman colonias y se distribuyen en focos que se dispersan, principalmente en primavera y otoño, mediante las hembras aladas.

b) Enfermedades

Oidiopsis: Los síntomas que aparecen son manchas amarillas en el haz que se necrosan por el centro, observándose un fieltro blanquecino por el envés. En caso de fuerte ataque la hoja se seca y se desprende.

Cenicilla: Los síntomas que se observan son manchas pulverulentas de color blanco en la superficie de las hojas (haz y envés) que van cubriendo todo el aparato vegetativo llegando a invadir la hoja entera, también afecta a tallos y pecíolos e incluso frutos en ataques muy fuertes.

Marchitez Bacteriana (fusarium) - las plantas se infectan con la bacteria de la marchitez por el ataque de los escarabajos del pepino. La bacteria inverna adentro del cuerpo de los escarabajos. Los escarabajos invernan entre la basura y malas hierbas alrededor del huerto o jardín y salen para alimentarse de las semillas suaves de pepinos. Generalmente, las plantas se infectan con bacteria de la enfermedad mucho antes de mostrar cualquier síntoma. Cuando las enredaderas se marchitan y caen (generalmente cuando los pepinos están a mitad de crecimiento), es demasiado tarde para prevenir la enfermedad.

2.1.6.7. Cosecha

Los pepinos se cosechan en diversos estados de desarrollo, cortando el fruto con tijeras en lugar de arrancarlo. El periodo entre floración y cosecha puede ser de 55 a 60 días, dependiendo de la variedad y de la temperatura en que se cultivo. Generalmente, los frutos se cosechan en un estado ligeramente inmaduro, próximos a su tamaño final, pero antes de que las semillas completen su crecimiento y se endurezcan. La firmeza y el brillo externo son también indicadores de buen estado. Algunas variedades pueden crecer mucho, más no permita que los pepinos se pongan amarillos. Quite de la enredadera cualquier fruta que ya va a madurar, para que los pepinos jóvenes continúen creciendo. Los pepinos crecen rápidamente para cosecharse y se deben recoger por lo menos cada dos días. No manipule, coseche, ni trabaje con plantas cuando están mojadas.

2.1.7. Lechuga

2.1.7.1. Origen

El origen de la lechuga no parece estar muy claro, aunque algunos autores afirman que procede de la India, aunque hoy día los botánicos no se ponen de acuerdo, por existir un seguro antecesor de la lechuga, *Lactuca scariola* L., que se encuentra en estado silvestre en la mayor parte de las zonas templadas. Mallar (1978), siendo las variedades cultivadas actualmente una hibridación entre especies distintas. El cultivo de la lechuga se remonta a una antigüedad de 2.500 años, siendo conocida por griegos y romanos. Las primeras lechugas de las que

se tiene referencia son las de hoja suelta, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI.

La lechuga es una planta anual y autógena, perteneciente a la familia *Compositae* y cuyo nombre botánico es *Lactuca sativa* L. La importancia del cultivo de la lechuga ha ido incrementándose en los últimos años, debido tanto a la diversificación de tipos.

Raíz: la raíz, que no llega nunca a sobrepasar los 25 cm. de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones.

Hojas: las hojas están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado.

Tallo: es cilíndrico y ramificado.

Inflorescencia: son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos o corimbos.

Semillas: están provistas de un vilano plumoso.

2.1.7.2. Valor nutricional

La lechuga es una hortaliza pobre en calorías, aunque las hojas exteriores son más ricas en vitamina C que las interiores (cuadro 49).

Cuadro 49. Índices nutricionales de lechuga

Valor nutricional de la lechuga en 100 g de sustancia	
Carbohidratos (g)	20.1
Proteínas (g)	8.4
Grasas (g)	1.3
Calcio (g)	0.4
Fósforo (mg)	138.9
Vitamina C (mg)	125.7
Hierro (mg)	7.5
Niacina (mg)	1.3
Riboflavina (mg)	0.6
Tiamina (mg)	0.3
Vitamina A (U.I.)	1155
Calorías (cal)	18

2.1.7.3. Variedades

Las variedades de lechuga se pueden clasificar en los siguientes grupos botánicos:

Romanas: *Lactuca sativa* var. *longifolia* No forman un verdadero cogollo, las hojas son oblongas, con bordes enteros y nervio central ancho.

Romana Baby

Acogolladas: *Lactuca sativa* var. *capitata* Estas lechugas forman un cogollo apretado de hojas.

- Batavia
- Mantecosa o Trocadero
- Iceberg

De hojas sueltas: *Lactuca sativa* var. *Inybacea*. Son lechugas que poseen las hojas sueltas y dispersas.

- Lollo Rossa
- Red Salad Bowl
- Cracarelle

Lechuga espárrago: *Lactuca sativa* var. *Augustana* Son aquellas que se aprovechan por sus tallos, teniendo las hojas puntiagudas y lanceoladas. Se cultiva principalmente en China y la India.

La variedad Patriota se planta a menudo y produce una cabeza mediana a grande que es compacta y tiene buen rendimiento. Sin embargo, tiene baja tolerancia a enfermedades de hongos durante la estación lluviosa. Otras buenas variedades son “Coolgreen” y “Salinas” y se está llevando a cabo trabajo adicional con variedades nuevas que muestran mejor rendimiento durante la estación lluviosa.

2.1.7.4. Requerimientos del cultivo

a) Luz

Si la luz es insuficiente las plántulas crecerán débiles y hay un alargamiento y deformación del tallo, y si hay una luz excesiva se pueden quemar con los rayos del sol. Una luz natural indirecta suele ser la mejor.

b) Agua

Una humedad estable es absolutamente imprescindible para una buena germinación y posterior crecimiento de la planta. Hay que evitará excesos de humedad que provocarían podredumbres.

c) Temperatura

Para un desarrollo normal de la planta, la temperatura óptima de germinación oscila entre 18-20°C, durante la fase de crecimiento entre 20 y 24°C. Para poder iniciar la fase de inducción floral necesita entre 10 y 15° C durante varias horas del día. Durante la noche una temperatura un poco más baja pues la lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche. Durante el acogollado se requieren temperaturas en torno a los 12°C por el día y 3-5°C por la noche. El cultivo puede soportar mejor las temperaturas elevadas que las bajas, ya que como temperatura máxima puede soportar hasta los 30 °C y como mínima temperaturas de hasta -6 °C. Cuando la lechuga soporta temperaturas bajas durante algún tiempo, sus hojas toman una coloración rojiza, que se puede confundir con alguna carencia.

d) Humedad relativa

La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 60 al 80%, aunque en determinados momentos es bueno reducir menos del 60% la humedad para reducir problemas con enfermedades.

El sistema de la lechuga es muy reducido, por lo que es muy sensible a la falta de humedad y no soporta un periodo de sequía, aunque éste sea muy breve. Los problemas que presenta este cultivo en invernadero es que se incrementa la humedad ambiental, por lo que se recomienda su cultivo al aire libre, cuando las condiciones climatológicas lo permitan.

En los suelos húmedos, la lechuga vegeta bien, pero si son excesivamente ácidos será necesario encalar. Este cultivo, en ningún caso admite la sequía, aunque la superficie del suelo es conveniente que esté seco para evitar en todo lo posible la aparición de podredumbres de cuello.

e) pH

Su pH óptimo está entre 5.5 y 6.5, por lo que en la mayoría de los sustratos requerirán enmienda de pH. Se puede utilizar cal dolomita o ácidos como el fosfórico o el nítrico. En las tiendas de agroquímicos se pueden conseguir productos acidificantes.

Los suelos preferidos por la lechuga son los ligeros, arenoso-limosos, con buen drenaje, en cultivos de primavera, se recomiendan los suelos arenosos, pues se calientan más rápidamente y permiten cosechas más tempranas.

En cultivos de otoño, se recomiendan los suelos francos, ya que se enfrían más despacio que los suelos arenosos.

En cultivos de verano, es preferible los suelos ricos en materia orgánica, pues hay un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos y el crecimiento de las plantas es más rápido.

2.1.7.5. Labores de producción

a) Siembra

La lechuga se puede producir todo el año teniendo en cuenta el riego para la temporada seca. La siembra está sujeta a limitaciones de calidad durante la temporada lluviosa, ya que altas humedades impactan sobre la calidad.

La multiplicación de la lechuga suele hacerse con planta obtenida en semillero. Se recomienda el uso de bandejas de poliestireno de 294 alveolos, sembrando en cada alveolo una semilla a 5 mm de profundidad.

La siembra directa suele realizarse normalmente.

En primer lugar se procederá a la nivelación del terreno, especialmente buscando que el contenedor no tenga riesgos encharcamiento y cuidando que tenga una buena filtración, seguidamente se procederá al asurcado formando varios bancos, para marcar la ubicación de las plantas así como realizar pequeños surcos donde alojar las semillas. Se recomienda cultivar lechuga cuidando de malas hierbas y.

La desinfección química del suelo no es recomendable, ya que se trata de un cultivo de ciclo corto y muy sensible a productos químicos.

Se recomienda que durante los meses de verano o lluvia, se empleen láminas de polietileno negro o transparente. Además también se emplean en las lechugas de pequeño tamaño y las que no forman cogollos cuyas hojas permanecen muy abiertas, para evitar que se ensucien de tierra procedentes del agua de lluvia.

b) Trasplante

Una vez transcurridos 30-40 días después de la siembra, la lechuga será plantada en su lugar definitivo (contenedores, macetas, cajas o bandejas) cuando tenga 5-6 hojas verdaderas y una altura de 8 cm., desde el cuello del tallo hasta las puntas de las hojas. Debe evitarse que queden bolsas de aire que luego con el riego se llenan de agua y la planta se pierde. La humedad del suelo debe ser la óptima al momento del trasplante.

c) Tutorado

Las técnicas de blanqueo empleadas en lechugas de hoja alargada (tipo Romana), consisten en atar el conjunto de hojas con una goma. Actualmente la mayoría de las variedades cultivadas acogollan por sí solas. En caso de lechugas para hojas sueltas, el blanqueo se realiza con campanas de poliestireno invertidas. Si el

cultivo es de invierno-primavera para evitar el espigado, se suele emplear la manta térmica, con el fin de que la planta se desarrolle más rápidamente, no se endurezca y no acumule horas de frío que le hagan subirse a flor. El blanqueo se realiza entre 5 y 7 días antes de la recolección.

d) Riegos

Los riegos se darán de manera frecuente y con poca cantidad de agua, procurando que el suelo quede aparentemente seco en la parte superficial, para evitar podredumbres del cuello y de la vegetación que toma contacto con el suelo.

