



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---

**ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**POTENCIAL PRODUCTIVO Y CALIDAD DE CHILE SERRANO AUTÓCTONO EN  
EL MUNICIPIO DE TLAOLA, PUEBLA**

**Tesis que para obtener el título de  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**PRESENTA  
CÉSAR MONTES REYES**

**DIRECTOR  
DR. ROLANDO RUEDA LUNA**

**JULIO DE 2022**



## AGRADECIMIENTOS

## DEDICATORIA

## RESUMEN

El proyecto de investigación se realizó en los municipios de Tlaola y Tlapacoya de la sierra norte del Estado de Puebla y en la ciudad de Puebla, previo a los ensayos de campo se realizó una encuesta a productores de chile serrano de los dos municipios. El objetivo general del proyecto fue estudiar el comportamiento productivo y la calidad de dos ecotipos de chile serrano a campo abierto e invernadero. Para el experimento de ecotipos de chile serrano (Tlaola y Tlapacoya) se empleó un diseño monofactorial completamente al azar con nueve repeticiones. El experimento de dosis de fertilización se utilizó un diseño monofactorial de cuatro tratamientos (T1: 80-60-15 T2: 160-120-30, T3: 240-180-45 y T4: 320-240-60), en bloques al azar con tres repeticiones, y para el experimento en invernadero se utilizó un diseño factorial para ecotipos 2 x 2 x 2, con dos soluciones nutritivas (S1 y S2), dos dosis de riego (V1 y V2) y dos tratamientos foliares (Ca y Testigo), con tres repeticiones de ocho plantas cada una. En los tres experimentos se evaluó el comportamiento productivo y calidad de frutos en chile serrano. Los resultados demostraron que el ecotipo de Tlapacoya presentó mayor producción total a nivel de campo, sin embargo, a nivel de invernadero el ecotipo con mayor producción fue el que procedía del municipio de Tlaola. La dosis de fertilización del T2 (160-120-30) aumentó producción total y comercial de frutos. Referente al programa de fertirrigación se registró que la solución S2 y el volumen 2 aumentaron la producción total y comercial de frutos. En relación al contenido mineral en la planta independientemente del experimento se reporta que en la raíz y tallo se presentó mayor concentración de fósforo, potasio y calcio, mientras que en hojas fue mayor la concentración de nitrógeno y la relación K/Ca+Mg. Finalmente, los tratamientos cálcicos podrían aumentar la producción total de frutos y disminuir algunas fisiopatías.

Palabras clave: ecotipos, fertirrigación, chile serrano.

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b> .....	<b>5</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>III. OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>5</b>
<b>3.2 Objetivos particulares</b> .....	<b>5</b>
<b>IV. HIPÓTESIS</b> .....	<b>5</b>
<b>V. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
<b>5.1 Origen y distribución</b> .....	<b>5</b>
<b>5.2 Clasificación taxonómica</b> .....	<b>6</b>
<b>5.3 Morfología de la planta de chile serrano</b> .....	<b>7</b>
5.3.1 Sistema Radicular.....	7
5.3.2 Tallo.....	7
5.3.3 Hoja.....	7
5.3.4 Flor.....	7
5.3.5 Fruto.....	8
5.3.6 Semillas .....	8
<b>5.4 Especies y tipos</b> .....	<b>8</b>
<b>5.5 Principales chiles cultivados en México</b> .....	<b>9</b>
5.5.1 Jalapeño .....	9
5.5.2 Serrano.....	9
5.5.3 Poblano .....	9
5.5.4 Chile de árbol.....	9
5.5.5 Chilaca .....	10
5.5.6 Mirasol .....	10
5.5.7 Güero .....	10
5.5.8 Pimiento morrón.....	10
5.5.9 Piquín .....	10
5.5.10 Habanero ( <i>C. chinense</i> ).....	11
5.5.11 Manzano ( <i>C. pubescens</i> ) .....	11
<b>5.6 Propiedades y aplicaciones del chile</b> .....	<b>11</b>
<b>5.7 Composición química</b> .....	<b>13</b>
<b>5.8 Producción mundial de chile</b> .....	<b>14</b>
<b>5.9 Producción nacional de chile</b> .....	<b>14</b>
<b>5.10 Producción en el estado de Puebla</b> .....	<b>16</b>
<b>5.11 Requerimientos ambientales</b> .....	<b>16</b>
5.11.1 Suelo.....	17
5.11.2 Fertilización.....	17
<b>5.12 Fisiopatías</b> .....	<b>21</b>

5.12.1	Cracking .....	21
5.12.2	Desordenes relacionados con las elevadas temperaturas .....	22
5.12.3	Planchado .....	22
5.12.4	Deformación de frutos.....	22
<b>5.13</b>	<b>Época de siembra.....</b>	<b>23</b>
<b>5.14</b>	<b>Siembra directa.....</b>	<b>23</b>
<b>5.15</b>	<b>trasplante de plántulas .....</b>	<b>23</b>
<b>5.16</b>	<b>Principales plagas del cultivo de chile serrano .....</b>	<b>24</b>
5.16.1	Minador de la hoja ( <i>Liriomyza sp</i> ) .....	24
5.16.2	Mosquita blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) .....	24
5.16.3	Gusano soldado ( <i>Spodoptera exigua</i> ).....	25
5.16.4	Ácaros o araña roja ( <i>Poliphagotarsonemus latus</i> ).....	25
<b>5.17</b>	<b>Enfermedades de la planta de chile serrano .....</b>	<b>26</b>
5.17.1	<i>Damping off</i> o secadera de plántulas .....	26
5.17.2	Tizón tardío <i>Phytophthora infenstans</i> .....	26
5.17.3	Tizón temprano ( <i>Alternaria solani</i> ).....	27
5.17.4	Marchitez o secadera tardía ( <i>Phytophthora capcici</i> ) .....	28
<b>5.18</b>	<b>Cosecha del chile serrano .....</b>	<b>28</b>
<b>VI.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS EXPERIMENTOS.....</b>	<b>29</b>
<b>6.1</b>	<b>Diagnóstico agrícola en la zona de estudio .....</b>	<b>29</b>
6.1.1	Materiales y métodos .....	29
6.1.2	Resultados de la encuesta .....	29
6.1.3	Conclusión .....	32
<b>6.2</b>	<b>Experimento 1. Evaluación de dos ecotipos de chile serrano procedentes de los municipios de Tlaola y Tlapacoya, Puebla .....</b>	<b>44</b>
6.2.1	Localización del municipio de Tlaola.....	44
6.2.2	Localización de Cuatepalcatla, Tlapacoya.....	45
6.2.3	Materiales y métodos .....	46
6.2.4	Variables evaluadas.....	47
6.2.5	Calidad de los frutos.....	48
6.2.6	Contenido mineral en planta .....	48
6.2.7	Método de digestión ácida en microondas .....	49
6.2.8	Análisis de macro y micronutrientes.....	49
6.2.9	Método Kjeldahl para determinar el nitrógeno .....	49
6.2.10	Resultados.....	50
6.2.11	Análisis mineral de la planta .....	60
6.2.12	Discusión.....	66
6.2.13	Conclusiones .....	67
<b>6.3</b>	<b>Experimento 2. Programa de fertilización de chile serrano en el municipio de Tlaola, Puebla</b>	<b>69</b>
6.3.1	Materiales y métodos .....	69
6.3.2	Resultados .....	71
6.3.3	Análisis mineral de la panta.....	82
6.3.4	Discusión .....	88
6.3.5	Conclusiones.....	90

<b>6.4</b>	<b>Experimento 3. Fertirrigación en dos ecotipos de chile serrano .....</b>	<b>91</b>
6.4.1	Materiales y métodos .....	91
6.4.2	Resultados .....	92
6.4.3	Análisis mineral de la planta .....	121
6.4.4	Discusión .....	133
6.4.5	Conclusiones.....	135
6.4.6	Conclusión del ecotipo de Tlaola .....	136
6.4.7	Análisis mineral de la planta del ecotipo de Tlaola .....	136
6.4.8	Conclusión del ecotipo de Tlapacoya .....	137
6.4.9	Análisis mineral de la planta del ecotipo de Tlapacoya.....	137
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>138</b>
<b>VIII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>141</b>
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>148</b>
9.1	ANEXO 1. Análisis de agua y registro de las temperaturas de las localidades en estudio y de invernadero.....	148
9.2	ANEXO 2. Fotografías de los experimentos.....	150

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1. Composición química/100g. y estimación energética del fruto de chile serrano (<i>Capsicum annuum</i>). .....</b>	<b>13</b>
<b>Cuadro 2. Requerimientos para obtener el desarrollo óptimo en plantas de <i>Capsicum annuum</i> (Juárez, 2014). .....</b>	<b>17</b>
<b>Cuadro 3. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de producción total sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 116 días después del trasplante.....</b>	<b>51</b>
<b>Cuadro 4. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de primera calidad sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 116 días después del trasplante.....</b>	<b>53</b>
<b>Cuadro 5. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de segunda calidad sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 116 días después del trasplante.....</b>	<b>55</b>
<b>Cuadro 6. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de producción en frutos clasificados de tercera calidad sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 116 días después del trasplante.....</b>	<b>57</b>
<b>Cuadro 7. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de firmeza de frutos, numero de semillas, °Brix, acidez y pungencia de los frutos sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 116 días después del trasplante. ....</b>	<b>59</b>
<b>Cuadro 8. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia del análisis mineral en raíz de dos ecotipos de chile serrano a los 116 días después del trasplante. ....</b>	<b>61</b>
<b>Cuadro 9. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia del análisis mineral en tallo de dos ecotipos de chile serrano a los 116 días después del trasplante. ....</b>	<b>63</b>
<b>Cuadro 10. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia del análisis mineral en hojas de dos ecotipos chile serrano a los 116 días después del trasplante.....</b>	<b>65</b>
<b>Cuadro 11. Análisis de suelo Tlaola.....</b>	<b>70</b>
<b>Cuadro 12. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de producción total con diferentes dosis de fertilización sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 125 días después del trasplante.....</b>	<b>72</b>
<b>Cuadro 13. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para la producción de frutos clasificados de primera categoría y fisiopatías con diferentes dosis de fertilización sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 125 días después del trasplante. ....</b>	<b>74</b>
<b>Cuadro 14. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para la producción de frutos clasificados de segunda categoría y fisiopatías con diferentes dosis de fertilización sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 125 días después del trasplante. ....</b>	<b>76</b>

<b>Cuadro 15. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para la producción de frutos clasificados de tercera categoría y fisiopatías con diferentes dosis de fertilización sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 125 días después del trasplante. ....</b>	<b>78</b>
<b>Cuadro 16. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de firmeza de frutos, numero de semillas, acidez y pungencia con diferentes dosis de fertilización sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 125 días después del trasplante. ....</b>	<b>80</b>
<b>Cuadro 17. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia del análisis mineral en raíz de chile serrano con diferentes dosis de fertilización a los 116 días después del trasplante. ....</b>	<b>83</b>
<b>Cuadro 18. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia del análisis mineral en tallo de chile serrano con diferentes dosis de fertilización a los 116 días después del trasplante. ....</b>	<b>85</b>
<b>Cuadro 19. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia del análisis mineral en hojas de chile serrano con diferentes dosis de fertilización a los 116 días después del trasplante. ....</b>	<b>87</b>
<b>Cuadro 20. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de producción total del ecotipo de chile serrano de Tlaola sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante. ....</b>	<b>93</b>
<b>Cuadro 21. Interacciones. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de producción total del ecotipo de chile serrano de Tlaola sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.....</b>	<b>94</b>
<b>Cuadro 22. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para producción de frutos clasificados de primera categoría y fisiopatías del ecotipo de Tlaola sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.....</b>	<b>96</b>
<b>Cuadro 23. Interacciones. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para producción de frutos clasificados de primera categoría y fisiopatías del ecotipo de Tlaola sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.....</b>	<b>97</b>
<b>Cuadro 24. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de segunda categoría y fisiopatías del ecotipo de chile serrano de Tlaola sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.....</b>	<b>99</b>
<b>Cuadro 25. Interacciones. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de segunda categoría y fisiopatías del ecotipo de chile serrano de Tlaola sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante. ....</b>	<b>100</b>
<b>Cuadro 26. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de tercera categoría y fisiopatías del ecotipo de chile serrano de Tlaola sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.....</b>	<b>102</b>
<b>Cuadro 27. Análisis de la varianza para los parámetros, numero de semillas, firmeza de frutos, °Brix, pH de los frutos y gasto de NaOH. Del ecotipo de chile serrano de Tlaola sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.....</b>	<b>104</b>