La frecuencia de los riegos va en relación con la naturaleza de la planta, su estado de desarrollo, condiciones climáticas como intensidad lumínica del día, temperatura y el tipo de sustrato utilizado como medio de cultivo. El cultivo de lechuga requiere una lámina de riego de 50 cm. La lámina de riego puede ser distribuida en 6 mm diarios de agua durante los meses frescos (otoño-invierno) y 10 mm durante los meses cálidos (primavera-verano). Nunca debe regarse la lechuga por encima de sus hojas, ya que el agua penetrará a través de las hojas pudiendo provocar enfermedades.

e) Podas

Siempre que las malas hierbas estén presentes será necesaria su eliminación, pues este cultivo no admite competencia con ellas. Este control debe realizarse de manera integrada, procurando minimizar el impacto ambiental de las operaciones. Se debe tener en cuenta en el periodo próximo a la recolección, las malas hierbas pueden sofocar a la lechuga, creando un ambiente propicio al desarrollo de enfermedades que invalida el cultivo. Además las virosis se pueden ver favorecidas por la presencia de algunas hierbas.

f) Fertilización

Con la finalidad de obtener un buen rendimiento y calidad de producto, es importante que la planta a los treinta días ya haya formado un esqueleto robusto, lo cual se logra realizando una buena fertilización; en caso contrario se afectará drásticamente el potencial de rendimiento de las variedades. Las cantidades necesarias de fertilizante (cuadro 50) para un óptimo desarrollo de la lechuga en el huerto urbano son:

Cuadro 50. Fertilización de lechuga

Fertilizante		Cantidad (g/m ²)
Nitrógeno	N	12.0
Fosforo	P ₂ O ₅	12.0
Potasio	K ₂ O	3.0

El 60-65% de todos los nutrientes son absorbidos en el periodo de formación del cogollo y éstas se deben de suspender al menos una semana antes de la recolección.

Hay que evitar los excesos de abono, especialmente el nitrogenado, con objeto de prevenir posibles fitotoxicidades por exceso de sales y conseguir una buena calidad de hoja y una adecuada formación de los cogollos. También se trata de un cultivo bastante exigente durante las primeras fases de desarrollo, por lo que resulta conveniente la aplicación de este elemento vía foliar, tanto de forma preventiva como para la corrección de posibles carencias.

En fertirrigación, la programación puede realizarse de la siguiente forma:

Tras la plantación, regar diariamente durante 4-5 días sin aporte de abono, para facilitar el enraizamiento de las plantas.-Durante el primer mes, regar tres veces por semana, aportando las siguientes cantidades de abono en cada riego:

- 0,30 g/m² de nitrógeno (N).
- 0,10 g/m² de anhídrido fosfórico (P₂O₅).
- 0,20 g/m² de óxido de potasio (K₂O).

Al mes siguiente, regar tres veces por semana, aplicando en cada riego:

- 0,50 g/m² de nitrógeno (N).
- 0,10 g/m² de anhídrido fosfórico (P₂O₅).
- 0,10 g/m² de óxido de potasio (K₂O).

2.1.7.6. Plagas y enfermedades

a) Plagas

Las plagas más comunes en la lechuga son los gusanos, araña roja trips, y pulgones. Para los gusanos es necesario utilizar permetrinas aplicadas al follaje, para la araña roja se pueden utilizar azufres espolvoreados sobre las hojas y para los trips y pulgones es necesario utilizar productos como dimetoato.

Trips (Frankliniella occidentalis): Se trata de una de las plagas que causa mayor daño al cultivo de la lechuga, La importancia de estos daños directos (ocasionados por las picaduras y las hendiduras de puestas) depende del nivel poblacional del insecto (aumentando desde mediada la primavera hasta bien entrado el otoño). La presencia de este virus en las plantas empieza por provocar grandes necrosis foliares, y rápidamente éstas acaban muriendo. Esta plaga se encuentra también en las malas hierbas localizadas en los márgenes del cultivo.

Minadores (Liriomyza trifolii y Liriomyza huidobrensis): Forman galerías en las hojas y si el ataque de la plaga es muy fuerte la planta queda debilitada. Los tratamientos comenzarán cuando se observen los primeros síntomas.

Mosca blanca (Trialeurodes vaporariorum): Produce una melaza que deteriora las hojas, dando lugar a un debilitamiento general de la planta. Los tratamientos químicos comenzarán una vez que la población de mosca blanca vaya incrementándose.

Pulgones (Myzus persicae, Macrosiphum solani y Narsonovia ribisnigri): Se trata de una plaga sistemática en el cultivo de la lechuga, siendo su incidencia variable según las condiciones climáticas. El ataque de los pulgones suele ocurrir cuando el cultivo está próximo a la recolección. Aunque si la planta es joven, y el ataque es considerable, puede arrasar el cultivo. Los pulgones colonizan las plantas desde las hojas exteriores y avanzando hasta el interior, excepto la especie *Narsonovia ribisnigri*, cuya difusión es centrífuga, es decir, su colonización comienza en las hojas interiores, multiplicándose progresivamente y trasladándose después a las partes exteriores.

b) Enfermedades

Botritis (Botrytis cinerea): Los síntomas comienzan en las hojas más viejas con unas manchas de aspecto húmedo que se tornan amarillas, y seguidamente se cubren de moho gris que genera enorme cantidad de esporas. Si la humedad relativa aumenta las plantas quedan cubiertas por un micelio blanco; pero si el ambiente está seco se produce una putrefacción de color pardo o negro.

Esta enfermedad se puede controlar a partir de medidas preventivas basadas en la disminución de la profundidad y densidad de plantación, además de reducir los excesos de humedad.

Espigado o subida de la flor: diversos factores influyen en el desarrollo del espigado: características genéticas, endurecimiento de la planta en primeros periodos de cultivo, fotoperiodos largos, elevadas temperaturas, sequía en el suelo y exceso de nitrógeno. Esta fisiopatía afecta negativamente al acogollado de la lechuga.

Antocianos en las hojas: en época de bajas temperaturas durante el ciclo del cultivo algunas variedades son muy sensibles al enrojecimiento de sus hojas, sobre todo la lechuga tipo *Trocadero*.

Escarchas en primavera: pueden dar lugar a diversas alteraciones como descamaciones epidérmicas y desecaciones. Como medida preventiva se colocan campanas de poliestireno sobre las plantas.

Granizo: afecta negativamente tanto por el daño directo como por el indirecto, ya que sobre las heridas pueden desarrollarse patógenos secundarios, afectando a la comercialización del producto.

Punteado pardo: es una fisiopatía común debido a la exposición a bajas concentraciones de etileno que produce depresiones oscuras especialmente en la nervadura media de las hojas. Secundariamente, el etileno estimula la producción de compuestos fenólicos que conduce a la síntesis de pigmentos pardos. Bajo condiciones severas, las manchas pueden ser encontradas en el tejido verde de las hojas y en todo el cogollo. Esta fisiopatía hace a la lechuga no comercial. La contaminación por etileno puede originarse por montacargas que trabajan o funcionan con propano, transporte de cargas mixtas, o almacenaje con frutas generadoras de etileno tales como manzanas y peras.

Mancha parda (brown stain): los síntomas de esta fisiopatía son grandes manchas deprimidas de color amarillo rojizo principalmente en la nervadura media de las hojas. Estas pueden oscurecerse o agrandarse con el tiempo. La mancha parda en algunos casos se observa como un veteado pardo rojizo. La mancha parda es causada por la exposición a atmósferas con CO₂ sobre 3%, especialmente a bajas temperaturas.

Costilla rosada (pink rib): es una fisiopatía en la cual la nervadura de la hoja adquiere una coloración rojiza. La sobremadurez de los cogollos y el almacenaje a altas temperaturas incrementan este desorden. Las exposiciones a etileno no incrementan esta fisiopatía y atmósferas con bajo oxígeno no lo controlan.

2.1.7.7. Cosecha

La cosecha comienza 50 a 60 días después del trasplante. La madurez está basada en la compactación de la cabeza la que requiere de una fuerza manual moderada para ser comprimida, es considerada apta para ser cosechada. Se corta toda la planta y se quitan las primeras hojas. Luego el producto puede colocarse en el refrigerador para almacenarlas mientras se consumen. La lechuga es altamente perecedera y se deteriora rápido en temperaturas altas.

Una cabeza muy suelta está inmadura y una muy firme o extremadamente dura es considerada sobremadura. Las cabezas inmaduras y maduras tienen mucho mejor sabor que las sobremaduras y también tienen menos problemas en postcosecha.

2.1.8. Cebolla

Se considera originaria del suroeste de Asia, Su consumo se remonta a más de 4000 años, para ese entonces se cultivaba en Egipto, China e India. Una inscripción encontrada en las pirámides de Egipto, prueba que los hombres que las construyeron se alimentaron con cebollas.

De la planta se aprovechan sus bulbos y sus tallos verdes como alimento o como ingredientes en recetas de medicina rural.

Se trata de un cultivo muy extendido por todo el mundo, pues hay gran número de cultivares con distinta adaptación a las diferencias de climatología que influyen en su vegetación. A pesar de ello no todos los países cubren sus necesidades, y han de importar una parte de su consumo.

Planta: a veces vivaz de tallo reducido a una plataforma que da lugar por debajo a numerosas raíces y encima a hojas, cuya base carnosa e hinchada constituye el bulbo.

Bulbo: está formado por numerosas capas gruesas y carnosas al interior, que realizan las funciones de reserva de sustancias nutritivas necesarias para la alimentación de los brotes y están recubiertas de membranas secas, delgadas y transparentes, que son base de las hojas. La sección longitudinal muestra un eje caulinar llamado corma, siendo cónico y provisto en la base de raíces fasciculadas.

La cebolla es rica en propiedades que hacen de ella un tónico general y un estimulante. Debido a su contenido en vitaminas A y C puede tratar todo tipo de

enfermedades respiratorias, también gracias a su contenido en vitamina B puede tratar enfermedades nerviosas. Tiene ciertas propiedades antianémicas, y gracias a su contenido en hierro, fósforo y mineral repone la pérdida de sangre y glóbulos rojos. La cebolla protege contra infecciones y sobre todo regula el sistema digestivo manteniendo el balance de los fermentos digestivos y previniendo los parásitos intestinales.

2.1.8.1. Variedades

Existe una gran cantidad de variedades disponibles para la producción, año con año las casas productoras sacan a la venta semillas para satisfacer la demanda más exigente de los productores así como de los consumidores y de las múltiples industrias que procesan este producto.

Para la clasificación los criterios de más importancia son:

Entre las variedades de primavera-verano destaca:

Cebolla Blanca de España, que es una de las variedades más apreciables de la península, con bulbo redondo, un poco puntiagudo en la parte superior, de mayor tamaño que la generalidad de todas las demás variedades conocidas, notable precocidad, sabor dulce y buena conservación.

La cebolla morada española también se cultiva con mucha frecuencia en España y presenta un bulbo redondo, algo puntiagudo en la parte superior, bastante grande, dulce y de buena conservación.

Entre las variedades de otoño –invierno destacan la cebolla amarilla azufre de España que presenta un bulbo aplastado, túnicas apretadas, espesas y adherentes, de un amarillo vivo ligeramente verdoso.

2.1.8.2. Requerimientos del cultivo

a) Luz

Es fotoperiódica, siendo las de días cortos que desarrollan el bulbo con 10 a 12 horas luz.

b) Agua

El exceso de humedad al final del cultivo repercute negativamente en su conservación. Se recomienda que el suelo tenga una buena retención de humedad en los 15-25 cm., superiores del sustrato.

c) Temperatura

Es una planta de climas templados, aunque en las primeras fases de cultivo tolera temperaturas bajo cero, para la formación y maduración del bulbo, pero requiere temperaturas más altas y días largos, cumpliéndose en primavera para las variedades precoces o de día corto, y en verano-otoño para las tardías o de día largo.