<b>Cuadro 28. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de producción total del ecotipo de chile serrano de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante. ....</b>	<b>106</b>
<b>Cuadro 29. Interacciones. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de producción total del ecotipo de chile serrano de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante. ....</b>	<b>107</b>
<b>Cuadro 30. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para producción de frutos clasificados de primera categoría y fisiopatías del ecotipo de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.....</b>	<b>109</b>
<b>Cuadro 31. Interacciones. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para producción de frutos clasificados de primera categoría y fisiopatías del ecotipo de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante. ....</b>	<b>110</b>
<b>Cuadro 32. Interacciones. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para producción de frutos clasificados de primera categoría y fisiopatías del ecotipo de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante. ....</b>	<b>111</b>
<b>Cuadro 33. Interacciones. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para producción de frutos clasificados de primera categoría y fisiopatías del ecotipo de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante. ....</b>	<b>112</b>
<b>Cuadro 34. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de segunda categoría y fisiopatías del ecotipo de chile serrano de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante... </b>	<b>114</b>
<b>Cuadro 35. Interacciones. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de segunda categoría y fisiopatías del ecotipo de chile serrano de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante. ....</b>	<b>115</b>
<b>Cuadro 36. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de tercera categoría y fisiopatías del ecotipo de chile serrano de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante. ....</b>	<b>117</b>
<b>Cuadro 37. Interacciones. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de tercera categoría y fisiopatías del ecotipo de chile serrano de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante. ....</b>	<b>118</b>
<b>Cuadro 38. Análisis de la varianza para los parámetros, numero de semillas, firmeza de frutos, °Brix, pH de los frutos y gasto de NaOH. Del ecotipo de chile serrano de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante... </b>	<b>120</b>
<b>Cuadro 39. Media <math>\pm</math> Error estándar y significancia del análisis mineral en raíz de chile serrano en fertirriogación del ecotipo de Tlaola a los 116 días después del trasplante. ....</b>	<b>122</b>

**Cuadro 40. Media  $\pm$  Error estándar y significancia del análisis mineral en tallo de chile serrano en fertirrigación del ecotipo de Tlaola a los 116 días después del trasplante. ....124**

**Cuadro 41. Media  $\pm$  Error estándar y significancia del análisis mineral en hojas de chile serrano en fertirrigación del ecotipo de Tlaola a los 116 días después del trasplante. ....126**

**Cuadro 42. Media  $\pm$  Error estándar y significancia del análisis mineral en raíz de chile serrano en fertirrigación del ecotipo de Tlapacoya a los 116 días después del trasplante. 128**

**Cuadro 43. Media  $\pm$  Error estándar y significancia del análisis mineral en tallo de chile serrano en fertirrigación del ecotipo de Tlapacoya a los 116 días después del trasplante. 130**

**Cuadro 44. Media  $\pm$  Error estándar y significancia del análisis mineral en hojas de chile serrano en fertirrigación del ecotipo de Tlapacoya a los 116 días después del trasplante. 132**

**Cuadro 45. Análisis de agua invernadero DICA. ....148**

**Cuadro 46. Temperatura media, máxima, mínima y precipitaciones en Tlaola y Tlapacoya año 2018. Temperatura y humedad relativa del invernadero año 2018. ....149**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Forma en la que se trabaja la tierra para el cultivo de chile serrano en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.</b>	<b>36</b>
<b>Figura 2. Superficie sembrada de chile serrano en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.</b>	<b>36</b>
<b>Figura 3. Meses de preparación del terreno, practica tradicional de roza en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.</b>	<b>37</b>
<b>Figura 4. Meses de preparación del terreno, practica tradicional de tumba en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.</b>	<b>37</b>
<b>Figura 5. Meses de preparación del terreno, practica tradicional de quema en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.</b>	<b>38</b>
<b>Figura 7. Meses de preparación del terreno practica tradicional de surcado en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.</b>	<b>39</b>
<b>Figura 8. Meses de preparación del terreno, practica tradicional de trasplante en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.</b>	<b>39</b>
<b>Figura 9. Fecha de mes de primer corte en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.</b>	<b>40</b>
<b>Figura 10. Fecha de mes de último corte en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.</b>	<b>40</b>
<b>Figura 11. Obtención de la planta de chile serrano en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.</b>	<b>41</b>
<b>Figura 12. Establecimiento de almacigo para venta de planta en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.</b>	<b>41</b>
<b>Figura 13. Uso de herbicida en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.</b>	<b>42</b>
<b>Figura 14. Tipo de fertilizante que se aplica en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.</b>	<b>42</b>
<b>Figura 15. Técnicas de Policultivo y Rotación de cultivo en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.</b>	<b>43</b>
<b>Figura 16. Productores que cuentan con algún apoyo gubernamental en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.</b>	<b>43</b>
<b>Figura 17. Localización del municipio de Tlaola en el estado de Puebla. Elaborado en el programa ArcView GIS Version 3.1.</b>	<b>44</b>
<b>Figura 18. Localización Cuatepalcatla, Tlapacoya, Puebla</b>	<b>46</b>
<b>Figura 19. Encuesta a productores de chile serrano en Tlaola.</b>	<b>150</b>

<b>Figura 20. Almacigo de chile serrano en campo.</b>	<b>150</b>
<b>Figura 21. Trasplante.</b>	<b>151</b>
<b>Figura 22. Vista general del trasplante.</b>	<b>151</b>
<b>Figura 23. Vista del experimento establecido en Tlapacoya.</b>	<b>152</b>
<b>Figura 24. Valoración de planta en el experimento Tlapacoya.</b>	<b>152</b>
<b>Figura 25. Vista del experimento establecido en Tlaola.</b>	<b>153</b>
<b>Figura 26. Valoración de planta en el experimento Tlaola.</b>	<b>153</b>
<b>Figura 27. Vista del experimento en invernadero DICA-BUAP.</b>	<b>154</b>
<b>Figura 28. Valoración de plantas en invernadero DICA-BUAP.</b>	<b>154</b>
<b>Figura 29. Clasificación de frutos en laboratorio.</b>	<b>155</b>
<b>Figura 30. Medición de acidez de frutos en laboratorio.</b>	<b>155</b>
<b>Figura 31. Conteo de semillas de fruto de chile serrano.</b>	<b>156</b>
<b>Figura 32. Clasificación comercial de frutos de chile serrano.</b>	<b>156</b>
<b>Figura 33. Planta de chile serrano con daño causado por Fusarium.</b>	<b>157</b>
<b>Figura 34. Daño en tallo y raíz de planta causado por Fusarium.</b>	<b>157</b>
<b>Figura 35. Fruto con daño causado por Cracking.</b>	<b>158</b>
<b>Figura 36. Frutos de chile serrano en campo.</b>	<b>158</b>

## I. INTRODUCCIÓN

El género *Capsicum* pertenece a la familia Solanaceae, que es una familia tropical donde se incluye el jitomate, la berenjena, la papa, el tomate y el tabaco (Bosland & Votava, 2012). El género *Capsicum* comprende 30 especies y de estas, solo cinco son domesticadas: *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. baccatum*, *C. pubescens* y *C. chinense*; todas se originaron a partir de sus ancestros silvestres (Hernández, 2011). Las especies domesticadas han estado sometidas a la manipulación continua del hombre, de tal manera que disminuyeron la capacidad de reproducirse (Bosland & Votava, 2012).

Existen más de 200 variedades de chiles, de las cuales, al menos 100 son nativas de México, siendo la especie más importante el *C. annuum*, que proviene de los chiles criollos y tradicionales de México e incluye a los tipos y variedades de mayor superficie cultivada, mayor producción, consumo y comercialización a nivel mundial (Luna, 2015). En México están reportadas las especies *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. ciliatum* y *C. lanceolatum*, en formas semidomesticadas o silvestres (Castañón-Nájera *et al.*, 2008), ocupan el segundo lugar en producción a nivel mundial, con poco más de tres millones de toneladas. Se cultivan unas 50 variedades de chiles entre los que se encuentran habanero, jalapeño, poblano, pimiento morrón, serrano, pasilla y guajillo, cuya cosecha representa el 20.4% de la producción nacional de hortalizas. Además, esta actividad genera gran demanda de mano de obra, con 30 millones de jornales, que involucra a 12,000 productores en 144,000 ha (SIAP, 2018).

El chile serrano es el producto agrícola más representativo de México, puede comerse fresco, cocido o como condimento en platillos típicos. En la agroindustria se elaboran una gran variedad de productos como son: chiles congelados, deshidratados, encurtidos y enlatados; se le encuentra también en pastas y en una infinita variedad de salsas. Además, se emplea en otros campos como la medicina, en la industria de los cosméticos, en la fabricación de fármacos y agroquímicos, así como en ritos y ceremonias. Ocupa el segundo lugar en importancia en el grupo de los chiles verdes solo superado por el chile jalapeño, debido a su amplio rango de aceptación por los

consumidores, y su producción constituye el principal ingreso económico para las familias indígenas de las comunidades rurales de la sierra norte de Puebla.

A nivel mundial la superficie cosechada de chile verde ha tenido un crecimiento sostenido en los últimos 5 años del 1.4%, con una producción de 36,771.482 toneladas. El rendimiento promedio a nivel mundial pasó de 15.5 t·ha<sup>-1</sup> en 2017 a 18.5 t·ha<sup>-1</sup> en 2020 (FAOSTAT, 2020).

En México la superficie sembrada de chile serrano es de 10,207.05 ha con un rendimiento de 6.76 t·ha<sup>-1</sup>, Puebla ocupa el tercer lugar con una superficie sembrada de 1,221 ha y un rendimiento de 3.877 t·ha<sup>-1</sup>, después de los estados de Veracruz con 3,945 ha sembradas y un rendimiento de 5.468 t·ha<sup>-1</sup>, y Chiapas con una superficie sembrada de 2,823 ha y un rendimiento de 5.275 t·ha<sup>-1</sup>. En el estado de Puebla, el municipio de Tlaola ocupa el primer lugar en superficie sembrada de chile serrano con 280 ha y un rendimiento de 3.929 t·ha<sup>-1</sup>, seguido de Chiconcuautla (75 ha y un rendimiento de 4.0 t·ha<sup>-1</sup>), Huauchinango (65 ha y un rendimiento de 3.923 t·ha<sup>-1</sup>), Tlapacoya (65 ha y un rendimiento de 3.846 t·ha<sup>-1</sup>) y Naupan (48 ha y un rendimiento de 3.438 t·ha<sup>-1</sup>) (SIAP, 2018). En estos municipios de la sierra norte de Puebla, su economía depende principalmente de los cultivos de chile serrano y café. Son actividades que se llevan a cabo de forma tradicional, realizando la práctica tan cuestionada de la roza, tumba y quema, con la finalidad de buscar suelos más fértiles con altos contenidos de materia orgánica que aseguren la producción y una mejor calidad de los frutos del chile. Sin embargo, esta práctica trae como consecuencia deforestación, erosión, cambio de uso de suelo, contaminación del agua y aire, así como reducción de especies de importancia ecológica (flora y fauna) y Asimismo, los rendimientos de chile serrano que se obtienen son muy bajos en comparación al rendimiento nacional, y en algunos ciclos agrícolas tienen pérdida total de sus cosechas, lo que ha ocasionado la sustitución y abandono del cultivo, y con ello la migración de la población a la capital del país en busca de empleo. Otra causa del abandono de sus tierras es la presencia de intermediarios en los canales de comercialización, donde establecen el precio muy bajo, este abuso se debe entre otras causas: a que los productores no cuentan con los medios para comercializar sus cosechas, la falta de mercados y de centros de acopio y sobre todo la desorganización de los agricultores.

Las prácticas agrícolas tradicionales antes mencionadas han ocasionado pérdida de la biodiversidad causando cambios drásticos en el ecosistema, por lo que se consideran no viables para el cultivo de chile serrano, la falta de capacitación y asistencia técnica de los productores que no cuentan con ningún apoyo de programas gubernamentales, falta de paquetes tecnológicos que permitan hacer un buen uso del suelo y de sus cultivos, así como asesoría en la aplicación correcta de agroinsumos. Por tal motivo se considera de gran importancia buscar alternativas para mejorar las prácticas tradicionales fomentando el desarrollo rural sustentable.

Ante esta situación, se inició un plan de mejora basado en investigaciones, llevando a cabo un diagnóstico de la situación agrícola mediante encuestas en los municipios de Tlaola, Tlaltepango, Chicahuaxtla y Caxapotla. Diseñando ensayos en campo en los municipios de Tlaola y Tlapacoya para formular las dosis óptimas de fertilización en chile serrano y así orientar a los productores para aplicar los fertilizantes de manera adecuada, así mismo se establecieron experimentos en invernadero en el DICA-ICUAP con dos materiales autóctonos de chile serrano seleccionados según la encuesta de las comunidades en estudio, para conocer los requerimientos nutricionales de la planta y evaluar la calidad de frutos. Y de esta manera organizar a los productores para iniciar un proceso de capacitación y asistencia técnica, asegurando mayor rendimiento, calidad y producción de sus cosechas.