La cebolla se adapta a diferentes tipos de temperatura; desarrolla bien en climas cálidos, templados y fríos, comprendidos entre los 50 y 300 metros de altura; produciéndose mejor en altitudes arriba de los 900 msnm., con ambiente seco y luminoso; temperatura ambiental entre los 18 y los 25 grados centígrados. Abajo de los 18 grados centígrados los bulbos no desarrollan bien obteniéndose únicamente crecimiento de los tallos.

d) Humedad relativa

Es muy sensible al exceso de humedad, pues los cambios bruscos pueden ocasionar el agrietamiento de los bulbos. Una vez que las plantas han iniciado el crecimiento, la humedad del suelo debe mantenerse por encima del 60% del agua disponible en los primeros 40 cm. del suelo. El exceso de humedad al final del cultivo repercute negativamente en su conservación. Se recomienda que el suelo tenga una buena retención de humedad en los 15-25 cm. superiores del suelo.

e) pH

La cebolla es medianamente sensible a la acidez, oscilando el pH óptimo entre 6-6.5.

Prefiere suelos sueltos, sanos, profundos, ricos en materia orgánica, de consistencias medias y no calcáreas. Los aluviones de los valles y los suelos de transporte en las dunas próximas al mar le van muy bien. En terrenos pedregosos, poco profundos, mal labrados y en los arenosos pobres, los bulbos no se desarrollan bien y adquieren un sabor fuerte. El intervalo para repetir este cultivo en un mismo suelo no debe ser inferior a tres años, y los mejores resultados se obtienen cuando se establece en terrenos no utilizados anteriormente para cebolla.

2.1.8.3. Labores de producción

a) Trasplante

Este es el método de producción más usado. Para la obtención de las plántulas, es necesario preparar semilleros o canteros. Se recomienda plantar 26.7 plántulas por m².

La plántula tarda en los semilleros 40 a 50 días, y el trasplante deberá hacerse cuando tiene un tamaño de 15 cm., de alto y un diámetro aproximado de 6 mm., a nivel del suelo.

El día del trasplante, deberá ser regado el semillero para facilitar la extracción de las plántulas de las charolas; se escogerán las plántulas más robustas desechando las débiles y enfermas.

b) Tutorio

La limpieza de malas hierbas es imprescindible para obtener una buena cosecha., pues se establece una fuerte competencia con el cultivo, debido principalmente al corto sistema radicular de la cebolla. Se realizarán repetidas escardas con objeto de airear el terreno, interrumpir la capilaridad y eliminar malas hierbas. La primera se realiza apenas las plantitas han alcanzado los 10 cm de altura y el resto, cuando sea necesario y siempre antes de que las malas hierbas invadan el terreno.

La desinfección del sustrato es indispensable para evitar problemas con plagas y enfermedades, especialmente con la pudrición blanca, principal enfermedad que ataca a la cebolla. Para desinfectar el sustrato se puede utilizar agua hirviendo, yodo agrícola (1.5 ml/l de agua), o sales cuaternarias de amonio, (2 ml/l de agua), en el caso de usar sales cuaternarias el sustrato deberá ser lavado para eliminar residuos de las sales.

c) Riegos

El primer riego se debe efectuar inmediatamente después del trasplante. Posteriormente los riegos serán indispensables incrementando la cantidad y la periodicidad según el sustrato usado y el tamaño del bulbo. El déficit hídrico en el último período de la vegetación favorece la conservación del bulbo. Los riegos se interrumpirán de 15 a 30 días antes de la recolección.

d) Fertilización

El cultivo de Cebolla requiere e aplicaciones moderadas de materia orgánica bien descompuesta como la composta y la lombricomposta, se recomienda aplicar 10 litros de alguna de éstas por cada 100 litros de sustrato a utilizar.

Para la producción de cebollas se recomienda realizar la siguiente fertilización:

Cuadro 51. Datos de fertilización de cebolla

Fertilizante		Cantidad (g/m ²)
Nitrógeno	N	11.2
Fosforo	K ₂ O ₅	7.0
Potasio	P ₂ O	11.9

Las materias activas de los herbicidas de preemergencia más utilizados en el cultivo de la cebolla son: Pendimetalina, Oxifluorfen, Propacloro, Triaxilaxil y Loxinil octanoato. En suelos poco fértiles se producen cebollas que se conservan mejor, pero, naturalmente, su desarrollo es menor. Para obtener bulbos grandes se necesitan tierras bien fertilizadas.

Nitrógeno. La absorción de nitrógeno es muy elevada, aunque no deben sobrepasarse los 25 kg por hectárea, e influye sobre el tamaño del bulbo. Por regla general, basta con un suministro días antes del engrosamiento del bulbo y después del trasplante, si fuese necesario. El abono nitrogenado mineral favorece la conservación, ocurriendo lo contrario con el nitrógeno orgánico. El exceso de nitrógeno da lugar a bulbos más acuosos y con mala conservación.

Fósforo. La necesidad en fósforo es relativamente limitada y se considera suficiente la aplicación en el abonado de fondo. Se deberá tener en cuenta que el fósforo está relacionado con la calidad de los bulbos, resistencia al transporte y mejor conservación.

Potasio. Las cebollas necesitan bastante potasio, ya que favorece el desarrollo y la riqueza en azúcar del bulbo, afectando también a la conservación.

Calcio. El suministro de calcio no es por norma necesario si el terreno responde a las exigencias naturales de la planta.

2.1.8.4. Plagas y enfermedades

a) Plagas

Gusano: Daña los bulbos durante la cosecha, plantas jóvenes destruidas, hojas cortadas y plantas retraxidas seriamente.

Trips de la cebolla: Los adultos y las ninfas chupan la savia de las hojas causando un punteado clorótico y/o plateado de los tejidos, deformación de las hojas se revientan, se encogen, se marchitan y se secan desde la punta hacia abajo, crecimiento retardado y bulbo reducido.

b) Enfermedades

Pudrición blanca: La pudrición blanca es uno de los problemas más graves que limitan la producción de cebolla en México. Se caracteriza por la presencia de un moho blanco sobre la superficie del bulbo. En un estado avanzado de la

enfermedad aparecen unos puntos negros, razón por la cual también es conocida como la “pudrición negra”.

Moho gris: Se presenta con lesiones circulares o elípticas en el follaje, las puntas de las hojas se marchitan y se torna blanca, pudrición del cuello a nivel del suelo, bulbos almacenados con micelio gris con aspecto algodonoso.

Mancha púrpura: Manchas elipsoidales café rojizas o púrpura y crecen produciendo un doblado de las hojas.

2.1.8.5. Cosecha

La duración del período entre el trasplante y la cosecha varía de acuerdo al cultivar que se trate y a las condiciones del sitio de siembra, tal como temperatura, humedad y brillo solar.

La cosecha se hace en forma manual, usando alguna herramienta, cuidando de no lastimar los bulbos durante el ablandamiento del sustrato.

La cosecha se realiza cuando un 20 a 25% de los tallos del total de las plantas se ha doblado, debe suspenderse el riego, para permitir que los bulbos empiecen a madurar uniformemente. Si el suelo permanece húmedo al momento de la cosecha; existe el riesgo de manchar los bulbos y desechar su calidad.

2.1.9. Orégano

El orégano es una especie aromática oriunda del Oriente Medio utilizada principalmente como condimento en salsas y comidas. Destaca por su empleo en la preparación de pizza. Además, en los últimos años, gracias a la presencia del timol y el carvacrol entre sus aceites esenciales, se han desarrollado aplicaciones medicinales para esta hierba como sedante, antiespasmódica, carminativa y antioxidante, entre otras.

2.1.9.1. Variedades

Las variedades de orégano válidas para cultivo son numerosas, variando principalmente por la intensidad de su aroma, la calidad del aceite esencial y las zonas de crecimiento. Las variedades más usadas en México son:

Orégano común, el más frecuente en Europa y en el arco mediterráneo, resistente a las heladas, es el más aromático.

Orégano griego: presente en Italia, Península Balcánica y Asia occidental.

Mejorana: Emparentado con el orégano común, su hábitat originario es el Este de Asia, desde donde se extendió a través de los cruzados medievales a la zona mediterránea. En España se cultiva extensamente utilizando zonas secas y soleadas. Se comercializan las flores secas y el aceite esencial con fines medicinales.

Orégano rojo y verde: Subespecie del orégano común, que se desarrolla en montañas de hasta 3,000 metros de altura, alcanzando zonas como las laderas del Himalaya.

Orégano Mexicano: Muy aromático, se emplea en la gastronomía mexicana junto a los chiles.

2.1.9.2. Requerimientos del cultivo

a) Luz

Requiere de luz solar directa, de lo contrario sus cualidades organolépticas se modifican.

b) Agua

Inicialmente, el suministro de riego para el riego debe ser constante. El riego se puede reducir a dos veces por semana, ya partir del primer mes, una vez por semana.

c) Temperatura

El orégano es resistente al frío; sin embargo, las temperaturas menores a 5 grados centígrados afectan al cultivo de orégano retrasando el crecimiento y quemando los bordes de las hojas.

d) Humedad relativa

El cultivo del orégano necesita una humedad relativa de entre 40 y 70%.

e) pH

El pH del sustrato para cultivar el orégano debe ser entre 5 y 7.

2.1.9.3. Labores de producción

a) Siembra

Por semilla (población heterogénea) y por división de plantas (esquejes). Tradicionalmente el orégano se multiplica por división de plantas. Para cultivos urbanos es recomendable renovar las plantas luego de 4 años.

b) Siembra de esquejes

Los esquejes son fragmentos de la planta que se utilizan para la propagación de una especie. En el caso del orégano se utilizan tallos, éstos son segmentados y plantados en el sustrato a utilizar. Los esquejes extraídos de plantas madre, deben tener una longitud de 20 a 30 cm, no deben tener ninguna enfermedad para poderse usarse para la propagación. Cada esqueje es enterrado de 2 a 4 cm por encima del punto de corte en el sustrato húmedo. Cada esqueje tarda de 5 a 8 días en producir raíces, y después iniciara su crecimiento.

c) Trasplante

Para la reproducción de Orégano se utilizan esquejes. Los cortes realizados a las puntas de los esquejes, se realiza cuando las plantas están bien enraizadas, más o menos a los 30 ó 45 días de la siembra. Se cortan los tallos y flores con los que se favorece la ramificación de la parte baja de la planta de tal forma que la planta toma cuerpo. Una vez identificados los esquejes que se utilizaran para la plantación, se realiza el corte el mismo día de la plantación, utilizando una tijera de podar previamente desinfectada con cloro al 10 %, los cortes deben realizarse en horas frescas del día para evitar un estrés en los esquejes.

d) Riegos

Los riegos en el cultivo de orégano deben ser abundantes, tomando en cuenta la época del año, hay que evitar los excesos de agua en invierno.

e) Fertilización

El cultivo de orégano requiere las siguientes cantidades de fertilizante para desarrollarse en la producción urbana:

Cuadro 52. Datos de fertilización de orégano

Fertilizante		Cantidad g/m ²
Nitrógeno	N	13.5
Fósforo	P ₂ O ₅	9.0
Potasio	K ₂ O	11.0

2.1.9.4. Plagas y enfermedades

a) Plagas

Pulgones: Son las especies que absorben los jugos vitales (savia) de la planta, y al mismo tiempo son transmisores de enfermedades. Proliferan rápidamente. Su ataque es generalmente en los meses de invierno (mayo-julio). El control se realiza utilizando insecticidas a base de tabaco, ceniza y otros productos caseros, es muy exitoso.

Araña Roja: Esta plaga se presente cuando hay sequía y las plantas están con hojas tiernas. El ataque se caracteriza por que la planta se recubre de una tela muy fina dentro de la cual se encuentran estos ácaros (arañas), limitando la capacidad fotosintética de la planta. A consecuencia de todo ello las hojas se tornan amarillentas y se caen, llegando hasta secar los tallos, provocando pérdidas fuertes si no se controla a tiempo.

b) Enfermedades

Necrosis foliar: Los síntomas que se observan primero son unas pequeñas manchas pardas sobre las hojas y los tallos. Al extenderse progresivamente por la lámina foliar, las áreas necróticas coalescentes producen el total marchitamiento de las hojas, que caen finalmente.

Phytophthora: Provoca unas necrosis a nivel del cuello y de las raíces. El marchitamiento del pie de las plantas afectadas se caracteriza por la presencia de ramas secas y de hojas con manchas amarillas, pardas y negras.

2.1.9.5. Cosecha

La cosecha se realiza cuando los tallos de la planta tienen entre 15% y 20% de floración y una altura aproximada de 40 a 50 cm. Los tallos recolectados son puestos en lugares sombreados y frescos para secarlos. Una vez secas, se muelen y se almacenan en lugares frescos y sombreados para mantener sus cualidades organolépticas.

2.1.10. Cilantro

2.1.10.1. Origen

Probablemente es originario del Mediterráneo Oriental (Grecia) y de Oriente Medio. Su nombre se menciona en la Biblia, donde el color del maná se compara con el cilantro.

El nombre genérico proviene de la palabra griega *Korios*, chinche, en alusión al olor repugnante de su fruto verde.

El cilantro (*Coriandrum sativum* L.), esta aromática de uso muy difundido en la más fina gastronomía mundial. Es una planta anual, herbácea, de 40 a 60 cm de altura, de tallos erectos, lisos y cilíndricos, ramificados en la parte superior. Las hojas inferiores son con segmentos ovales en forma de cuña; mientras que las superiores son con segmentos agudos. Las flores son pequeñas, blancas o ligeramente rosadas, dispuestas en umbelas terminales. Los frutos son diaquenios, globosos, fuertemente unidos, de color amarillo-marrón. Tienen un olor suave y agradable y un sabor fuerte y picante. Contiene dos semillas, una por cada aquenio. Las raíces son delgadas y muy ramificadas.

2.1.10.2. Variedades

Las variedades más utilizadas en la producción de cilantro son:

- Santo
- Marín
- Marroquí
- Poblano
- San José García
- Los Mochis
- Querétaro
- Slow Bolts
- Río Verde
- Tontoyuca
- Criollo Ramos
- Long Stanlin
- Sun Master
- Cr. Santos

Se clasifica como una hierba medicinal, aromática y de condimento. Se consume en forma fresca, cocida o deshidratada, además de ser industrializada para la extracción de aceites esenciales y productos farmacéuticos. En el Estado de Morelos esta especie es muy utilizada para condimentar salsas principalmente el llamado “Guacamole”.

Las partes utilizables de la planta son los frutos, las hojas y las raíces. Las frutas y las hojas poseen un sabor totalmente diferente. El secado destruye la mayor parte de la fragancia de las hojas, aunque existen referencias de la utilización de las mismas.

2.1.10.3. Requerimientos del cultivo

a) Luz

La planta necesita altas intensidades luminosas para crecer. Los días largos y cálidos promueven la floración temprana, lo que puede reducir la productividad en términos de follaje pero pueden ser ventajosos si se desea producir cilantro para semilla.

b) Agua

El cultivo requiere de un buen contenido de humedad para rendir su potencial de productividad. La presencia de sequía reduce la cantidad de hojas y de semillas, además de que se altera la producción de aceites y por lo tanto el sabor.

c) Temperatura

El cilantro requiere un clima templado, y aunque puede tolerar un clima templado-cálido, en éste experimenta una notable disminución del rendimiento.

El clima caliente hace florecer muy rápidamente al cilantro y limita el desarrollo de follaje lo que desmerita su utilización como hortaliza. Las temperaturas entre 10° y 30° C proveen las condiciones óptimas de crecimiento. El cilantro tolera heladas ligeras.

d) Humedad relativa

Se deben de evitar las altas humedades relativas, ya que esto incrementa la posibilidad de incidencia de hongos como alternaría y/o cenicillas. Debe mantenerse un rango de humedad relativa de entre 40 y 70 %.

e) pH

Se recomienda producir el cilantro con un pH entre 6.5 y 6.8. El cultivo de cilantro se da de mejor forma en contenedores profundos, de buen drenaje, aunque puede

adaptarse a cualquier sustrato que se utilice para su producción, en arena de tezontle se han observado buenos rendimientos en cuanto a la producción.

2.1.10.4. Labores de producción

a) Siembra

Antes de realizar la siembra se recomienda quebrar o remojar las semillas, para favorecer la germinación de las plántulas.

El sustrato debe de estar libre de piedras, para evitar pérdidas de semilla, también es necesario remover el sustrato hasta una profundidad de 20 cm, para facilitar el desarrollo de las raíces.

Las siembra se realiza a chorrillo, poniendo la semilla a 1 cm de profundidad; a mayor profundidad no germinan. La cantidad de semilla necesaria es de 2.1 g de semilla por cada metro cuadrado utilizado en la producción. Se recomienda realizar una siembra escalonada, es decir sembrar cada 15 días, para no tener toda la producción en una sola fecha.

En lugares donde no hay presencia de heladas se puede sembrar todo el año, en lugares donde si hay heladas se recomienda programar la siembra para que se produzca en épocas donde no hay heladas.

b) Tutorio

Es conveniente no exponerlas mucho tiempo al sol durante las primeras semanas de vida, aunque a partir de las 6 hojas, una mayor insolación favorecerá su crecimiento.

Da buen resultado la siembra escalonada, durante la primavera y principios del verano, de forma que permita una recolección de frutos escalonada. En cambio, con la siembra en pleno verano, la recolección será diferida y sólo habrá una de follaje. Son necesarias de 4 a 5 kg de semillas para sembrar una hectárea, y éstas conservan su poder germinativo de 2 a 5 años.

c) Riegos

En la época seca se llevará a cabo el riego. Se recomiendan las escardas y binas. Cuando se trate de cultivos con una extensión considerable se aplicarán herbicidas como Linurón o Prometrina, tras la siembra y con tiempo húmedo.

d) Podas

Puede realizarse a los 40 - 60 días tras la siembra. A veces se corta a una altura de 2-3 cm sobre el suelo y se agrupan en ramitos. De esta forma, la planta puede volver a crecer para un segundo o tercer corte, a pesar de que su crecimiento no

lo hace tan eficazmente como otras aromáticas como el perejil. Se puede hacer esta operación hasta los 4 meses que empieza la producción de semilla.

En el caso, de la recolección de las flores debe hacerse antes de su maduración completa de los frutos, a primera hora de la mañana, la recolección puede retrasarse algunos días.

Para la producción de hojas, se llevará a cabo antes de la aparición del tallo, para evitar las semillas precoces. Si se cosechan las hojas exteriores más viejas, la planta continuará produciendo follaje nuevo hasta que eche flores..

e) Fertilización

La fertilización mineral, dependerá de la riqueza del suelo.

Debido a la lenta tasa de mineralización que determina la baja disponibilidad de nutrientes de los abonos orgánicos en un cultivo de ciclo muy corto (35 a 40 días). El tratamiento con urea como fuente de nitrógeno presenta los mayores niveles de extracción de elementos nutritivos, destacando el nitrógeno y potasio, respectivamente y reflejando el mayor rendimiento de biomasa. En cuanto al rendimiento y calidad de las semillas, a pesar de que no se observaron diferencias significativas, el mayor rendimiento de semilla pura se observó con el tratamiento con composta (casera).

2.1.10.5. Plagas y enfermedades

a) Plagas

En el caso de las plagas, el cultivo del cilantro es atacado principalmente por gusanos, estos devoran el follaje de las plantas, y ácaros; los ácaros succionan la savia de la planta ocasionando un estrés y disminuyendo el crecimiento del cultivo. Para el caso de los gusanos se recomienda aplicar productos a base de Permetrina, y para los ácaros se utilizan productos con el ingrediente activo Etoxazole o con Abamectina.

b) Enfermedades

A nivel de producción se han reportado las siguientes enfermedades en cilantro:

Cenicilla de la hoja: La presencia se identifica por la presencia de un algodoncillo sobre las hojas, se puede controlar con productos a base acetato de trifeniltin.

Marchitamiento del cilantro: Se produce un amarillamiento del cultivo, y enseguida comienza a secarse aun habiendo una humedad en el suelo. Se puede controlar con productos base de Tiofanato metílico.

Mancha bacteriana (*Pseudomonas syringae*). Produce lesiones que consisten en venas delimitadas y angulares de la hoja, que en primer lugar están en forma de hojas translúcidas y más adelante y con condiciones secas, las manchas se vuelven de color negro o café. Cuando el ataque es grave, las manchas de la hoja pueden unirse y causar un efecto de marchitamiento. El patógeno se ubica en la semilla, por lo que la enfermedad se propaga a través de la semilla contaminada. La lluvia y el riego favorecen el desarrollo de la enfermedad. Por lo que se recomienda tener cuidado con las semillas.

2.1.10.6. Cosecha

La cosecha se realiza manualmente, a partir de los 3 meses después de la siembra, ésta se hace retirando del suelo o sustrato toda la planta (con todo y raíz) y después quitar todo rastro del sustrato, para poder después consumirlo en fresco.

El cilantro tiene un índice de respiración recién cosechado moderadamente alto como otros vegetales de hoja verde. Debe ser almacenarlo bajo condiciones de alta humedad y temperatura baja. La alta relación existente entre su superficie y volumen hace que el cilantro sea muy susceptible a la pérdida de agua. Cuando la refrigeración no es posible, el marchitamiento puede ser retrasado enfriando las plantas con agua o hielo, protegiéndolas de la luz solar.

2.1.11. Hierbabuena

La planta de hierbabuena, también conocida como menta verde, cuyo nombre científico es *Mentha spicata*, se desarrolla con mucha facilidad en climas templados, pero presenta una gran adaptabilidad a diferentes tipos de clima.

Se trata de una planta herbácea, con raíces y estolones muy superficiales. Los tallos, de forma cuadrangular, son erectos, de color verde con tonalidades violáceas, ligeramente vellosos, y ramificados, de unos 25 cm de altura.

Se le adjudican las propiedades:

Analgésico, antiespasmódico, digestivo, diurético y estomacal.

2.1.11.1. Variedades

Existen diversos tipos de variedades, de las que destacan:

- Variedad spicata Ferry
- Variedad spicata Rhodos
- Variedad spicata Ukraine
- Variedad spicata a. Fruity

2.1.11.2. Requerimientos del cultivo

a) Luz

La hierbabuena requiere de áreas bien iluminadas, ya que sus características organolépticas se alteran al no haber una alta incidencia de luz solar. Aunque debe hacerse en un lugar donde pueda protegerse de la radiación solar directa en los momentos de mayor intensidad, ya que no tolera mucho una exposición constante al sol, para crecer de manera óptima.

b) Agua

Para maximizar la producción, la menta y hierbabuena deben regarse frecuentemente. El agua a usar semanalmente varía en rangos desde 10 a 25 mm al inicio de la plantación (marzo-junio) y de 25 a 50 mm en etapas más avanzadas del cultivo (julio-septiembre) tomando en consideración las lluvias.

c) Temperatura

La hierbabuena se desarrolla de mejor forma en lugares frescos (sin heladas), pero se adapta a condiciones subtropicales, las temperaturas ideales para la menta son los días soleados calientes (25° C) y las noches frescas (15° C).

d) Humedad relativa

El cultivo necesita una humedad relativa de entre 40 y 70% para que se desarrolle óptimamente.

e) pH

El rango preferido de pH es a partir de 6 a 7.5. Las plantas se desarrollan mejor en suelos o contenedores profundos, ricos en materia orgánica sin presencia de rocas o de un sustrato duro que limite el crecimiento de las raíces.