## **II. JUSTIFICACIÓN**

En la sierra norte de Puebla se encuentran municipios catalogados con altos y muy altos índices de marginación, gran rezago social y pobreza extrema, entre estos municipios se ubican: Tlaola, Huauchinango, Chiconcuautla, Tlapacoya y Naupan, con altos índices de desempleo, debido a que la única fuente de ingresos económicos de las familias depende de la agricultura; en particular del cultivo de chile serrano y café, en segundo lugar el maíz, frijol, cacahuete, tomate y en algunas comunidades se dedican a la floricultura y a la venta de plantas de ornato. En general los agricultores, no han recibido capacitación y asistencia técnica para mantener y mejorar la producción y calidad de sus cultivos y en especial del chile serrano, en cada ciclo

agrícola, deforestan áreas para establecer nuevas áreas de cultivo mediante la práctica tan cuestionada de roza, tumba y quema, que genera altos contenidos de materia orgánica aunado a la fertilización excesiva y al uso inadecuado de agroquímicos e insecticidas, representan un grave problema. El sistema de cultivo genera una deforestación desmedida y alteración de las áreas conservadas, contaminación del agua y aire, erosión y cambio del uso de suelo, así como reducción de especies de importancia ecológica en cuanto a flora y fauna. Es notorio que en la zona de estudio se tienen problemas graves de pérdida de fertilidad de sus suelos y erosión de los mismos por la falta de estudios adecuados para la conservación y análisis del suelo para determinar los requerimientos nutricionales óptimos del cultivo de chile serrano. Asimismo, el desconocimiento de uso y aplicación adecuada de fertilizantes, insecticidas y fungicidas; la selección de semilla de sus cultivos (por lo que se deben seleccionar los frutos de mejor calidad para garantizar semilla vigorosa, y de esta manera asegurar una buena germinación); y el establecimiento de almácigos a campo abierto lo que hace que la planta esté expuesta a plagas y enfermedades y al mismo tiempo esté sometida a temperaturas extremas, lo que ocasiona generalmente la contaminación de plántulas por *Fusarium*, trayendo como consecuencia la pérdida total del cultivo. Ante esta problemática es necesario establecer un programa para brindar capacitación y asistencia técnica a los productores fomentando alternativas para mejorar el manejo de sus cultivos de forma sostenible, facilitando rentabilidad a sus cosechas, aumentar la calidad y producción en sus productos sin alterar el medio ambiente. Por ello, es necesario realizar ensayos en campo en los municipios de Tlaola y Tlapacoya sobre la fertilidad del suelo, producción y calidad del cultivo, y establecer ensayos en invernadero en el DICA-ICUAP con materiales autóctonos de chile serrano, para conocer los requerimientos nutricionales de la planta y evaluar la calidad de frutos.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Estudiar el comportamiento productivo y calidad en 2 ecotipos de chile serrano procedentes de Tlaola y Tlapacoya, conducidos a campo abierto e invernadero.

#### **3.2 Objetivos particulares**

1. Evaluar el comportamiento productivo de 2 ecotipos de chile serrano a campo abierto e invernadero con diferentes dosis de fertilización.
2. Valorar las características organolépticas en frutos de chile serrano.
3. Cuantificar el contenido mineral en raíz, tallo y hojas en la planta de chile serrano.
4. Evaluar las principales fisiopatías que se presentan en chile serrano.

### **IV. HIPÓTESIS**

Si se optimizan las condiciones en que se desarrollaran los cultivos de chile serrano, entonces al menos un ecotipo de chile serrano presentará mejor comportamiento agronómico y mejor calidad organoléptica por efecto de los diferentes programas de fertilización y volúmenes de agua en condiciones de campo e invernadero.

### **V. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **5.1 Origen y distribución**

En México el cultivo del chile, tiene una larga tradición cultural, es uno de los principales centros de origen y domesticación, tal como lo indican vestigios arqueológicos en donde se han encontrado semillas en el valle de Tehuacán, Puebla, con una antigüedad de 8,500 años (Laborde y Pozo 1984; Long, Solís J. 1982). El género *Capsicum* incluye aproximadamente 25 especies y tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales del centro y sur de América, donde ha sido cultivado y usado desde épocas muy remotas; era utilizado por los indígenas para condimentar

sus comidas y constituía un alimento importante en su dieta (Casseres,1996; Muñoz y Pinto, 1970; Huerres y Carballo, 1987; Abugarade, 1990). Fue introducido a Europa primeramente por Cristóbal Colón y después con más intensidad por los conquistadores españoles en el siglo XVI, siendo difundido por España y Portugal y más tarde por casi toda Europa. Se ha adaptado en casi todas las regiones del mundo, por lo que su cultivo se extendió rápidamente (De Oteyza, 1959; De vilmorin, 1977; Huerres y Carballo, 1987).

Su uso data desde tiempos remotos, primordialmente como condimento, aunque también es una importante fuente de vitamina C, además de diversos usos en diversas culturas americanas (Long-Solis, 1986). *Capsicum annum annum* es la subespecie más ampliamente conocida y de mayor importancia económica de los chiles cultivados, ya que presenta una distribución mundial (Pickersgill, 1969).

## 5.2 Clasificación taxonómica

Sistema de Clasificación APG IV (20017), (*Capsicum annum var. acuminatum* Fingerh).

Reino: Plantae

Filo: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Capsicum* L.

Especie: *Capsicum annum* L.

Variedad: *Capsicum annum var. acuminatum* Fingerh.

### 5.3 Morfología de la planta de chile serrano

Los estudios taxonómicos coinciden en que son cinco las especies cultivadas:

*Capsicum annuum*, *C. baccatum*; *C. chinense*; *C. frutescens*; y *C. pubescens*; de las cuales la primera es la más importante ya que agrupa la mayor diversidad de variedades de chiles, ya sean cultivados o silvestres (Ramírez, 2002).

#### 5.3.1 Sistema Radicular

El chile *Capsicum annuum* L., es una planta herbácea perenne con ciclo de cultivo anual de porte variable con un sistema radicular pivotante y profundo, puede llegar a medir de 70 a 120 cm; pero la mayoría de la raíz está a una profundidad de 5 a 40 cm La raíz principal es la más fuerte, aunque frecuentemente es la dañada durante el trasplante (Guenkov, 1987).

#### 5.3.2 Tallo

Es de consistencia herbácea, crecimiento limitado y erecto, cuya longitud puede variar de 0.5 a 1.5 m. cuando las plantas adquieren cierta edad, los tallos se lignifican ligeramente, son de color verde oscuro (Zapata N. M.1992).

#### 5.3.3 Hoja

Las hojas son planas, simples y de forma de ovoide alargada, ovales o lanceoladas, glabras, varían mucho en tamaño y miden de 1.5 a 12 cm de largo y de 0.5 a 7.5 de ancho. El ápice es acuminado, la base de las hojas es cuadrada o aguda y el pedicelo es largo o poco aparente. Las hojas al igual que el tallo puede presentar o no tricomas (Valadez, 1994).

#### 5.3.4 Flor

Las flores generalmente son solitarias, pero por la forma de ramificación parecen ser axilares, son perfectas, formándose en las axilas de las ramas. Estas son de color blanco y a veces purpura, los pedicelos miden 1.5 cm de longitud, cáliz campanulado, ligeramente dentado, aproximadamente de 2 mm de longitud. Generalmente alargado y cubierto en la base de los frutos, la corola es rotada, campanulada, dividida en 5 a 6 partes, mide de 8 a 9 mm de diámetro, blanca o verduzca, con 5 o 6 estambres insertados cerca de la base de la corola. Las anteras son anguladas, ovario bilocular,

pero a menudo multilocular (bajo domesticación), estilo simple, blanco o purpura. Las flores son hermafroditas con alto porcentaje de polinización cruzada que puede llegar hasta el 50%, también esto puede variar según las condiciones climáticas y abundancia de insectos polinizadores, principalmente himenópteros (Rodríguez, 1988).

### **5.3.5 Fruto**

Los frutos son bayas rectas, alargados o ligeramente encorvados y algunos de forma cónica, tienen de 2 a 10 cm de longitud con cuerpos cilíndricos y epidermis lisa, presentan de 2 a 3 lóculos. En general, son muy picantes, de color verde que varían desde el claro hasta el muy oscuro inmaduro, cambiando luego al color rojo al madurar, aunque hay genotipos que maduran de color café anaranjado o amarillo (Pozo, 1981).

### **5.3.6 Semillas**

La semilla es muy pequeña, tiene una dimensión de 2 a 3 mm por lo general cuando está inmadura tiene un color blanco claro, mientras que llegan a su estado de maduración o al secarse tomando un color amarillo pálido (Lesur, 2006).

## **5.4 Especies y tipos**

Pertenece a la familia Solanaceae, una familia tropical que incluye el jitomate, la berenjena, la papa, el tomate y el tabaco (Bosland & Votava, 2012). Este género comprende 30 especies, de las que cinco son domesticadas: *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, y *C. pubescens*; y se originaron a partir de sus ancestros silvestres (Hernández, 2011).

Las especies domesticadas han estado sometidas a la manipulación continua del hombre, de tal manera que han disminuido la capacidad de reproducirse en ausencia de sus cuidados (Bosland & Votava, 2012). Existen más de 200 variedades de chiles, de las que al menos 100 son nativas de México. La especie más importante del género *Capsicum* es *C. annuum*, que proviene de los chiles criollos y tradicionales de México e incluye a los tipos y variedades de mayor superficie cultivada, mayor producción, consumo y comercialización a nivel mundial (Luna, 2015).

Las formas silvestres crecen fuera de las áreas perturbadas por el ser humano (Bosland & Votava, 2012). En México están reportadas las especies *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. ciliatum* y *C. lanceolatum*, en formas semidomesticadas o silvestres (Castañón-Nájera *et al.*, 2008).

El género *Capsicum* se distribuye a lo largo del continente americano, desde el suroeste de los Estados Unidos hasta el norte de Argentina, debido a que tiene gran facilidad de adaptación a climas y altitudes, desde altiplanicies, valles semiáridos y regiones semitropicales (Bosland & Votava, 2012).

## 5.5 Principales chiles cultivados en México

Entre las variedades de *Capsicum annuum* L. se encuentran:

### 5.5.1 Jalapeño

Es el chile más popular a nivel nacional e internacional. En fresco se conoce como jalapeño o cuaresmeño. El 60% de la producción se utiliza en la industria de encurtidos, 20% se consume fresco y el resto, en estado maduro, se procesa por secado y ahumado para obtener el chile que conocemos como chipotle. Los principales estados productores son: Chihuahua, Veracruz y Oaxaca.

### 5.5.2 Serrano

El chile serrano es la segunda variedad más producida en México. Se ocupa poco en estado deshidratado conocido comúnmente como serrano seco, fresco es usado para la elaboración de salsas y picado en cualquier platillo. Se cultiva en 25 estados y los principales estados productores son: San Luis Potosí, Nayarit, Hidalgo, Tamaulipas, Veracruz, Puebla, Nuevo León, Coahuila, Jalisco y Sinaloa.

### 5.5.3 Poblano

Fresco se llama poblano, y al seco se le denomina ancho o mulato. En estado seco se usa como ingrediente del mole mexicano y de colorantes; verde es la base de los chiles en nogada. Estados productores: Guanajuato, San Luis Potosí, Durango, Aguascalientes, Zacatecas, Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Puebla.

### 5.5.4 Chile de árbol

En fresco y seco se le da el mismo nombre y es uno de los tipos de chile que se utilizan indistintamente en estado verde o seco. Es muy picante, por lo que es la variedad más

utilizada para la elaboración de salsas. Estados productores: Jalisco, Nayarit, Aguascalientes, Zacatecas, Chihuahua y Guanajuato.

#### **5.5.5 Chilaca**

En fresco es chilaca y en seco, pasilla. Se trata de otra de las especies de chile más utilizadas en México. Aunque también se consume fresco, se le prefiere en estado seco. Tiene moderado picor y es uno de los ingredientes básicos de moles y adobos, y además con él se elabora un sinnúmero de salsas. Estados productores: Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Zacatecas, San Luis Potosí, Michoacán, Nayarit y Oaxaca.

#### **5.5.6 Mirasol**

Cuando se seca cambia el nombre a guajillo. Es un chile que se utiliza sobre todo en estado seco para elaborar moles, adobos y salsas. Es poco picoso. Estados productores: Aguascalientes, Zacatecas, San Luis Potosí y Durango.

#### **5.5.7 Güero**

En fresco se conoce como güero o húngaro caribe, en seco es chilhuacle. Es uno de los chiles menos picantes que se consumen en México. Generalmente se utiliza entero; por ejemplo, se le rellena con cazón o se utiliza para el pescado a la veracruzana. Es también común encontrarlo al escabeche. Estados productores: Veracruz, Campeche, Tabasco, Yucatán, Quintana Roo, Puebla, Coahuila y Durango.

#### **5.5.8 Pimiento morrón**

Nombrado pimentón cuando está seco. Este chile no pica, tiene un sabor dulce y mayormente se ocupa en estado fresco. En México se utiliza en varios platillos por su diversidad de colores (amarillos, naranjas, rojos y verdes). Estados productores: Sinaloa y Sonora.