2.1.11.3. Labores de producción

a) Siembra

El cultivo de hierbabuena puede hacerse directamente en el suelo como también en macetas. La ventaja de realizarlo en macetas es que se le puede otorgar una mayor protección si es que las condiciones climáticas son muy adversas. Si se cultiva en interior, que sea un sitio muy luminoso. Si el cultivo de la hierbabuena se realiza en maceteros, hay que considerar el gran crecimiento radicular que presenta esta especie, por lo cual se aconseja que las macetas sean de grandes dimensiones.

La época ideal de la siembra de hierbabuena es durante las primeras semanas de la primavera, aunque es posible de sembrar hasta iniciado el verano. Si se plantaran varios individuos de hierbabuena, lo ideal es dejar una separación de al menos 20 centímetros de separación entre cada uno de ellos.

b) Trasplante

Para el cultivo de la hierbabuena suelen usarse esquejes, ya que estos son más rápidos de reproducir y presentan las mismas características de las plantas madre. Ambos fragmentos vegetales deben ser puestos a enraizar con anterioridad, y ya enraizados se prosigue con la plantación de éstas.

c) Tutorio

No necesita cuidado en especial, pero es rentable si se trabaja en la eliminación de malezas, la cual puede realizarse de forma manual, obteniendo excelentes resultados en calidad y volumen.

También durante el año es necesario hacer varias cavas del terreno para romper la costra de la superficie, airearlo, mullirlo y también es otra forma para eliminar las malas hierbas que haya alrededor de las plantas. Este movimiento del sustrato debe ser sin profundizar demasiado, puesto que romperías raíces. Se Puede hacer mínimo, 2 veces al año; y máximo, 5 ó 6.

d) Riego

Se riega a primeras horas de la mañana o al atardecer; no en las horas de más sol. Cuando pierda algo de lozanía da un riego copioso. En la experiencia de su cultivo, se requiere mucha observación.

e) Podas

Cuando se necesite un ramito de hierbabuena, se corta con una tijera un tallo siempre por encima de aproximadamente 2 cm de forma que la planta pueda seguir desarrollándose. Se pueden obtener grandes rendimientos de hojas frescas al año.

Recórtalas tras la floración para provocar un desarrollo sano, para estimular el que hojas nuevas salgan, si no, se harán leñosas, llegado el verano lo consumen reservas y afectan a la planta.

f) Fertilización

Las plantas Aromáticas y Condimentarias prefieren un suelo normal en nutrientes minerales a uno rico, en líneas generales, lo que requiere de poco abono para que no pierdan sabor y aroma.

Con aportar una vez al año fertilizantes en tierra, vale. Actualmente no existe una fórmula de fertilización desarrollada para el cultivo de la hierbabuena, pero se recomienda hacer aplicaciones de nitrógeno, fósforo y potasio 100, 50 y 50 g/m² respectivamente, hacerlo en primavera y/u otoño.

2.1.11.4. Cosecha

El principal indicador para realizar el primer corte es la floración (consumo en té), ésta no debe pasar del 20% de floración en las plantas otro criterio puede ser la altura de planta, que dependiendo de las condiciones climáticas puede ser entre 50 a 60 cm (como condimento). La cosecha para consumo en fresco puede hacerse en cualquier época de producción.

2.1.11.5. Plagas y enfermedades

Es necesario vigilar los posibles ataques de plagas (insectos, ácaros, caracoles,...) o de enfermedades (hongos, bacterias o virus).

En caso de que se presenten plagas o enfermedades sobre las Plantas Culinarias y trates con un pesticida, deberás aplicarlo como mínimo 1 ó 2 semanas antes de recogerla para usarlas en la cocina. (Técnicamente se llama 'Plazo de seguridad).

a) Plagas

Las plagas más comunes son la araña roja (*Tetranychus urticae*) para lo que se recomienda utilizar Abamectina

Los gusanos, se recomienda hacer aplicaciones de Permetrinas de forma foliar.

b) Enfermedades

La hierbabuena es susceptible a dos enfermedades, detectadas a la fecha, siendo una de ellas:

Mildew polvoriento o Cenicilla (*Sphaerotheca* spp) y la roya de la menta (*Puccinia menthae*). La de mayor importancia es la roya, llegando a provocar la muerte de plantas y brotes en el ciclo, se sugiere realizar dos aplicaciones del fungicida Propilconzol (1.0 l/ ha), a una distancia entre aplicaciones de una semana. Para el mildew se recomienda hacer aplicaciones de Triforine 1 ml/litro de agua.

Es mucho mejor que se use Insecticidas Biológicos en lugar de productos químicos. Aunque en general, los insecticidas biológicos son menos eficaces para matar a los parásitos que los convencionales.

Aparte de plagas y enfermedades, se pueden dar varios trastornos:

1. Excesos de agua que pudren las raíces y muere la planta (demasiado riego, suelos compactos que se encharcan)
2. Sequía. Riega más.
3. Carencias de nutrientes. Abona.
4. Sombra excesiva. Pon en sitio con más luz.
5. Heladas primaverales. Guarda dentro.
6. Viento fuerte, seco, frío o salino (en zonas cerca del mar).

2.1.12. Zácate limón

Planta herbácea denominada popularmente como zacate, mide de 60 a 120 cm. de altura, sus hojas son largas como listones y despide agradable aroma si se estrujan. Las flores están agrupadas en espigas y se doblan como las hojas. Está presente en climas cálidos, semi-cálidos y templados.

Gracias a su naturaleza aromática del género *Cymbopogon* ha atraído la atención del hombre a lo largo de su historia. El agradable olor que poseen las diferentes especies de este género por sus contenidos en aceites esenciales ricos en compuestos terpénicos ha creado una demanda de estos para el desarrollo de la industria en países como: Alemania, Argentina, Brasil, Cuba, Ecuador, y por supuesto en México.

Entre las plantas reconocidas por sus propiedades medicinales se encuentra esta especie, conocida con los nombres vulgares de caña santa, hierba de calentura,

hierba limón y otros, que en forma de droga seca, extracto fluido, tintura o aceite esencial se emplea en medicamentos de diferentes categorías farmacológicas: analgésica, antiinflamatoria, antiasmático, expectorante, antiespasmódica y otras.

Los aceites esenciales ricos en Citral son bien conocidos también por sus propiedades bactericidas y fungicidas.

Nombre científico: *Cymbopogon citratus* Stapf

Familia: *Poaceae*

Sinonimia científica: *Andropogon citratus* D.C.

Nombres comunes: Esta especie se conoce ampliamente en México como té limón; en Honduras como zacate limón, té de limón y zacate té; en Cuba con los nombres de caña santa, cañita de limón, hierba limón; y en la República Dominicana el vulgo la nombra limoncillo.

En la década de los 80, en México, y en la de los 90, en Cuba, se acelera el proceso de resurgimiento de una cultura naturalista científicamente fundamentada, que abarca tanto la actividad agronómica, como la médica, se comienza a revalorizar el uso y producción de las plantas medicinales, tanto en estado natural, como de las sustancias y productos elaborados a partir de ellas. Este proceso, unido a las condiciones económicas excepcionales, ha provocado el auge de la medicina alternativa, en la cual el cultivo, estudio y el procesamiento de las plantas con fines terapéuticos ocupan una posición cimera (Rodríguez y col. 1993).

2.1.12.1. Variedades

Existen dos tipos de este cultivo, ambos muy parecidos físicamente, pero se diferencian por la concentración de los aceites esenciales que posee cada variedad. Las variedades son el Zacate limón de las Indias Orientales y Zacate limón de las Indias Occidentales, siendo el tipo occidental la especie con mayor concentración de aceite en las hojas.

2.1.12.2. Requerimientos del cultivo

a) Luz

La calidad, cantidad y duración de la luz son características que juegan un papel preponderante en los rendimientos de esta especie. La posición vertical de las hojas le permite una mayor cantidad de superficie foliar por unidad de superficie del suelo y una utilización mayor de la luz como consecuencia inmediata. Este factor conjuntamente con el aumento de la temperatura y duración del día,

determina un rápido crecimiento en producción, alcanzando la madurez en menos tiempo.

b) Agua

Se recomienda mantener la humedad del suelo al 85 % de la capacidad de campo hasta que la plantación llegue al período de ahijamiento y a partir de este momento mantener la humedad constante sin excesos durante todo el ciclo de vida del cultivo y evitar que el suelo comience a secarse.

Si se presenta déficit hídrico en cualquier momento de su ciclo vegetativo, la plantación manifiesta un acelerado necrozamiento de las hojas más viejas, comenzando por el ápice y abarcando el total del área foliar si se mantiene dicho déficit, y con la consiguiente disminución de los rendimientos.

c) Temperatura

La mejor adaptación se encuentra en las zonas donde la temperatura media mensual es de 24 – 26 °C, valores de temperatura por encima de 35 °C afectan su crecimiento, sobre todo cuando el suministro hídrico es deficiente.

d) Humedad relativa

Necesita tener una alta humedad relativa para poder desarrollarse, de lo contrario la cantidad de aceite esencial disminuye, desmejorando su sabor al producir una infusión.

e) pH

Se recomienda tener un pH del suelo un poco alcalino entre 7.5 y 7.8, de esta manera se incrementa la producción vegetal y la presencia de aceites en las hojas.

2.1.12.3. Labores de producción

a) Siembra

La reproducción es principalmente asexual, es decir se utilizan partes de la planta (hijuelos) para poder reproducirlas, estos hijuelos son separados de la “planta madre” y plantados aparte, de estos hijuelos se desarrollará una nueva planta.

Se recomienda plantar una planta por metro cuadrado, obteniendo un rendimiento entre 2-2.7 kg/planta l año. Se recomienda que la profundidad de plantación sea de 25-30 cm, tapando el propágulo hasta 1/3 de su longitud, lo que permitirá un mayor grado de ahijamiento y sobre todo un menor número de hijos aéreos que son las causas del debilitamiento de la planta madre en detrimento del macollo,

además de afectar el tiempo de vida útil de la plantación al reducirse el número de cosechas.

b) Trasplante

La mejor época de plantación para esta especie son los meses de marzo a mayo porque permite realizar la primera cosecha en menos tiempo (9 meses). Aunque se puede plantar en cualquier época del año, las plantaciones realizadas en noviembre-febrero se desarrollan con lentitud en su primera etapa alcanzando la madurez más tardíamente (10 a 11 meses).

c) Tutorio

Este cultivo necesita un suelo bien mullido para su producción, para evitar que haya problemas de drenaje y almacenamiento de agua. Al haber un suelo muy húmedo las raíces pueden tener problemas con hongos.

El zacate limón tiende a crecer y desarrollarse hacia los lados, por ello es importante eliminar todas las malezas a su alrededor ya que compiten por los nutrientes y por el agua, de preferencia eliminarlo con la mano para evitar aplicaciones químicas que dañen a la planta.

d) Podas

Una plantación puede durar en producción económica unos 4-5 años; luego es preciso renovarla, pero cambiando de lugar.

e) Fertilización

El cultivo de esta especie requiere importantes suministros de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica para obtener buenos rendimientos. Se recomienda aplicar 10 g/m^2 de nitrógeno al año en 2 aplicaciones, la primera a los 2 meses de plantado y la segunda después de la cosecha. 5 g/m^2 de potasio y fósforo al año aplicado como fertilización de fondo antes de realizar la plantación.

2.1.12.4. Plagas y enfermedades

El zacate limón tiene como plaga principal la palomilla de la caña de azúcar ya que atacan el pseudo tallo de la planta propiciando la incidencia de enfermedades. La plaga puede controlarse aplicando Permetrina a una concentración de 0.5 ml/litro de agua aplicado al tallo y hojas de la planta.

2.1.12.5. Cosecha

La forma más fácil de determinar el momento de la cosecha es cuando la plantación manifiesta síntomas de envejecimiento del ápice caracterizado por un color pardo amarillento, que es cuando las hojas están completamente maduras y su rendimiento en aceite esencial es óptimo.

2.2. *Curso Taller Sobre Producción Bajo Agricultura Urbana*

Se dio asesoría al Colegio Loyola de Cuernavaca, Morelos, para el establecimiento de un área de Agricultura Urbana en la azotea de su edificio, para lo cual se llevó acabo el siguiente programa.

Diseño del área: se tomaron medidas del área disponible y se realizó una propuesta para la colocación de macetas y cajas con varios cultivos, así como la instalación de una estructura metálica con malla sombra y anti-áfidos.

Colocación de estructura de protección: se proporcionó al Colegio las características para la estructura de protección, así como los posibles proveedores.

Preparación del sustrato, macetas y contenedores: se proporcionó al colegio una relación de los materiales requeridos en este concepto para cubrir el área disponible y se le proporcionó los posibles proveedores. Cuando se tuvieron estos materiales, se capacitó al personal de intendencia del Colegio para realizar la mezcla y desinfección del sustrato, para la preparación de las macetas y contenedores así como para el riego.



Figura 226. Preparación del sustrato en el colegio participante.

Adquisición de semillas y plántulas: se proporcionó al Colegio la relación de semillas de hortalizas y plantas que se adaptan mejor para un huerto urbano y una relación de proveedores, también se realizó el contacto con un vivero productor de

plantas de hortalizas, donde el Colegio adquirió plántulas de varios cultivos, finalmente las plantas aromáticas las adquirió el Colegio en CONAPLOR.

Siembra y trasplante: se capacitó al personal de intendencia del Colegio para la siembra directa y para el trasplante.

Fertirriego y control sanitario de los cultivos: se proporcionó al Colegio la relación de fertilizantes y agroquímicos para la prevención de plagas y enfermedades en los cultivos. Se capacitó al personal de intendencia para la preparación y aplicación de una solución fertilizadora de elementos mayores, menores y microelementos y se dio seguimiento para el control sanitario de los cultivos.

Participación de los alumnos: los alumnos del Colegio participaron con el aporte de macetas personales, en la mezcla de los sustratos, en la siembra y en los riegos y se tiene programada una plática para proporcionarles mayores detalles de la Agricultura Urbana (figuras 227 y 228).



Figura 227. Demostración por parte del personal del IMTA a los estudiantes.



Figura 228. Participación de los alumnos en el taller.

3. UN VIDEO SOBRE PRODUCCIÓN CON AGRICULTURA URBANA

VÍDEO	AUDIO
<p data-bbox="347 464 656 489">AGRICULTURA URBANA</p> 	<p data-bbox="800 432 1403 520">La agricultura urbana es una actividad productiva que se puede desarrollar en pequeños espacios de las viviendas de pequeñas o grandes ciudades.</p> <p data-bbox="800 554 1403 611">El lugar donde se practique esta actividad, deberá permanecer alumbrado la mayor parte del día.</p> <p data-bbox="800 644 1403 825">A falta de un área de suelo natural para la siembra, se podrá preparar un sustrato combinando algunos de los siguientes materiales: tierra de monte, tierra de hoja, tezontle, fibra de coco, composta de residuos vegetales caseros y vermicomposta.</p>
<p data-bbox="420 982 583 1008">SUSTRATOS</p> 	<p data-bbox="800 856 1403 1129">El sustrato que será el sostén y sustento de nuestras plantas, se depositará en contenedores o macetas de diversos materiales: plástico, barro, tubos de PVC, materiales de reciclado como cubetas, bidones, cajas de plástico o de madera, huacales, con bolsas de plástico para mantener el sustrato en su lugar. Estos recipientes deberán tener pequeñas perforaciones en el fondo para drenar el agua excedente.</p> <p data-bbox="800 1163 1403 1367">Los cultivos que se pueden producir son muy diversos: hierbas de olor, condimentos, hortalizas o medicinales como: hierbabuena, menta, zacate de limón, albaca, orégano, cilantro, tomillo, epazote, eneldo, jitomate, pepino, chiles, fresa, verdolaga, tomatillo, calabaza, cebolla, lechuga, acelga, espinacas, chayote, ruda, árnica etc.</p>
<p data-bbox="436 1486 566 1512">MACETAS</p> 	<p data-bbox="800 1402 1403 1493">El tamaño y cantidad de las macetas, cajas o contenedores, serán de acuerdo a cada cultivo y a la cantidad de producto requerido.</p> <p data-bbox="800 1526 1403 1646">La variedad de plantas a cultivar dependerán principalmente del gusto del dueño, de la adaptación de esos cultivos al sistema de agricultura urbana y del área disponible.</p> <p data-bbox="800 1680 1403 1770">El objetivo será, cubrir en forma permanente la ración diaria, semanal o mensual de algunos cultivos seleccionados, para una familia.</p> <p data-bbox="800 1803 1403 1860">Módulos de producción en capas y agricultura vertical.</p>

MÓDULOS DE AGRICULTURA URBANA



SIEMBRA DIRECTA



REPRODUCCIÓN VEGETATIVA



Para eficientar el espacio disponible se implementarán módulos de producción por capas, como el **Árbol de macetas**, de estructura metálica, con un eje central que soporta 3 niveles, con 46 macetas de varios tamaños que ocupa un área de 0.75 m².

Otro ejemplo de estructuras metálicas en niveles, será el rectangular para macetas o para cajas de plástico, madera o huacales.

La agricultura vertical se podrá implementar en tubos de PVC de 20 cm de diámetro, con 2 o 3 ventanas de siembra por cada altura y con 18 a 20 plantas por tubo en menos de 0.4 m².

Siembra, trasplante y reproducción

Las semillas se podrán adquirir en casas de agroquímicos o centros comerciales, también se podrá coleccionar semillas de nuestro propio huerto, si dejamos algunas plantas sin cosechar hasta que maduren y den semillas.

En algunos cultivos se utilizará la siembra directa, esto es depositar la semilla en el punto donde se va a producir, las semillas se distribuye de acuerdo al porte o tamaño del cultivo, por ej. para el cilantro se esparcirán un buen número de semillas cubriendo toda el área, para cultivos mateados se ponen 2 o 3 semillas por mata y cuando las plántulas tienen de 5 a 7 cm de altura se deja solo la más robusta. En Macetas habrá una mata y en cajas se sembrarán 2 o 3 según el tamaño.

El trasplante es otro procedimiento que se usará para muchos cultivos, en este caso las semillas se pondrán a germinar en almácigos o charolas, donde se obtendrán plántulas y estas se trasplantan al lugar de producción, una plántula por mata.

Otra forma de trasplante se da en cultivos con reproducción vegetativa, por ej. fresa, zacate de limón, hierbabuena, nopal y otros, estos se reproducen por órganos vegetativos como: hijuelos, bulbos, pencas, estolones, esquejes o acodos, los cuales también se plantan en el lugar de producción.

Tanto las plántulas obtenidas de semilla, como las

OBTENCIÓN DE NUESTRAS SEMILLAS



que se reproducen por órganos vegetativos, pueden ser adquiridos en viveros o preparadas por nosotros mismos.

Para obtener nuestras propias semillas, de los cultivos de follaje como lechuga, cilantro o albaca, se seleccionará una o varias plantas que se dejarán madurar hasta que formen las semillas y se colectarán. De los cultivos de fruto como chile, jitomate o pepino, al cosechar se seleccionarán los mejores frutos, se les extraerán las semillas y se pondrán a secar a media sombra en papel absorbente.

Control de Plagas y enfermedades

Se recomendará el uso de insecticidas o fungicidas caseros, hechos con productos naturales y de escaso daño a las personas.

Una plaga es la incidencia de muchos insectos los cuales causan algún tipo de daño a los cultivos como; devorar parte o la totalidad de una planta, o succionar la savia.

Para el control de araña roja, se aplicará agua jabonosa, de jabón en polvo biodegradable.

Contra mosquita blanca se aplicará por el envés de las hojas un macerado de hojas de tabaco con una pequeña cantidad de agua.

Para trips y pulgones se aplicará aceite de Neem en solución de 1 ml por 5 litros de agua, en brotes, ramas y hojas nuevas.

Las enfermedades son la presencia de microorganismos que afectan el desarrollo de las plantas, las más comunes son: cenicilla, botrytis, alternaria, peronospora, phytophthora y roya.

Para controlar Cenicillas y Alternaria, preparar una mezcla de azufre, cal y agua en una proporción de 0.1 g, 0.1 g y 10 litros, respectivamente, el azufre y la cal deberán disolverse por separado, y después completar los 10 litros de agua y asperjar las plantas.

Para el control de Phytophthora, Roya, Botrytis y Alternaria, macerar 1 kilo de Cola de Caballo (Equisetum arvense) en 4 litros de agua durante

CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES



COSECHA DE PEPINO



SECADO DE ORÉGANO



RACIÓN FAMILIAR



24 horas y se asperja en proporción de 5 litros del macerado por 200 litros de agua.

Cosecha y resiembra

La cosecha o cortes serán permanentes para cubrir los requerimientos de la familia. En los cultivos de hoja como: lechuga, acelga, hierbabuena, orégano, apio, zacate de limón etc. será cuando la cantidad tamaño y calidad de hojas, tallos o brotes sea adecuado, ej. La lechuga se cosechará por hojas y no completa. Algunas como: albaca, epazote, verdolagas etc. se les deberán hacer cortes permanentes para evitar que floren.

Las hortalizas de fruto como: chiles, jitomate, pepino o tomatillo se cortarán casi maduros.

Se deberá considerar la periodicidad de los cultivos, sobre todo los que son cíclicos como el cilantro para programar la resiembra, para que se tenga continuidad en el producto.

Resultado

En el IMTA, se han hecho pruebas para la adaptación de 25 cultivos a las condiciones de Agricultura urbana.

Se realizaron pruebas tanto en macetas y contenedores individuales como en módulos, de agricultura urbana para un mejor aprovechamiento del área disponible.

Con "El Árbol de Macetas" se obtuvo en forma permanente durante 4 meses de 15 cultivos, una ración que cubre el consumo de una familia.

En el "módulo de agricultura vertical de PVC", se obtuvieron 12 kg de pepino por m².

En el "módulo de hidroponía" se obtuvo una producción de lechuga de 10 kg por m².

En el "módulo de producción por niveles" con 9 cultivos diferentes, la producción total fue de 12 kg por m².