#### **5.5.9 Piquín**

El chile piquín es una planta silvestre de uso común en comunidades indígenas que realizan su recolección y lo comercializan, lo que resulta en una fuente importante de generación de recursos económicos. Es una especie sumamente picante y utilizada principalmente en la elaboración de salsas. Seco y molido es condimento para frutas frescas. Hay algunas áreas de cultivo en Sonora.

Entre los principales chiles cultivados en México, encontramos también algunos géneros de *Capsicum* que no pertenecen propiamente a la especie *annuum*, entre ellos están:

#### **5.5.10 Habanero (*C. chinense*)**

Es originario de Sudamérica y se cree que fue introducido a la península de Yucatán vía Cuba. Es característico por sus colores amarillo, rojo y naranja brillantes. Se trata del chile más picante de cuantos se cultivan en México. Se distingue por su apariencia, sabor, aroma y grado de picor. Zonas productoras: Península de Yucatán, Baja California Sur, San Luis Potosí, Chiapas, Sonora, Tabasco y Veracruz.

#### **5.5.11 Manzano (*C. pubescens*)**

Se le conoce también como perón y ciruelo. Es originario de los Andes de América del Sur y en México se cultiva en pequeña escala. Se distingue del resto de los chiles por tener semillas negras. Este chile no se puede secar o deshidratar, por lo que únicamente se consume fresco. Sus colores son rojos o amarillos. Se produce sólo en localidades ubicadas por encima de los 2000 m s.n.m.: se produce en la Sierra de Puebla, Veracruz, Chiapas y en algunas regiones de Michoacán.

### **5.6 Propiedades y aplicaciones del chile**

El fruto del chile no es sólo un condimento extraordinario, quizá el más versátil de cuantos existen; es también un alimento de gran valor nutritivo. Se considera el vegetal con mayor concentración de ácido ascórbico; en fresco contiene más del doble de vitamina C que el limón y la naranja y casi seis veces más que la toronja; en seco, por su parte, contiene vitamina A en una proporción mayor que las zanahorias. Además, los chiles poseen cantidades significativas, aunque menores, de vitaminas E y B, y de algunos minerales. Se ha comprobado que este producto estimula el flujo de la saliva y los jugos gástricos que inducen una alta digestibilidad de las proteínas del maíz y del frijol; de modo que la típica tríada alimenticia mexicana de maíz, frijol y chile, integra un complejo de componentes altamente alimenticios que se equilibran y refuerzan entre sí (FAOSTAT, 2020).

En el género *Capsicum* están presentes compuestos con propiedades pungentes (picantes) y pigmentantes. Los más importantes son los alcaloides capsaicina e

hidrocapsaicina, denominados capsaicinoides, así como los carotenoides capsantina y capsorrubina. Los dos primeros son responsables del principio térmico o pungencia, y los otros dos provocan la coloración naranja o rojiza de los frutos. Se conocen más de 20 capsaicinoides diferentes; sin embargo, la capsaicina y la hidrocapsaicina son responsables del 90% de la pungencia de los chiles, y es la capsaicina el compuesto más picante. La pungencia se puede determinar por un método ideado en 1912 por el farmacéutico Wilbur Scoville, por lo que es conocido como prueba organoléptica de Scoville. Ésta consiste en obtener una disolución del extracto del fruto y diluirla en agua con azúcar; el número de veces que la muestra debe diluirse para que deje de percibirse la sensación picante determina los grados en la escala del método. Esta clasificación resulta bastante subjetiva, por lo cual se han desarrollado métodos analíticos cromatográficos para determinar la concentración de capsaicina y dar la equivalencia en la escala Scoville; se ha establecido un factor de conversión de 1 ppm que corresponde a 15 grados de unidades Scoville (us). La capsaicina se forma de manera natural y se encuentra en las semillas y en los tejidos del chile. Es usada como repelente en la agricultura y la ganadería menor contra mamíferos depredadores; en la industria tabacalera, para mejorar el sabor de ciertas mezclas de tabaco; en la industria farmacéutica, como estimulante, así como en la fabricación de aerosoles defensivos (FAOSTAT, 2020).

### 5.7 Composición química

El chile juega un papel importante en la alimentación ya que proporciona vitaminas y minerales, el componente esencial es el agua, misma que representa el 93%, asimismo contiene elementos esenciales como el calcio con 6.0g., fierro con 1.8 mg., fósforo con 22.0 mg., potasio con 195.0 mg. y 3 mg. de sodio, de igual manera es una fuente importante en carbohidratos con 5.3 g, 1.2 g de fibra, 0.5 g de grasa, contiene un alto valor nutricional de proteínas 0.9 g, es altamente rico en vitamina A con 530.0 UI y proporciona 25.0 Kcal de energía (cuadro 1). Investigaciones médicas recientes comprueban su efectividad al utilizarlo como anestésico y como estimulante de la transpiración (Valadez, 1992).

Cuadro 1. Composición química/100g. y estimación energética del fruto de chile serrano (*Capsicum annuum*).

Elemento	Cantidad
Agua	93.0 g
Calcio	6.0 g
Fierro	1.8 mg
Fósforo	22.0 mg
Potasio	195.0 mg
Sodio	3 mg
Carbohidratos	5.3 g
Fibra	1.2 g
Grasa	0.5 g
Proteinas	0.9 g
Ácido ascórbico	128.0 mg
Vitamina A	530.0 UI
Energia	25.0 kcal

Nota: g (gramos); kcal (kilocaloria); mg (miligramos); UI (Unidad Internacional).

## 5.8 Producción mundial de chile

El chile a nivel mundial es una de las principales hortalizas cultivadas, con una producción de 36,771,482 toneladas (FAOSTAT, 2020), China se situó en 2018 como el principal productor a nivel mundial con el 49.45% de la producción después de México (9.19%), Turquía (6.95%), Indonesia (6.91%) y España (3.47%). Estos 5 países aportaron poco más del 75% de la producción mundial de chile y el 67.7% de la superficie cosechada en 2018. De este grupo de países España mostró mayor rendimiento por unidad de superficie con 6.2 kg m<sup>2</sup>, después de Turquía (2.77 kg m<sup>2</sup>), China (2.36 kg m<sup>2</sup>), México (2.15 kg m<sup>2</sup>) e Indonesia (0.82 kg m<sup>2</sup>). Sin embargo, según datos de la FAOSTAT en 2018 los países con mayor rendimiento a nivel global y que sobrepasan los 20 kg m<sup>2</sup> son: Reino Unido (31.85 kg m<sup>2</sup>), Bélgica (28 kg m<sup>2</sup>) y Países Bajos (27 kg m<sup>2</sup>); lo que se atribuye, en gran forma al desarrollo tecnológico que estos países poseen respecto a la producción bajo invernadero.

## 5.9 Producción nacional de chile

El chile junto con el tomate son las hortalizas de mayor importancia económica en México. El chile aporta el 20.2% en la producción de hortalizas a nivel nacional. Para 2019, el SIAP reporta una producción nacional de 3,238,244.81 toneladas de chile. En los últimos 15 años la superficie destinada al cultivo de chile ha oscilado en un intervalo de 40 mil hectáreas, manteniéndose en un promedio de 147 mil hectáreas anuales del cultivo en el país; sin embargo, la producción ha aumentado en poco más de un millón de toneladas para este mismo periodo. Este incremento está relacionado con el aumento del rendimiento promedio por hectárea, que pasó de 13.86 t ha<sup>-1</sup> en 2005 a 21.65 t ha<sup>-1</sup> en 2019. El incremento en la producción del chile en México está muy ligado con el desarrollo de la industria de la horticultura protegida, pues el uso de estructuras de protección (casas sombra, invernaderos, macrotúneles) aunado a mejores prácticas de manejo agronómico, sanitario, nutricional y de inocuidad han permitido incrementar el rendimiento por unidad de superficie. Para dejar de manifiesto el impacto de la horticultura protegida en la producción de chile podemos observar las diferencias significativas que se tienen en los rendimientos, ya que el SIAP (2019), reporta un rendimiento promedio en agricultura protegida de 12.3 kg m<sup>2</sup> y para campo abierto de 1.8 kg m<sup>2</sup>.

El uso de estructuras de cubierta en el cultivo de chile, no solo ha repercutido en la producción, sino en la calidad e inocuidad de los frutos, que ha permitido incrementar los volúmenes de exportación; lo cual, ha triplicado el valor de la producción del chile en los últimos 15 años. La importancia del chile en México no solo es gastronómica, sino que en términos económicos es generadora de ingresos y de empleos directos e indirectos. Evolución de la superficie y producción del cultivo de chile en los últimos 15 años (SIAP, 2020).

A nivel estatal, Sinaloa en 2019 fue el mayor productor de chile en México llegando a producir el 23.4% de la producción seguido de Chihuahua (21%), Zacatecas (13.9%), San Luis Potosí (9.9%) y Sonora (5.94%). Estos 5 estados concentraron el 74.2% de la producción nacional. Sin embargo, el estado con mayor superficie cosechada de chile para 2019 fue Zacatecas con el 23.7% de la superficie. El rendimiento promedio por entidad federativa varía desde las 3.98 hasta las 53.5 t ha<sup>-1</sup>. Sinaloa también contó con la mayor superficie del cultivo de chile bajo agricultura protegida con 793 hectáreas en 2019, lo cual representa el 39.2% de la superficie nacional de chile bajo cubierta; Guanajuato, Jalisco, Querétaro y Sonora completan el listado de los estados con la mayor superficie del cultivo bajo agricultura protegida. México cuenta con una gran variedad de chiles; los de mayor importancia económica, según el valor de su producción son: pimiento morrón (bell pepper), jalapeño, poblano, serrano, anaheim y chilaca. La producción de pimiento morrón se destina principalmente al mercado de exportación, representando el 86% del volumen exportado de chiles en 2019. También se exportan, aunque en menor medida, chiles picantes, especialmente los chiles anaheim, serrano y jalapeño. La época de mayor producción y exportación del chile en México se da en el ciclo de otoño-invierno, debido al elevado rendimiento, alta calidad del fruto y elevados precios que alcanza éste durante la época invernal; sin embargo, dicha actividad productiva debe llevarse a cabo en invernaderos por las restricciones ambientales que limitan el cultivo a cielo abierto en esa época en gran parte del país.

#### 5.10 Producción en el estado de Puebla

Puebla ocupa el tercer lugar con una superficie sembrada de 1,221 ha y un rendimiento de 3.877 t ha<sup>-1</sup>, después de los estados de Veracruz con 3,945 ha sembradas y un rendimiento de 5.468 t ha<sup>-1</sup>, y Chiapas con una superficie sembrada de 2,823 ha y un rendimiento de 5.275 t ha<sup>-1</sup>. En el estado de Puebla, el municipio de Tlaola ocupa el primer lugar en superficie sembrada de chile serrano con 280 ha y rendimiento de 3.929 t ha<sup>-1</sup>, seguido de Huahuchinago, Chiconcuatla, Tlapacoya y Naupan con una superficie de 253 ha en total (SIAP, 2018). En estos municipios de la sierra norte de Puebla su economía depende principalmente de los cultivos de chile serrano y café. Actividades que llevan a cabo de forma tradicional, realizando la práctica tan cuestionada de la roza, tumba y quema.

#### 5.11 Requerimientos ambientales

Para el cultivo del chile los niveles de humedad y temperatura fluctúan desde los 14° C como mínima, entre 20-25 °C como rango óptimo y temperaturas máximas que alcanzan hasta los 35°C, la humedad relativa oscila entre 40 y 50% como mínima y humedad óptima entre 70-75%, con rangos altos de fotoperiodo, son esenciales para el crecimiento óptimo de *Capsicum annuum* durante las distintas fases de desarrollo, es decir desde crecimiento hasta fructificación (Juárez, 2014).

Cuadro 2. Requerimientos para obtener el desarrollo óptimo en plantas de *Capsicum annuum* (Juárez, 2014).

Fase	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)		
	Mínima	Optima	Máxima	Mínima	Optima	Máxima
Crecimiento	14°	20°-25°	35°	40	70%	
Cuajado	18°-20°	25°	35°	50	75%	
Suelo	13°					
Cero vegetativo	10°		35° si HR<70%			
			40° si HR>70%			
Luminosidad	Poco fotoperiodo	Alto fotoperiodo				

### 5.11.1 Suelo

Para alcanzar el desarrollo óptimo de la planta de chile serrano se necesitan suelos profundos, ricos en materia orgánica, bien aireados y sobre todo bien drenados, con la capacidad de tolerar distintas condiciones de acides hasta un pH de 5.5 (Casseres, 1971). El chile serrano se desarrolla en diversos tipos de suelos, desde suelos arenosos hasta arcillosos, no obstante, los suelos óptimos para el desarrollo de este cultivo son suelos franco a franco arenosos, profundos y con gran capacidad de drenaje, con un pH de 6.3 (Contreras, 1978).