4. BIBLIOGRAFÍA

1. Abou-Hadid, A.F., Abd-Elmoniem, E.M., El-Shinawy, M.Z., Abou-Elsoud, M., 1996. Electrical conductivity effect on growth and mineral composition of lettuce plants in hydroponic system. *Acta Hort.* 434, 59 – 66.
2. Al Raisy, F. S.; Al said, F. A.; Al-Rawahi M. S. Khan I. A. Al Makhamari S. M.; Khan M. M. 2010. Effects of column sizes and media on yield and fruit quality of strawberry under hydroponic vertical system. *European Journal of Scientific Research* 43:48-60.
3. Alarcón A. 2000. Compendio de Horticultura Núm. 3 "Cultivos sin suelo: Hortalizas en clima mediterráneo"
4. Almodóvar, W. I. 1998. Enfermedades de los hidropónicos. Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico. Puerto Rico. 10 pp.
5. Anónimo. 2009. Medicamentos herbarios tradicionales, 103 especies vegetales. Ministerio de Salud, Gobierno de Chile. Santiago, Chile. 231 pp.
6. Anónimo. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-003-RECNAT-1996. Establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de tierra de monte. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
7. Bastida T., A. 1999. El medio de cultivo de las plantas. Sustratos para hidroponía y producción de planta ornamental. Serie de publicaciones AGRIBOT No.4. UACH. Preparatoria Agrícola. Chapingo, México. 27 p.
8. Baixauli S., C.; Aguilar O., J. M. 2002. Cultivo sin Suelo de Hortalizas: Aspectos Prácticos y Experiencias. Generalitat Valenciana. Valencia, España. 110 pp.
9. Bennett, W.F.1997. Nutrient deficiencies & toxicity's in crop plants. APS PRESS. The American Phytopathological Society. St. Paul. Minnesota.
10. Burés, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotecnicas. Madrid, España. 341p.
11. Cabrera R., I. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Rev. Chapingo Science. Hortic.* 5(1):5-11.
12. Calderón S., F.; Cevallos, F. 2003. Los sustratos. Colombia. 33 pp.

13. Carmona A., J.; Gil, O., R.; Rodríguez A., M. C. 2008. Descripción Taxonómica, Morfológica y Etnobotánica de 26 hierbas comunes que crecen en la ciudad de Mérida. Venezuela. Boletín Antropológico. 26(73): pp. 113-129.
14. Casaca, A. D. 2005. El cultivo del pepino. Guías tecnológicas de frutas y vegetales. proyecto de modernización de los servicios de tecnología agrícola. 13 p.
15. Castañeda F. 1997. Manual técnico de hidroponía popular. Instituto de nutrición de centro América y Panamá. 68 p.
16. Covarrubias R., A. 2008. Sobrevivir al estrés: Cómo responden las plantas a la falta de agua. Biotecnología V14: 253-262.
17. Dai, Z.; Edwards, G.E.; Ku, M.S. 1992. Control of photosynthesis and stomatal conductance in castor bean by leaf to air vapor pressure deficit. Plant Physiol. 99: 1426-1434.
18. Davies, W.J. y J. Zhang. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 42: 55-76.
19. De Rijck, G.; Schrevens, E. 1998. Comparison of the mineral composition of twelve standar nutrient solutions. J. Plant Nut. 21:2115-2125.
20. Everhart, E.; Haynes, C.; Jauron, R. 2003. Cilantro. El huerto domestico. Guía de Horticultura de Iowa State University. 2 p.
21. Favela C., E.; Preciado R., P.; Benavides M., A. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila. 146 p.
22. Guzmán, M. (2004). Fertirrigación, Población Agua, Suelo y fertilizante. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Almería, España.
23. Hall, A.E.; Shultz, E.D. 1980. Stomatal response to environment and a possible interrelation between stomatal effect on transpiration and CO2 assimilation. Plant Cell Environ. 3: 467-474.

24. Howard M. 1998. Hydroponic Food Production. A definitive guide book for the advanced home gardener and the comercial hydroponic grover. Woodbridge. Santa Barbara, California. 520 p.
25. Jackson L., K.; Williamson J. 2004. Cultivo de frutales en macetas. Horticultural Science Department. University of Florida. 4pp.
26. Japón Q., J. 1985. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 20 pp.
27. Karlsson, M. G.; Werner, J.W. 2009. Hydroponic Greenhouse Lettuce Production in Subarctic Conditions Using Geothermal Heat and Power Acta Hortic., Alaska, USA.
28. Kramer, P.J. 1983. Water relations of plants. Academia Press Inc, N.Y. 389 p.
29. Kumar, A., D.P. Singh y P. Singh. 1994. Influence of water stress on photosynthesis, transpiration, water use efficiency and yield of Brassica juncea L. Field Crop Res. 37: 95-101.
30. Lemaire F. 1997. The problem of the biostability in organic susbtrates. Acta Hortic. 450: 63-69.
31. Méndez G., T.; Sánchez D., F.; Sahún C., J.; Contreras M. E. 2005. Doseles escaleriformes con hileras de plantas de jitomate orientadas en dirección este-oeste. Revista Chapingo. Serie horticultura, Vol. 11, Núm. 1, enero-junio, pp. 185-192.
32. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2008. Inventario de tecnologías disponibles en España para la lucha contra la desertificación: Ácidos húmicos y fúlvicos para hidrosiembras. 4 p.
33. Morel P.; Poncet L.; Riviére L. 2000. Les supports de culture horticoles. Les matériaux complementaires et alternatifs á la tourbe. INRA. Paris. 87 p.
34. Myeong W., S.; Dong S., Y.; Stanley J.; Jun-Hong K.; Wood, J.; Kuen Woo Park D. 2009. Effects of nutrient solution electrical conductivity and sulfur, magnesium, and phosphorus concentration on sesquiterpene lactones in hydroponically grown. Scientia Horticulturae 12.
35. Nuñez B., A.; Foster, E. 1996. Efecto del déficit hídrico sobre el crecimiento de hojas, tallos y vainas de frijol. Agricultura Tec. en México 22: 99-109.

36. Pastor S., J. 2000. Utilización de sustratos en viveros. *Terra* 17(3):213-235.
37. Paraskevopoulou, P. G.; Grafadellis, M.; Paresis E. 1995. Productivity, plant production and fruit quality of strawberry plants grow in soil and soilless culture. *Acta Hort.* 408:109-117.
38. Rodríguez, L. A. A. (2007). Aporte de nutrientes mediante fertirriego durante diferentes etapas del ciclo de pepino (*Cucumis Sativus* L.) en condiciones de San Juan de Lagunillas estado Mérida. Centro Interamericano de desarrollo e investigación ambiental y territorial. Universidad de los Andes – Mérida.
39. Pickersgill, B. 1997. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica* 96: 129 – 133.
40. Roig M., J. T. 1974. Plantas Medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba. La Habana: Editorial Ciencia y Técnica, Instituto del Libro. 949 p.
41. Romero, E.; Rodríguez, A.; Rázuri, L.; Suniaga, J.; Montilla, E. 2009. Estimación de las necesidades hídricas del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), durante las diferentes etapas fenológicas, mediante la tina de evaporación. *Agricultura Andina* (16): 56-69.
42. Sánchez V., Javier. 2000. Fertirrigación, Principios, Factores, Aplicaciones. Seminario de fertirrigación: Apukai-Comex, Lima, Perú. 26 pp.
43. Soto O., R.; Vega M., G.; Tamajón N., A. L. 2002. Instructivo técnico para el cultivo de *Cymbopogon citratos* (D.C.) Stapf (Caña Santa). *Revista cubana PLANT MED.* 2002; 7(2):89-95.
44. Steiner, A.A. 1968. Soilless culture. *Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute.* pp: 324-341.
45. Ünver I.; Ataman Y.; Canga M., R.; Munsuz N. 1983. Buffering capacities of some mineral and organic substrates. *Act Horti.* 238:83-97.
46. Yuan, B. Z.; Sun, S. N. 2004. Effect of drip irrigation on strawberry growth and yield inside a plastic green house. *Biosystems Engineering.* 87: 237-245.

5. ANEXO (COMPROBACIÓN UTILIZANDO EL PROGRAMA SAS)

Anexo 1.1. Diseño experimental para un módulo hidropónico

DATA HIDROPONIA TH;
INPUT Y TRA BLO;
CARDS;

```
82.4 1 1  
104.2 2 1  
98.9 1 2  
103.7 2 2  
109.3 1 3  
109.3 2 3  
115.1 1 4  
102.3 2 4  
113.8 1 5  
89.7 2 5
```

```
;  
PROC PRINT;  
PROC ANOVA;  
CLASS TRA BLO;  
MODEL Y= TRA BLO;  
MEANS TRA BLO/TUKEY;  
RUN;
```

LOG:

NOTA: Copyright (c) 2002 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

NOTA: SAS (r) Proprietary Software Version 9.00 (TS M0)

Licensed to SUNY AT STONY BROOK, Site 0013402001.

NOTA: Esta sesión se está ejecutando en una plataforma XP_HOME .

NOTA: inicio de SAS utilizado:

```
tiempo real      3.61 segundos  
tiempo de cpu    0.92 segundos
```

```
1 DATA HIDROPONIA TH;  
2 INPUT Y TRA BLO;  
3 CARDS;
```

NOTA: EL conj. datos WORK.HIDROPONIA tiene 10 observaciones y 3 variables.

NOTA: EL conj. datos WORK.TH tiene 10 observaciones y 3 variables.

NOTA: Sentencia DATA utilizado (Tiempo de proceso total):

```
tiempo real      0.02 segundos  
tiempo de cpu    0.01 segundos
```

```
14 ;  
15 PROC PRINT;
```

NOTA: Se han leído 10 observaciones del conj. datos WORK.TH.

NOTA: PROCEDIMIENTO PRINT utilizado (Tiempo de proceso total):

```
tiempo real      0.01 segundos  
tiempo de cpu    0.01 segundos
```

```
16 PROC ANOVA;  
17 CLASS TRA BLO;  
18 MODEL Y= TRA BLO;  
19 MEANS TRA BLO/TUKEY;
```

20 RUN;

SALIDA:

Sistema SAS

20:38 Tuesday, June 22, 2012 1

Obs	Y	TRA	BLO
1	82.4	1	1
2	104.2	2	1
3	98.9	1	2
4	103.7	2	2
5	109.3	1	3
6	109.3	2	3
7	115.1	1	4
8	102.3	2	4
9	113.8	1	5
10	89.7	2	5

Sistema SAS

20:38 Tuesday, June 22, 2012 2

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
TRA	2	1 2
BLO	5	1 2 3 4 5

Número de observaciones 10

Sistema SAS

20:38 Tuesday, June 22, 2012 3

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	351.8850000	70.3770000	0.46	0.7911
Error	4	610.8560000	152.7140000		
Total correcto	9	962.7410000			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE Y Media
0.365503 12.01298 12.35775 102.8700

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRA	1	10.6090000	10.6090000	0.07	0.8051
BLO	4	341.2760000	85.3190000	0.56	0.7067

Sistema SAS 20:38 Tuesday, June 22, 2012 4

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	4
Error de cuadrado medio	152.714
Valor crítico del rango estudentizado	3.92649
Diferencia significativa mínima	21.7

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRA
A	103.900	5	1
A			
A	101.840	5	2

Sistema SAS 20:38 Tuesday, June 22, 2012 5

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	4
Error de cuadrado medio	152.714
Valor crítico del rango estudentizado	6.28702
Diferencia significativa mínima	54.938

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	BLO
A	109.30	2	3
A			
A	108.70	2	4
A			
A	101.75	2	5
A			
A	101.		

Anexo 1.2. Diseño experimental para producción en tubos verticales

Editor:

```
DATA DATOSDEPEPINOS;
```

```
INPUT Y TRA;
```

```
CARDS;
```

```
1.33 1
```

```
1.30 1
```

```
2.70 1
```

```
1.03 1
```

```
0.69 1
```

```
0.91 1
```

```
0.81 1
```

```
1.60 2
```

```
3.24 2
```

```
2.99 2
```

```
3.02 2
```

```
1.73 2
```

```
0.34 2
```

```
0.62 2
```

```
1.78 3
```

```
4.26 3
```

```
4.76 3
```

```
3.53 3
```

```
1.86 3
```

```
0.82 3
```

```
0.89 3
```

```
0.00 4
```

```
0.00 4
```

```
0.00 4
```

```
0.00 4
```

```
0.00 4
```

```
0.00 4
```

```
0.00 4
```

```
;
```

```
PROC PRINT;
```

```
PROC ANOVA;
```

```
CLASS TRA;
```

```
MODEL Y= TRA;
```

```
MEANS TRA/TUKEY;
```

```
RUN;
```

Log:

NOTA: Copyright (c) 2002 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

NOTA: SAS (r) Proprietary Software Version 9.00 (TS M0)

Licensed to SUNY AT STONY BROOK, Site 0013402001.

NOTA: Esta sesión se está ejecutando en una plataforma XP_HOME .

NOTA: inicio de SAS utilizado:

tiempo real 5.17 segundos

tiempo de cpu 1.20 segundos

```
1 DATA DATOSDEPEPINOS;  
2 INPUT Y TRA;  
3 CARDS;
```

NOTA: EL conj. datos WORK.DATOSDEPEPINOS tiene 28 observaciones y 2 variables.

NOTA: Sentencia DATA utilizado (Tiempo de proceso total):

tiempo real 0.23 segundos
tiempo de cpu 0.01 segundos

```
32 ;  
33 PROC PRINT;
```

NOTA: Se han leído 28 observaciones del conj. datos WORK.DATOSDEPEPINOS.

NOTA: PROCEDIMIENTO PRINT utilizado (Tiempo de proceso total):

tiempo real 0.16 segundos
tiempo de cpu 0.01 segundos

```
34 PROC ANOVA;  
35 CLASS TRA;  
36 MODEL Y= TRA;  
37 MEANS TRA/TUKEY;  
38 RUN;
```

Salida:

Sistema SAS 13:11 Saturday, August 28, 2012 1

Obs	Y	TRA
1	1.33	1
2	1.30	1
3	2.70	1
4	1.03	1
5	0.69	1
6	0.91	1
7	0.81	1
8	1.60	2
9	3.24	2
10	2.99	2
11	3.02	2
12	1.73	2
13	0.34	2
14	0.62	2
15	1.78	3
16	4.26	3
17	4.76	3
18	3.53	3
19	1.86	3
20	0.82	3
21	0.89	3
22	0.00	4
23	0.00	4
24	0.00	4
25	0.00	4
26	0.00	4
27	0.00	4
28	0.00	4

Sistema SAS 13:11 Saturday, August 28, 2012 2

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
TRA	4	1 2 3 4

Número de observaciones 28

Sistema SAS 13:11 Saturday, August 28, 2012 3

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	25.20621071	8.40207024	7.53	0.0010
Error	24	26.78905714	1.11621071		
Total correcto	27	51.99526786			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Y Media
0.484779	73.56937	1.056509	1.436071

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRA	3	25.20621071	8.40207024	7.53	0.0010

Sistema SAS 13:11 Saturday, August 28, 2012 4

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	24
Error de cuadrado medio	1.116211
Valor crítico del rango estudentizado	3.90126
Diferencia significativa mínima	1.5579

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRA
A	2.5571	7	3
A			
A	1.9343	7	2
A			
B A	1.2529	7	1
B			
B	0.0000	7	4

Anexo 1.3. Diseño experimental para la producción en maceteros

DATA MACETEROS;

INPUT Y TRABAJO;

CARDS;

0.164 1 1
0.199 1 2
0.201 1 3
0.248 1 4
0.269 1 5
0.199 1 6
0.113 1 7
0.135 1 8
0.117 1 9
0.196 1 10
0.145 1 11
0.139 1 12
0.063 1 13
0.148 1 14
0.126 1 15
0.219 1 16
0.148 1 17
0.058 1 18
0.119 1 19
0.134 1 20
0.131 1 21
0.101 1 22
0.054 1 23
0.105 1 24
0.327 1 25
0.259 1 26
0.227 1 27
0.397 2 1
0.310 2 2
0.284 2 3
0.491 2 4
0.295 2 5
0.267 2 6
0.201 2 7
0.044 2 8
0.020 2 9
0.267 2 10
0.205 2 11
0.333 2 12
0.140 2 13
0.094 2 14
0.102 2 15
0.217 2 16
0.193 2 17
0.192 2 18
0.188 2 19
0.127 2 20

0.111 2 21
0.148 2 22
0.142 2 23
0.104 2 24
0.349 2 25
0.282 2 26
0.195 2 27
0.397 3 1
0.394 3 2
0.572 3 3
0.501 3 4
0.349 3 5
0.261 3 6
0.233 3 7
0.126 3 8
0.200 3 9
0.511 3 10
0.210 3 11
0.270 3 12
0.286 3 13
0.503 3 14
0.000 3 15
0.391 3 16
0.198 3 17
0.391 3 18
0.392 3 19
0.188 3 20
0.092 3 21
0.199 3 22
0.208 3 23
0.280 3 24
0.886 3 25
0.656 3 26
0.528 3 27

```
;  
PROC PRINT;  
PROC ANOVA;  
CLASS TRA BLO;  
MODEL Y= TRA BLO;  
MEANS TRA BLO/TUKEY;  
RUN;
```

LOG:

NOTA: Copyright (c) 2002 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
NOTA: SAS (r) Proprietary Software Version 9.00 (TS M0)
Licensed to SUNY AT STONY BROOK, Site 0013402001.
NOTA: Esta sesión se está ejecutando en una plataforma XP_HOME .

NOTA: inicio de SAS utilizado:
tiempo real 9.04 segundos
tiempo de cpu 0.93 segundos

```
1 DATA MACETEROS;
2 INPUT Y TRA BLO;
3 CARDS;
```

NOTA: EL conj. datos WORK.MACETEROS tiene 81 observaciones y 3 variables.
NOTA: Sentencia DATA utilizado (Tiempo de proceso total):
tiempo real 0.31 segundos
tiempo de cpu 0.00 segundos

```
85 ;
86 PROC PRINT;
```

NOTA: Se han leído 81 observaciones del conj. datos WORK.MACETEROS.
NOTA: PROCEDIMIENTO PRINT utilizado (Tiempo de proceso total):
tiempo real 0.09 segundos
tiempo de cpu 0.01 segundos

```
87 PROC ANOVA;
88 CLASS TRA BLO;
89 MODEL Y= TRA BLO;
90 MEANS TRA BLO/TUKEY;
91
RUN;
```

SALIDA:
Sistema SAS 10:58 Tuesday, September 7, 2012 1

Obs	Y	TRA	BLO
1	0.164	1	1
2	0.199	1	2
3	0.201	1	3
4	0.248	1	4
5	0.269	1	5
6	0.199	1	6
7	0.113	1	7
8	0.135	1	8
9	0.117	1	9
10	0.196	1	10
11	0.145	1	11
12	0.139	1	12
13	0.063	1	13
14	0.148	1	14
15	0.126	1	15
16	0.219	1	16
17	0.148	1	17
18	0.058	1	18
19	0.119	1	19
20	0.134	1	20
21	0.131	1	21
22	0.101	1	22
23	0.054	1	23
24	0.105	1	24
25	0.327	1	25
26	0.259	1	26
27	0.227	1	27
28	0.397	2	1
29	0.310	2	2
30	0.284	2	3
31	0.491	2	4

32	0.295	2	5
33	0.267	2	6
34	0.201	2	7
35	0.044	2	8
36	0.020	2	9
37	0.267	2	10
38	0.205	2	11
39	0.333	2	12
40	0.140	2	13
41	0.094	2	14
42	0.102	2	15
43	0.217	2	16
44	0.193	2	17
45	0.192	2	18
46	0.188	2	19
47	0.127	2	20
48	0.111	2	21
49	0.148	2	22
50	0.142	2	23
51	0.104	2	24
52	0.349	2	25
53	0.282	2	26
54	0.195	2	27
55	0.397	3	1
56	0.394	3	2
57	0.572	3	3
58	0.501	3	4
59	0.349	3	5
60	0.261	3	6
61	0.233	3	7
62	0.126	3	8
63	0.200	3	9
64	0.511	3	10
65	0.210	3	11
66	0.270	3	12
67	0.286	3	13
68	0.503	3	14
69	0.000	3	15
70	0.391	3	16
71	0.198	3	17
72	0.391	3	18
73	0.392	3	19
74	0.188	3	20
75	0.092	3	21
76	0.199	3	22
77	0.208	3	23
78	0.280	3	24
79	0.886	3	25
80	0.656	3	26
81	0.528	3	27

Sistema SAS 10:58 Tuesday, September 7, 2012 3

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
TRA	3	1 2 3
BLO	27	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27
		Número de observaciones 81

Sistema SAS 10:58 Tuesday, September 7, 2012 4

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	28	1.38160286	0.04934296	5.42	<.0001
Error	52	0.47327272	0.00910140		
Total correcto	80	1.85487558			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Y Media
0.744849	40.11369	0.095401	0.237827

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRA	2	0.46971328	0.23485664	25.80	<.0001
BLO	26	0.91188958	0.03507268	3.85	<.0001

Sistema SAS 10:58 Tuesday, September 7, 2012 5

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	52
Error de cuadrado medio	0.009101
Valor crítico del rango estudentizado	3.41193
Diferencia significativa mínima	0.0626

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRA
A	0.34156	27	3
B	0.21104	27	2
B	0.16089	27	1

Sistema SAS

10:58 Tuesday, September 7, 2012 6

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	52
Error de cuadrado medio	0.009101
Valor crítico del rango estudentizado	5.52278
Diferencia significativa mínima	0.3042

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey	Agrupamiento	Media	N	BLO
	A	0.52067	3	25
	A			
B	A	0.41333	3	4
B	A			
B	A C	0.39900	3	26
B	A C			
B	D A C	0.35233	3	3
B	D A C			
B	D A C	0.32467	3	10
B	D A C			
B	D A C	0.31933	3	1
B	D A C			
B	D A C	0.31667	3	27
B	D A C			
B	D A C	0.30433	3	5
B	D A C			
B	D A C	0.30100	3	2
B	D A C			
B	D A C	0.27567	3	16
B	D A C			
B	D A C	0.24833	3	14
B	D A C			
B	D A C	0.24733	3	12
B	D A C			
B	D A C	0.24233	3	6
B	D A C			
B	D A C	0.23300	3	19
B	D C			
B	D C	0.21367	3	18
B	D C			
B	D C	0.18667	3	11
B	D C			
B	D C	0.18233	3	7
B	D C			

7

Sistema SAS

10:58 Tuesday, September 7, 2012

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey	Agrupamiento	Media	N	BLO
B	D C	0.17967	3	17
B	D C	0.16300	3	13
B	D C	0.16300	3	24
B	D C	0.14967	3	20
B	D C	0.14933	3	22
B	D C	0.13467	3	23
B	D C	0.11233	3	9
B	D C	0.11133	3	21
	D C	0.10167	3	8
	D	0.07600	3	15