### 5.11.2 Fertilización

La fertilización en cultivo de chile serrano en la región en estudio es una práctica relativamente nueva, tradicionalmente sus cultivos los realizan en zonas no perturbadas de los bosques, lo cual implica que sus suelos son muy ricos en materia orgánica, no obstante, los agricultores incorporan estiércol de animales de corral y en los últimos años también incorporan fertilizantes comerciales como: guano, urea y triple 17 (Rueda *et al.*, 2016). Un programa de fertilización debe ser el resultado

de la correlación de métodos de análisis de suelos y de la calibración de estos con los análisis de plantas, y de las características de cada suelo, del clima, de la cantidad de agua de lluvia en estos casos, y por supuesto de las prácticas agrícolas y épocas de cosecha, y lo más importante para el productor de su ingreso neto económico. En la práctica se debe tener en cuenta que, de los fertilizantes aplicados, la planta utiliza efectivamente: el 60% del nitrógeno, el 30% de fósforo y el 50% de potasio, y en este caso en particular por las características topográficas de la zona de estudio; como la pendiente y la cantidad de lluvia que provocan pérdidas del cultivo.

En la actualidad, las superficies cultivadas son limitadas, como consecuencia del crecimiento de las zonas urbanas y del deterioro del suelo debido a la erosión y la desertización, desde un punto de vista de conservación de nuestro hábitat no se puede destinar más superficie al cultivo en disminución de las áreas forestales. Considerando esta limitación de los recursos naturales y la superficie cultivable, el establecimiento de un monocultivo generalmente requiere de la adición de nutrientes por medio de la práctica de la fertilización, ya sea inorgánica y/o orgánica para proveer en las cantidades, formas y épocas en que las plantas lo requieren para el desarrollo de cada uno de sus estados fenológicos (Cadahía, 2005).

El uso inadecuado de fertilizantes químicos en suelos agrícolas no solo provoca a largo plazo salinización y muerte de microorganismos benéficos, también impacta en los costos de producción sobre todo en casos de sobrefertilización. Una elevada productividad de los suelos no solo depende de una fertilización óptima sino también depende de factores ambientales como la temperatura, la luz, etc., y de otros insumos de producción como semillas, agroquímicos, riegos, maquinaria agrícola, entre otros.

Si bien, el desarrollo de los procesos físicos, químicos y biológicos en el suelo conducen a la acumulación, de sustancias nutritivas necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas, tales como: nitratos, amonio, fósforo, potasio, calcio,

etc., en forma soluble y asimilable, estos elementos nutritivos liberados no son retenidos o absorbidos por las partículas y coloides del suelo, es decir, pueden ser lavados y perderse por lixiviación (Cepeda, 2007).

Los sistemas de producción hidropónica-subirrigación y superficial generan altos rendimientos en los cultivos. En Chile pimiento, ambos sistemas son efectivos para la producción del cultivo. El sistema de subirrigación tiene la ventaja de facilitar el manejo de la solución nutritiva al evitar las obstrucciones en los micro tubos por acumulación de sales. Ambos sistemas dan uniformidad, calidad y peso de los frutos a diferencia de la producción en campo, donde solo se mantienen uniformes en los primeros dos cortes y disminuyen al avanzar la cosecha (Zuñiga-Estrada *et al.*, 2004).

De los elementos nutritivos esenciales para el desarrollo de las plantas, el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) son los más importantes debido a que la mayoría de los cultivos requieren altas cantidades para obtener rendimientos elevados (Bregliani *et al.*, 2006).

La absorción mineral se incrementa al mantener, dentro de los límites de humedad aprovechable, el contenido de agua en el suelo. El agua es requerida por la planta para la producción de glúcidos, mantener la hidratación del protoplasma y como vehículo del traslado de nutrientes absorbidos por la raíz (Navarro y Navarro, 2000). También es necesario mencionar que el agua en el suelo es importante en la solubilidad y transporte nutrimental, debido a que ayuda a la planta a extraer nutrimentos, permite la redistribución de iones por difusión hacia las zonas de agotamiento por absorción radical y acelera el proceso de absorción por flujo de masas, el cual es posible solo con la presencia de agua (Bidwell, 1987). Azofeifa y Moreira. (2004; 2005) señalan en sus investigaciones que la extracción nutrimental en la parte aérea (hojas y tallos) y en frutos (los valores nutrimentales varían de acuerdo a la edad de la planta. Simonne *et al.* (1998) determinaron que la respuesta del Chile y la extracción foliar de los elementos esenciales (N, P, K, calcio, magnesio,

boro, cobre, hierro, molibdeno, manganeso y zinc) resultó ser lineal en relación a la cantidad de agua aplicada y el contenido de nutrientes en la planta se mantuvo dentro de los intervalos recomendados como suficientes para su producción óptima.

Las plantas de chile serrano regadas con diluciones a 75% de la solución nutritiva de Steiner expresan mayor crecimiento y mayor concentración nutrimental de nitrógeno, calcio y magnesio en tejido foliar (Cruz-Crespo *et al.*, 2014). Mata-Vázquez *et al.* (2012), mencionan en sus investigaciones que al utilizar dosis de fertilización inorgánica con las dosis de N 330 - P 102 - K 392 (100%), N 247 - P 76 - K 294 (75%) y N 165 - P 51 - K 196 (50%) aplicadas a través de riego por goteo obtuvieron un rendimiento de más de 60 t ha<sup>-1</sup> con el tratamiento de 247- 76 - 294 y el tratamiento 165-51-196 con un rendimiento de 58 t ha<sup>-1</sup> y 330-102-392 de 50 t ha<sup>-1</sup>.

Asimismo, con la aplicación de biofertilizantes mostraron resultados significativos, y se determinó que el mejor tratamiento fue el testigo sin aplicación de microorganismos con un rendimiento de 66 t/ha. En conclusión, bajo campo abierto y sistema de riego por goteo con fertilización inorgánica (247-76-294) obtuvieron rendimientos superiores a 60 t/ha. Nagaz *et al.* (2012) determinaron que el rendimiento de chile habanero bajo invernadero y con sistema de riego por goteo es de 8.7 y 6.5 kg/m<sup>2</sup>. Asimismo, respecto al diámetro de frutos los resultados obtenidos por Delgado *et al.* (2012); a campo abierto para diámetro de fruto de chile criollo con acolchado plástico color negro con cubierta flotante fue de 15.7 mm de fruto seguido por el de acolchado plástico color plata con cubierta flotante de 14.00 mm, el acolchado color negro 13.6 mm, el acolchado plástico color plata fue de 13.2 mm y el testigo de 13.00 mm, con la fórmula de fertilización 180-200-250. Delgado y Lara, (2001) mencionan que el cultivo de chile jalapeño con acolchado mejora la calidad y firmeza de los frutos, alargando la vida de anaquel, además mejora la producción y desarrollo de la planta.

Satti *et al.* (1996) reportan contenidos similares de sólidos solubles (°Brix) en diferentes variedades de chile jalapeño. También mencionan que la importancia de los °Brix radica en la maduración de los frutos ya que estos aumentan el contenido de almidones, lo que favorece otra alternativa de mercado como la del secado. Por su parte López (2010) menciona que la pérdida de aroma de los frutos en chile jalapeño se debe probablemente a que el fruto ha fermentado. Vázquez *et al.* (2007) y Ramírez *et al.* (2007) reportan que, en las variedades de chile serrano, 'Coloso', '21-20-1' y 'Centauro' presentan un color verde esmeralda, valorado visualmente.

### 5.12 Fisiopatías

La palabra fisiopatía asemeja a una alteración o desorden no deseado originado de manera natural, como resultado de la incidencia de agentes abióticos que regularmente son de naturaleza muy variada como climática, nutricional, fisiológica, factores de estrés y distintas causas que regularmente inducen un efecto directo, en tanto mayoritariamente actúan de manera conjunta e interrelacionada (Maroto 1997a y 1997b). Frecuentemente resulta que en mayor o menor incidencia de las fisiopatías participa tanto la susceptibilidad varietal, así como sus propios requerimientos adaptativos, por tanto, una idónea opción de cultivar y un balance del mismo en el ciclo productivo a algunas condiciones de medio físico, son regularmente los mejores sistemas de prevención de este tipo de desórdenes. Durante el transcurso del tiempo a partir del daño causado particularmente por la fisiopatía puede hallarse sobre los tejidos dañados el desarrollo saprofito posterior de organismos vivos, como hongos o bacterias de la misma forma, hace una descripción de las principales alteraciones fisiológicas como consecuencia de factores abióticos que a continuación se mencionan:

#### 5.12.1 Cracking

También conocido comúnmente como (rajado del fruto), se desarrollan grietas longitudinales en la superficie del fruto. Las alteraciones imprevistas en el rango de crecimiento del fruto hacen que la piel no resista el empuje de la carne, generando hendiduras verticales. La transformación impredecible en los índices de humedad

relativa asimismo beneficia esta deformación. Se produce por aportes irregulares de agua y altos rangos de humedad relativa en frutos maduros cuando se hincha el mesocarpio por un exceso de agua y rompe la epidermis.

#### **5.12.2 Desordenes relacionados con las elevadas temperaturas**

La temperatura excesivamente elevada incide directa o indirectamente causando problemas en la producción hortícola. El efecto más común es el marchitamiento en órganos dañados e incluso síntomas de desecación y quemaduras. Existen hortalizas con mayor o menor susceptibilidad al calor (tanto a nivel de especie como a nivel de cultivar - cv), sin embargo, en cualquier caso, los efectos negativos de las altas temperaturas, van de acuerdo a los valores concretos que se logran de su duración y de la fase de ciclo en la cual se produzcan, temperaturas superiores a los 40 °C es muy común que se presenten daños en diversas hortalizas.

A temperaturas excesivamente altas pueden facilitar la concentración de sustancias tóxicas intermedias en el metabolismo vegetal que puede cambiar el manejo usual del mismo.

Para resistir los efectos perjudiciales de altas temperaturas recomienda escoger el cultivar idóneo para una determinada época, conducir idóneamente el riego diferenciado en ciertos momentos, la aspersión usada en temporadas calurosas en producción al aire libre, puede evitar los efectos perjudiciales de las altas temperaturas.

#### **5.12.3 Planchado**

Presencia de manchas por desecación en frutos, por efecto de la exposición directa a fuertes insolaciones.

#### **5.12.4 Deformación de frutos**

Las temperaturas muy bajas generan la formación de frutos de menor tamaño, que pueden manifestar deformaciones o disminuyendo la factibilidad del polen y facilitando el desarrollo de frutos partenocarpicos.

### 5.13 Época de siembra

La temporada de siembra del chile serrano a campo abierto depende de diversos factores ambientales, en la zona de estudio el cultivo es de temporal, existe alto riesgo de daño por helada tardía o por sequía. Se siembra de acuerdo a la temporada en que se desea cosechar el producto. Para ello se recomiendan tres temporadas de siembra para el cultivo de chile serrano; siembra temprana, la cual se realiza el mes de febrero, la siembra intermedia se considera en los primeros 15 días de marzo, la siembra tardía se realiza en los últimos 15 días de marzo hasta los primeros días del mes de mayo (Rueda *et al.*, 2016).

El Instituto nacional de investigaciones forestales agrícolas y pecuarias (INIFAP) realizó un trabajo de tecnología de producción para el cultivo de chile serrano con Fertiirrigación en la zona media de San Luis Potosí, donde los mejores rendimientos se obtienen con una población de 37, 000 plantas por hectárea; esto se logra con una distancia de 30 cm entre plantas y una separación entre surcos de 90 cm. (Martínez, 2005).

### 5.14 Siembra directa

La siembra directa del cultivo de chile serrano se lleva a cabo nivelando ligeramente con un tablón para homogenizar la superficie del suelo, el cual debe estar perfectamente barbechado para triturar los terrones, con la humedad óptima, la siembra se hace a “chorrillo”, esparciendo la semilla de dos a tres cm de profundidad. Se necesita de dos a tres kilogramos de semilla por hectárea (Mata *et al.*, 2010).

### 5.15 trasplante de plántulas

El trasplante se lleva a cabo cuando las plántulas alcanzan una altura de 15 a 20 cm. Esto ocurre aproximadamente a los 35 días después de la siembra, cuando las plantas obtienen el tamaño óptimo para ser trasplantadas. El trasplante se realiza colocando de tres a cuatro plantas por metro en dos hileras ubicadas a ambos lados

de la cintilla y a unos 25 a 30 cm una de otra. Los mejores rendimientos se obtienen con una población de 36 a 43 mil plantas por hectárea (Mata *et al.*, 2010).

#### 5.16 Principales plagas del cultivo de chile serrano

##### **5.16.1 Minador de la hoja (*Liriomyza sp*)**

En estado adulto son diminutas mosquitas que presentan color negro y amarillo midiendo de 2 a 3 mm, el huevecillo eclosiona en un lapso de 2 a 4 días de haber sido puesto sobre la lámina de la hoja. En estado larvario tarda de 7 a 10 días logrando un tamaño de 1 a 2 mm de longitud al concluir su desarrollo, la pupa dura de 8 a 15 días en eclosionar y generalmente permanece en el suelo, pudiendo estar en la hoja o en la superficie. Esta plaga se encuentra en México, centro américa y regiones del caribe, siendo sus principales hospederos los cultivos de: chile, calabacita, chícharo, col, melón, papa, sandia, tomate y distintas plantas ornamentales. Los daños son muy visibles ya que la larva mina la hoja en forma helicoidal.

##### **5.16.2 Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*)**

Existen 1,200 especies, mismas que comprenden 120 géneros a nivel mundial. En México se reconocen como especies de valor económico a: *Bemisia tabaci*, *Trialeurodes Vaporariorum* y recientemente a *Bemisia argentifolii*, las cuales se presentan en territorio nacional dañando cultivos como: jitomate, chile, sandia, algodón, frijol, col, melón y algunos cítricos. El daño causado por estos insectos tiene elación con la transmisión de enfermedades causadas por virus, provocando pérdidas importantes en la calidad y producción de las cosechas (Castaños, 1993). Estos insectos son chupadores de sabia, se localizan en el envés de las hojas de las plantas. En estado adulto poseen alas de color blanco y miden en promedio 0.433 mm de largo por 0.270 mm de ancho. Su ciclo de vida comprende de huevecillos, ninfa y adulto. Las hembras ponen los huevecillos en el envés de las hojas que se encuentran en posición vertical, pueden copular varias veces y su longevidad es de 8 semanas para machos y 11 para hembras. Presentan de 11 a 12 generaciones al año y en cautiverio la hembra puede depositar hasta 300 huevecillos en toda su vida.

### **5.16.3 Gusano soldado (*Spodoptera exigua*)**

Lepidóptero que pertenece a la familia de los noctuidae. No obstante, existen otras especies de la misma familia, que atacan al cultivo de chile, dentro de las principales encontramos a: *Spodoptera littoralis*, *Plusia chalcites* y *Plusia gamma*. Siendo el clima, ubicación geográfica, modalidad y ciclo de cultivo, los factores determinantes de especies que pueden presentarse en el cultivo de chile. En estado adulto son palomillas de color café grisáceo en las alas anteriores y en alas posteriores de tonalidad blanca translúcida, actualmente es una de las plagas principales en cultivo de chile bajo invernadero, originando daños en estados larvarios, defoliando hojas e incluso llegando a penetrar en frutos. El ciclo de vida dura un mes aproximadamente y presenta de tres a cinco generaciones al año.

### **5.16.4 Ácaros o araña roja (*Poliphagotarsonemus latus*)**

Producen daños en el cultivo de chile, corresponden a la familia *Tetranychidae* y *Tarsonemidae*, la especie *Tetranychus urticae* causa el mayor daño al cultivo del chile, es una especie cosmopolita, conocida con los nombres de araña roja, arañita de dos manchas y también como araña amarilla. Es polífaga y se desarrolla sobre más de 150 especies cultivadas, en estado adulto suele tener coloración variable, dependiendo de la edad, tipo de alimentación y clima. El ciclo biológico comprende 5 etapas de desarrollo: huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto, la reproducción es asexual, de igual manera puede darse por partenogénesis de telitoquia (los huevos no fecundados dan lugar a hembras) la hembra puede poner más de 100 huevos entre los 22 a 28 días durante su vida, el cambio de huevo a adulto se da entre 10 a 15 días a 25 °C Y 80 % de humedad relativa siendo estas las condiciones óptimas para su desarrollo, regularmente colonizan en hojas jóvenes, aunque cuando causan daños severos se encuentran distribuidas en toda la planta, un factor que disemina la plaga es el viento al igual que el contacto entre plantas, las afectaciones son causadas por las picaduras ya que absorben los jugos celulares de la planta dañando el tejido, mismo que adquiere coloración amarilla y con el transcurso del tiempo se torna marrón. El control preventivo consiste en eliminar restos vegetales de cosechas anteriores, así mismo las malas hierbas del terreno de cultivo.

## 5.17 Enfermedades de la planta de chile serrano

### **5.17.1 *Damping off* o secadera de plántulas**

Se considera un problema grave en plántulas a partir de la preemergencia hasta un mes de edad. Se pueden marchitar las plantas inmediatamente causando drástica reducción de la población. Lo cual compromete a realizar labores de resiembra y afecta la programación de trasplante. La enfermedad suele ser causada por un grupo de hongos que incluyen a *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora* y *Fusarium*. Estos hongos sobreviven durante largo periodo en el suelo, pueden resistir en residuos de plantas enfermas o en raíces de malezas. El *Damping off* tiende a ser más grave bajo condiciones de alta humedad del suelo, compactación, ventilación deficiente y ambiente húmedo, fresco y nublado.

La semilla puede llegar a necrosar antes de la emergencia aparentando fallas de germinación. Después de la emergencia, las plántulas muestran daños en la base del tallo que lo rodean y las plantas se marchitan. En caso del *Pythium*, las lesiones son oscuras y acuosas que dan inicio en las raíces y avanzan a través del tallo hasta arriba del nivel del sustrato; en el caso de *Rhizoctonia*, los daños son de café rojizo a oscuros, afectado las raíces y el cuello de las plántulas. Se recomienda desinfectar el sustrato de las charolas germinadoras, al igual que el uso de semilla sana o desinfectada. Para la desinfección de plantas se recomienda separar y quemar las plantas enfermas, así como eliminar todos los residuos antes del trasplante, se recomienda sumergir la raíz en una solución fúngica antes de sembrar (Sánchez, 2001).

### **5.17.2 Tizón tardío *Phytophthora infestans***

Se considera la enfermedad más dañina del tomate y papa. El patógeno que la produce tiene capacidad de diseminarse y reproducirse rápida y abundantemente. Es la tradicional enfermedad parasita, cuyos daños pueden llegar a niveles catastróficos. El patógeno causante de esta enfermedad es *Phytophthora infestans*. Las esporas de este hongo, suelen ser dispersas a grandes distancias por el viento. El ambiente húmedo y fresco, días nublados y lluviosos, favorecen el desarrollo de esta enfermedad. La cual afecta rápidamente todos los tejidos aéreos de la planta.

En las hojas se presentan manchas irregulares de diferentes tamaños. Los daños son primero de color verde oscuro con márgenes pálidos, los cuales, al haber humedad abundante muestran filamentos de color blanquecino; después, los daños se tornan de color café y abarcan toda la lámina foliar. Esto provoca que pierda rigidez y que su peciolo se doble hacia abajo; también los tallos y ramas pueden ser afectados de igual manera, y los frutos lesionados presentan grandes manchas de color café rojizo que en ocasiones las cubren totalmente. Para controlar de una manera segura el tizón tardío, es a través del diseño de un buen programa de aspersión de fungicidas basado en un sistema efectivo de pronóstico de la enfermedad.

### **5.17.3 Tizón temprano (*Alternaria solani*)**

Esta enfermedad se considera de suma importancia para el cultivo de chile verde ya que tiene la capacidad de infestar cualquier órgano de la planta, desde la base del tallo, peciolos, hojas, flor y fruto. El agente causal del tizón temprano del chile es el hongo *Alternaria solani*. El patógeno inverna en tejidos de cosecha que permanecen en el suelo, las conidias germinan a temperaturas entre 24 a 29 °C y ambiente húmedo o lluvioso; estos se diseminan fácilmente a través del aire y lluvia. La sintomatología se manifiesta en las hojas más viejas, y se trata de pequeñas lesiones irregulares color café oscuro, en su interior se forman anillos concéntricos debido a la resistencia que presenta la planta para inhibir el avance de la infección.

Los daños pueden crecer hasta alcanzar 1.5 cm de diámetro o más. Comúnmente las lesiones se tiñen de color amarillo debido a la producción de toxinas; y cuando los daños son mayores, se pueden unir, destruyendo el tejido foliar, dañando la producción y calidad de frutos.

La enfermedad puede causar daños en flores, las lesiones en tallos y frutos regularmente exponen el patrón de anillos concéntricos; así mismo cuando envejecen generan un polvo negro que se refiere a fructificaciones del hongo. El control preventivo más adecuado se basa en la aplicación idónea de fungicida.

#### **5.17.4 Marchitez o secadera tardía (*Phytophthora capsici*)**

El Oomiceto *Phytophthora capsici* es agente generador de la enfermedad más conocida del Chile. Genera esporangios de forma elipsoidal en su interior se diferencian varias esporas biflageladas o Zoosporas. Dicha enfermedad puede provocar lesiones en cualquier parte de la planta y en cualquier etapa de desarrollo. La pudrición del cuello y la marchitez repentina, son los síntomas más característicos. En el cuello de la planta enferma afecta primero los tejidos corticales y posteriormente a los vasculares. Infecciones en la planta se generan posiblemente por salpicaduras de gotas de agua portadoras de las zoosporas que pueden germinar sobre tallos, hojas y frutos, a través de la inserción peduncular o de lesiones. Los ataques aéreos de igual manera suelen ser provocados por corrientes de aire necesariamente húmedo, para garantizar la prevalencia de las zoosporas.

*Phytophthora capsici* sobrevive en el suelo a través de clamidosporas (esporas de conservación que originan las infecciones primarias) o sobre restos vegetales. Se recomienda altos porcentajes de humedad en las proximidades del cuello de la planta, mediante la utilización de parcelas bien drenadas y niveladas, de igual manera es posible utilizar cultivares resistentes (Nuez *et al.*, 1996).

#### **5.18 Cosecha del Chile serrano**

La cosecha se realiza cuando el fruto madura y alcanza su tamaño característico y cambian de color verde opaco a verde brillante, esto sucede entre los 90 a 100 días después del trasplante. Se clasifican los frutos en rangos de primera, segunda y tercera calidad. Los siguientes dos, tres o cuatro cortes se hacen a un intervalo de 18 a 25 días aproximadamente (Mata *et al.*, 2010).

## VI. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS EXPERIMENTOS

### 6.1 Diagnóstico agrícola en la zona de estudio

#### 6.1.1 Materiales y métodos

Previo al establecimiento de los diferentes ensayos de chile serrano se realizó un estudio por medio de la aplicación aleatoria de un sondeo a los productores de chile serrano en las comunidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla (ver apéndice). La encuesta fue abierta basada en las principales prácticas agrícolas que llevan a cabo en sus parcelas; forma en que trabajan sus terrenos, prácticas culturales, insumos agrícolas, número de jornales, créditos y costos de producción. La encuesta se realizó por muestreo subjetivo, es decir, no probabilístico, realizada a 30 productores de cada comunidad. El objetivo fue conocer los problemas que enfrentan los productores de chile serrano en sus parcelas y al mismo tiempo proponer alternativas para resolver dicha problemática.

#### 6.1.2 Resultados de la encuesta

En las figuras 1 a la 16 se muestran los resultados de la encuesta sobre las principales prácticas culturales e insumos con que se llevan a cabo el cultivo de chile serrano por los productores, desde la práctica muy cuestionada de roza, tumba y quema hasta su cosecha. Asimismo, se presenta la forma en la que se trabaja la tierra para esta hortaliza y superficie de cultivo en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla. La principal forma de trabajar la tierra para el cultivo, es propia con el 54%, terreno en renta por un valor de \$700.00 por 5,000 m<sup>2</sup> que representan el 31% del total, prestada, cuando no se recibe ningún valor económico, ni pago en especie, que representa el 7% y cuando es al tercio se dividen los gastos de producción y la cosecha; 2 partes productor y 1 parte el dueño del terreno, lo que equivale al 8% (Figuras 1 y 2). En las localidades de Tlaola y Tlaltepango la práctica de roza (eliminar las malezas y plantas herbáceas) la realizan entre los meses de julio y agosto; debido a la orientación de los terrenos de cultivo, ya que en estos meses existe mayor luminosidad en los terrenos de cultivo y por lo tanto, favorece el mejor desarrollo y crecimiento del cultivo de chile serrano, por el contrario, en la comunidad de Chicahuaxtla esta práctica la llevan a cabo en los meses de

noviembre y diciembre, debido a que sus parcelas reciben mayor radiación solar en beneficio de sus cultivos. La práctica de tumba (eliminar árboles y arbustos) en las tres comunidades la realizan inmediatamente después de la práctica anterior (Figuras 3 y 4). Posteriormente se realiza la práctica de quema con la finalidad de eliminar restos vegetales como ramas, troncos, etc. que quedan después de las dos prácticas anteriores. Esta práctica se realiza en los meses de diciembre, enero, julio y agosto; para dar paso a la siembra conocida por los productores como “siembra adelantada” y los que queman en el mes de septiembre, octubre y noviembre se le conoce como “siembra atrasada” (Figura 5). La finalidad es aprovechar la mayor luminosidad que incide sobre sus terrenos para tener una mayor capacidad de producción. Para las prácticas de roza, tumba y quema en la comunidad de Tlaltepango se realiza con 10 jornales en un área aproximada de 2, 500 m<sup>2</sup>, por el contrario, en Tlaola y Chicahuaxtla utilizan 7 jornales para la misma actividad. Las prácticas culturales del barbecho y surcado se realizan en la comunidad de Tlaola cercano al mes de diciembre, en la comunidad de Tlaltepango en el mes de noviembre y Chicahuaxtla en el mes de octubre; como ya se ha comentado anteriormente, debido a la orientación del terreno con respecto al sol (Figura 6 y 7). Para estas prácticas culturales en promedio se utilizan 10 jornales para la práctica del barbecho en Tlaola y Tlaltepango, y Chicahuaxtla con 7 jornales. El mismo número de jornales se utilizan para la práctica del surcado en 2, 500 m<sup>2</sup>. El trasplante (Figura 8) se realiza entre los meses de septiembre, octubre y noviembre para los “cultivos adelantados” y en los meses de diciembre, enero y febrero para los “cultivos atrasados”, esto debido a que la orientación del terreno recibe mayor incidencia solar que favorece el crecimiento y desarrollo del cultivo, determinando zonas de sombra con mayor humedad y zonas cálidas donde se aprovecha por más tiempo la radiación solar. La distancia de siembra entre plantas fluctúa entre 45 y 50 cm y entre surcos de 50 cm, que equivale a una densidad de población de 4 plantas·m<sup>2</sup> (cabe mencionar que la densidad de población o la distancia entre plantas y entre surcos depende de la pendiente de los terrenos). Para la práctica del trasplante se ocupan 26 jornales en 10, 000 m<sup>2</sup>. El mes del último corte de frutos (Figura 9 y 10) se lleva a cabo para las parcelas consideradas como “adelantadas”

en los meses de abril y mayo y para las parcelas que se consideran “atrasadas” el ultimo corte se realiza entre los meses de junio y julio. Considerando que el ciclo de cultivo desde trasplante hasta el primer corte es de 120 días y en función del manejo de cultivo y condiciones climáticas el corte de frutos puede durar aproximadamente 45 días independientemente si son cultivos “adelantados” o “atrasados”, la importancia radica en el mayor precio que alcanza el chile serrano en el mercado para los “adelantados” en comparación a los cultivos “atrasados”. ya que debido a las condiciones de los predios la mayoría de los productores siembran atrasado y también a que en esos meses aún no hay cosecha de chile serrano en los estados de Hidalgo y Veracruz, regiones donde también se les considera originaria esta hortaliza. El periodo entre cortes de frutos es de 8 a 13 días en las 3 localidades de estudio. El rendimiento se estima en 1,640.63 kg para Tlaola, de 1,842 kg para Tlaltepango y el que presenta menor producción es la comunidad de Chichahuaxtla con 1,000 kg, en una superficie de 7,000 m<sup>2</sup>. Finalmente, el costo por cada corte fluctúa entre los \$95.00 y \$100.00 por jornal según la comunidad. En relación a la forma de siembra del chile serrano en la región en estudio se realiza en forma indirecta, es decir, es de trasplante. Para ello, los productores establecen sus propios almácigos a campo abierto, que representa el 81% de los productores encuestados, y solo el 19% compra la plántula para sus cultivos (Figura 11). Por otro lado, el 65% de los productores establecen sus almácigos exclusivamente para comercializar la planta y el 35% establece sus almácigos para su propio cultivo (Figura 12).

El 19% de los productores encuestados usan herbicida y lo aplican después de realizar el surcado y antes de realizar el trasplante, con la finalidad de prolongar la primera labor de limpieza del cultivo y el 81% de los productores no usa herbicida (Figura 13).

La fertilización del chile serrano (Figura 14) se realiza con fertilizante químico (urea, guano y triple 17) y estiércol (gallinaza). El 54% de los productores combina fertilizante químico con gallinaza, solo con fertilizante químico el 15% de los

productores, y con estiércol el 11% de los productores. Algunos productores también aplican composta (estiércol de equino y bovino con residuos de plantas, frutas y verduras) que representan el 8%, por último, con el 4% de productores encuestados aplican fertilizante orgánico a base de residuos de frutas y verduras. En resumen, el fertilizante más común que se utiliza en la zona de estudio es el guano y fluctúa entre 5 y 8 sacos por superficie de 5,000 m<sup>2</sup>.

También es de resaltar que en las 3 comunidades llevan a cabo la técnica del policultivo, es decir el cultivo de chile serrano se asocia con cultivos como maíz, frijol, cacahuate y café, aunque la práctica más utilizada es la rotación de cultivos con las mismas especies antes mencionadas (Figura 15).

Finalmente, los financiamientos gubernamentales que se llegan a otorgar en estas comunidades son por el programa de PROCAMPO Productivo (SAGARPA), sin embargo, cabe resaltar que el porcentaje de beneficiarios no es significativo (Figura16).

### **6.1.3 Conclusión**

Con base en el análisis de las encuestas que se realizaron a los productores de chile serrano en la zona de estudio previo al establecimiento de los experimentos se concluye lo siguiente:

El resultado de las encuestas arrojó que el 54% de los productores siembran su propio terreno, con superficies entre 5,000 m<sup>2</sup> y 10,000 m<sup>2</sup> o más, la mayoría son agricultores que económicamente viven bien y también se les conoce como grandes productores, el 31% de los productores que no cuenta con terreno propio para sembrar, rentan la tierra en \$700 por 5,000 m<sup>2</sup> conocidos como medianos productores, aquellos productores que no cuentan con el recurso económico para rentar el terreno, piden prestado y en su mayoría es a familiares, sin recibir ningún tipo de beneficio a cambio, estos productores representan el 7%, y por último el 8% de los productores que económicamente su situación es más baja y no les permite

rentar un predio y mucho menos invertir en los gastos de producción, siembran al tercio, es decir, se dividen los gastos de producción y la cosecha, una parte al dueño del terreno y dos partes el productor, estos dos últimos se les considera como pequeños productores.

Referente a las prácticas agrícolas que realizan de manera tradicional mejor conocidas como roza, tumba y quema, así como el barbecho y surcado; se registró que algunos productores las realizan en los meses de julio y agosto como es el caso de las comunidades de Tlaola y Tlaltepango, en Chichahuaxtla las realizan en noviembre y diciembre, cabe mencionar que estas 3 prácticas tradicionales se realizan inmediatamente una después de otra; el motivo por el cual los productores varían la fecha de estas prácticas depende de la orientación del terreno respecto al sol, ya que este factor determina si el cultivo será “adelantado” o “atrasado”. El número de jornales que se emplean para realizar estas labores en la comunidad de Tlaltepango es de 10 jornales en 2,500 m<sup>2</sup> y en Tlaola y Chichahuaxtla solo se utilizan 7 jornales para la misma área de cultivo, esta variación en el número de jornales se atribuye a que los agricultores de Tlaola y Chichahuaxtla trabajan en un horario de 7 am a 5 pm y los de Tlaltepango de 8 am a 4 pm. En relación al trasplante se observó que es el mismo factor antes mencionado el que determina el mes para realizar esta práctica, debido a que los productores que trasplantan en septiembre, octubre y noviembre establecen sus cultivos “adelantados” y los que lo hacen en diciembre, enero y febrero el trasplante es “atrasado”; para dicha labor la distancia entre plantas es de 45 a 50 cm y entre surcos de 50 cm dejando una densidad de población de 4 plantas·m<sup>2</sup>, la densidad de población varía según la pendiente del terreno, a mayor pendiente del terreno mayor distancia entre plantas, para facilitar las labores de cultivo. Para esta práctica se utilizan 26 jornales en 10,000 m<sup>2</sup> en las 3 zonas de estudio. También, es importante mencionar que la principal forma de siembra del cultivo de chile serrano es de trasplante, con el 81% de los productores que establecen sus propios almácigos y el otro 19% compra la planta para establecer sus cultivos. La última fecha de corte de frutos de chile serrano, se realiza en los meses de abril y mayo cuando el cultivo se siembra “adelantado” y en los

meses de junio y julio cuando el cultivo se siembra “atrasado”, considerando que el ciclo de cultivo desde trasplante al primer corte es de 120 días, la cosecha puede durar hasta 45 días en intervalos de 8 a 13 días entre cada corte, independientemente de que el cultivo sea “adelantado” o “atrasado”. El rendimiento de chile serrano de los productores de Tlaltepango es de 1,842 kg seguido de Tlaola con 1,640 kg y con menor producción la comunidad de Chicahuaxtla con 1,000 kg. El costo de cosecha por jornal oscila entre \$100 y \$120 en las 3 zonas de estudio. El cultivo de chile serrano según época del año está limitado por la orientación del terreno con respecto a la salida del sol, es decir, los cultivos “adelantados” reciben mayor luminosidad en los meses de octubre y noviembre, a diferencia de los cultivos “atrasados” que reciben mayor luminosidad durante los meses de enero y febrero, que a su vez, en estos meses alcanza mejor precio el chile serrano de los cultivos adelantados, como consecuencia de la escasez de producto en la región y en los estados de Hidalgo y Veracruz, principales competidores de esta hortaliza. Sin embargo, en ambos estados se cultivan híbridos de chile serrano en comparación a los materiales autóctonos que se cultivan en la zona de estudio.

El control de malezas en el cultivo de chile serrano en la zona de estudio, sólo el 19% de los productores utiliza herbicidas y el 81% el control de malezas la realiza de forma manual.

En relación a la fertilización de chile serrano, el 54% de los productores combina fertilizante inorgánico con gallinaza, el 15% solo aplica fertilizante químico; en su gran mayoría estos dos primeros corresponden a los grandes y medianos productores, el 11% aplica solo estiércol de ganado para disminuir sus costos de producción, el 8% de productores aplica composta y un 4% incorpora fertilizante orgánico, los productores que no incorporan fertilizante químico se les considera como pequeños productores que coincide con los últimos tres porcentajes. El fertilizante químico más usado en la región de estudio es el guano (16-12-2), a razón de 5 y 8 bultos de 50 kg en 5,000 m<sup>2</sup>.

En la zona de estudio se encontró que el 100% de los productores realizan la práctica del policultivo, es decir, a partir del tercer corte de chile serrano se intercalan cultivos de maíz y cacahuete o bien, maíz, frijol y calabaza.

Por último, se observó que los productores carecen en su mayoría de apoyos gubernamentales, principalmente de proyectos productivos, capacitación y asistencia técnica, ya que solo una minoría son beneficiados por algún programa de SAGARPA como PROCAMPO productivo, y que generalmente son los grandes productores que cuentan con terrenos propios, dejando en el abandono a medianos y pequeños productores que no tienen forma de comprobar la propiedad del predio donde cultivan.

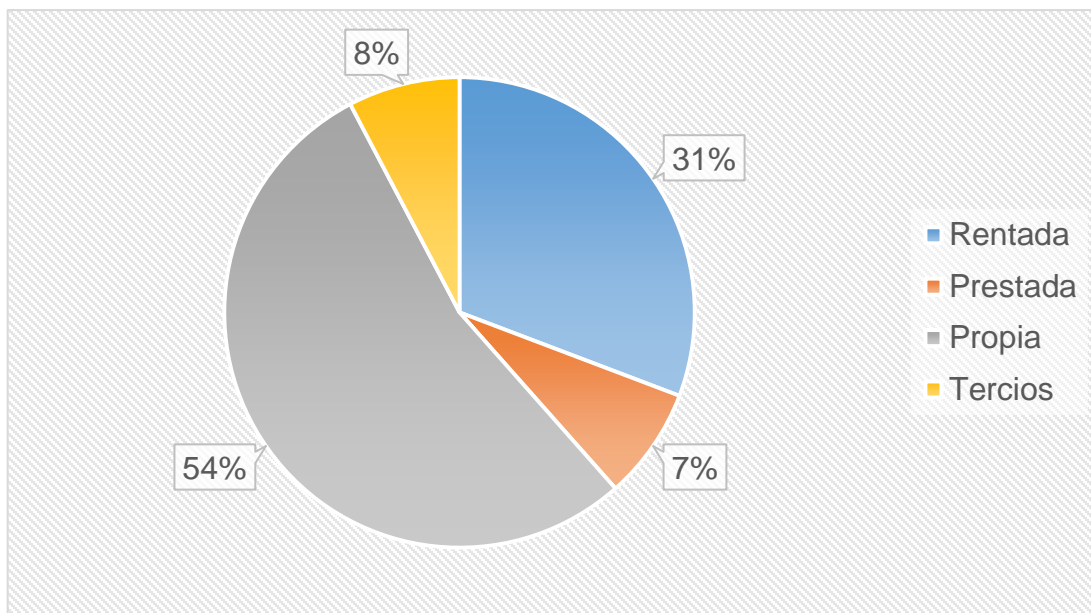


Figura 1. Forma en la que se trabaja la tierra para el cultivo de chile serrano en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chichahuaxtla.

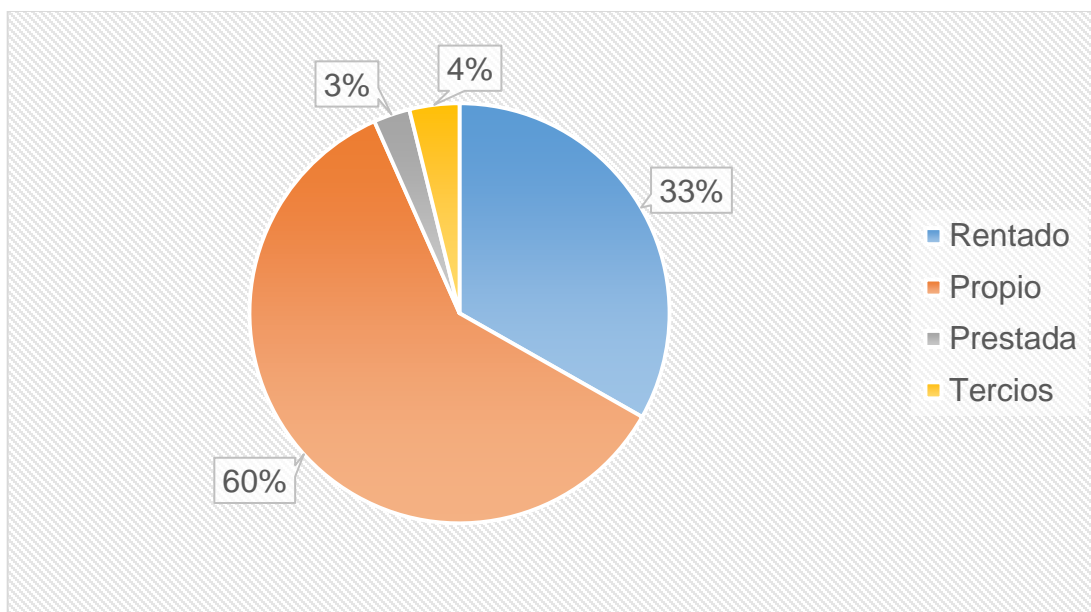


Figura 2. Superficie sembrada de chile serrano en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chichahuaxtla.

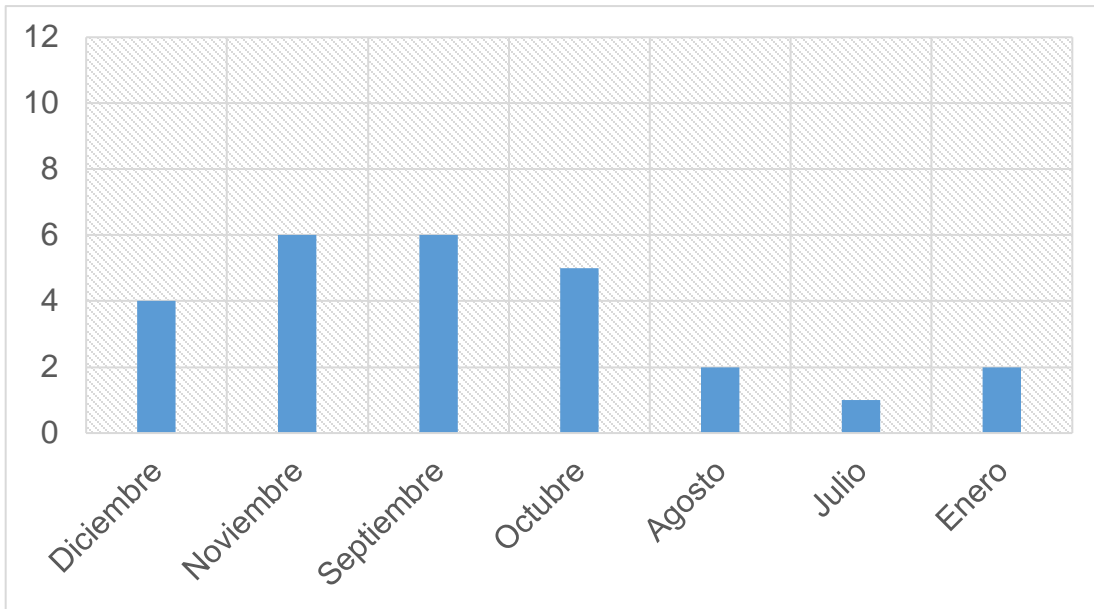


Figura 3. Meses de preparación del terreno, practica tradicional de roza en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chichahuaxtla.

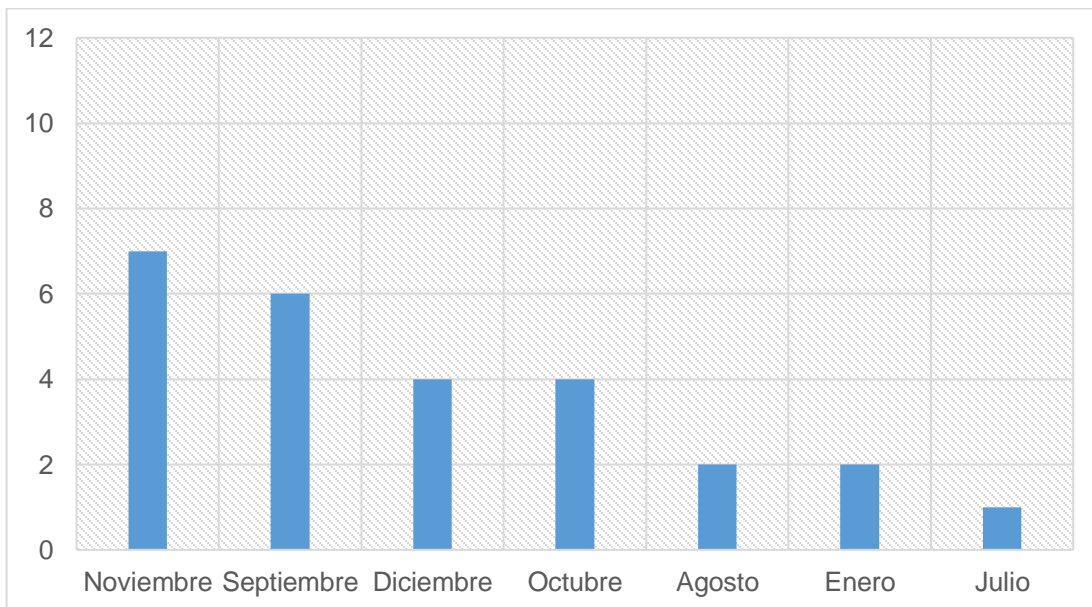


Figura 4. Meses de preparación del terreno, practica tradicional de tumba en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chichahuaxtla.

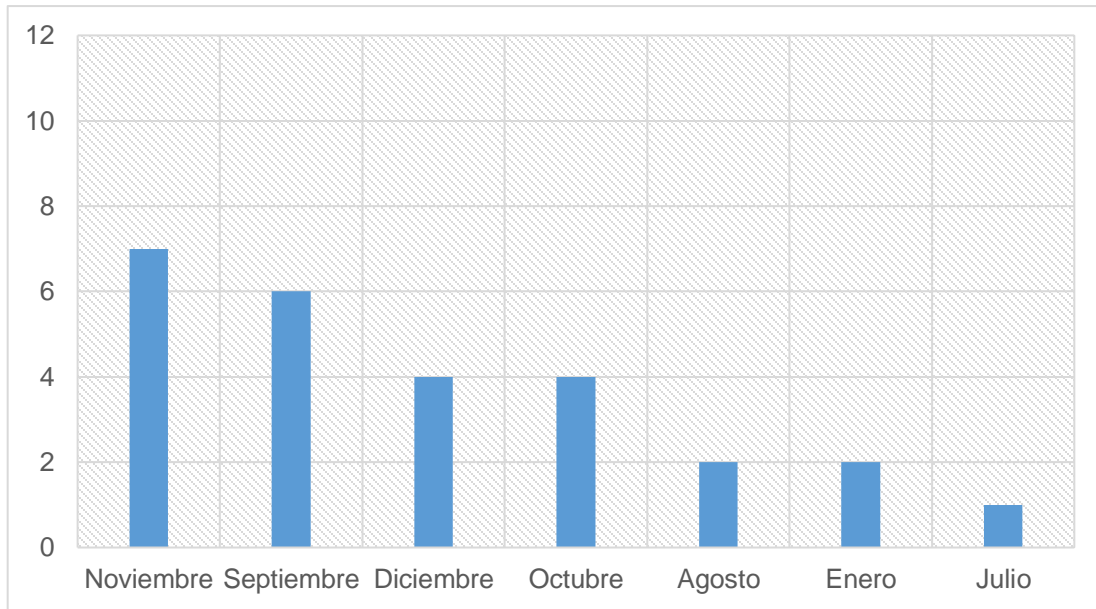


Figura 5. Meses de preparación del terreno, practica tradicional de quema en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chichahuaxtla.

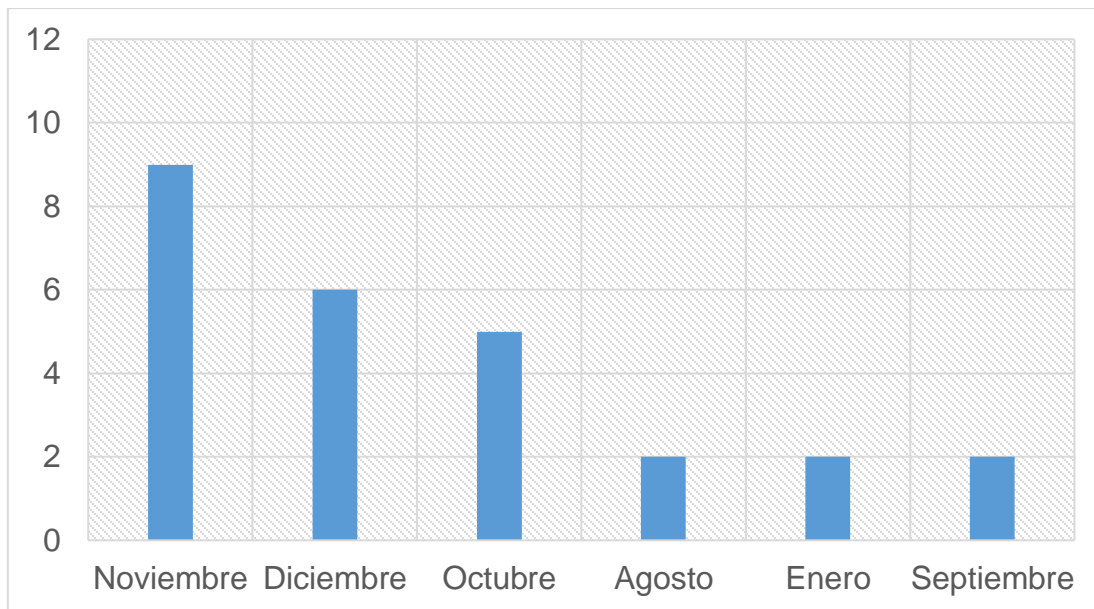


Figura 6. Meses de preparación del terreno, practica tradicional de barbecho en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chichahuaxtla.

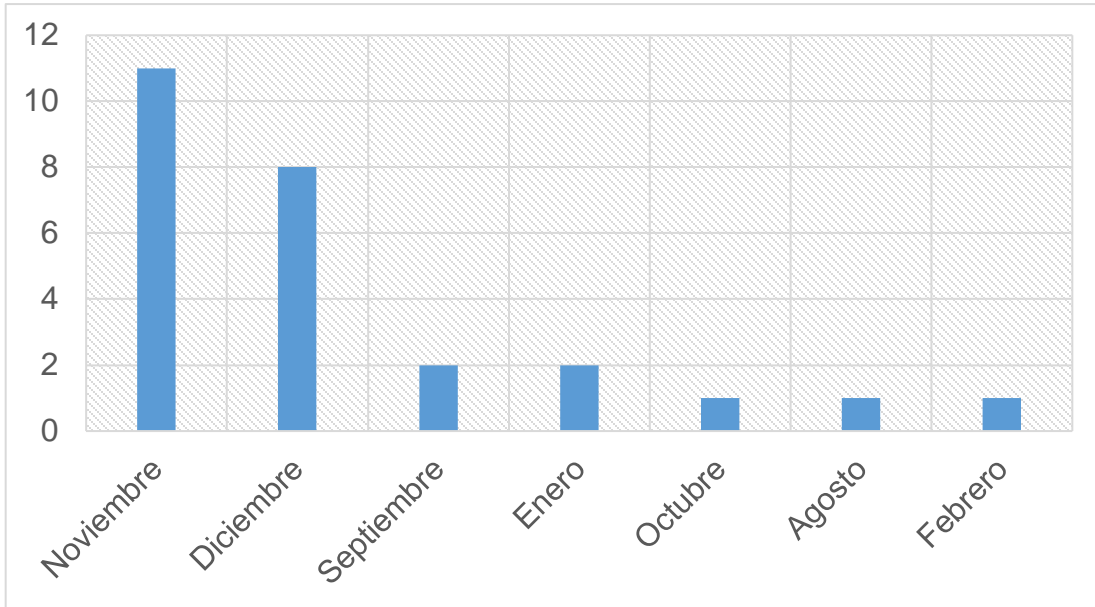


Figura 7. Meses de preparación del terreno practica tradicional de surcado en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chichahuaxtla.

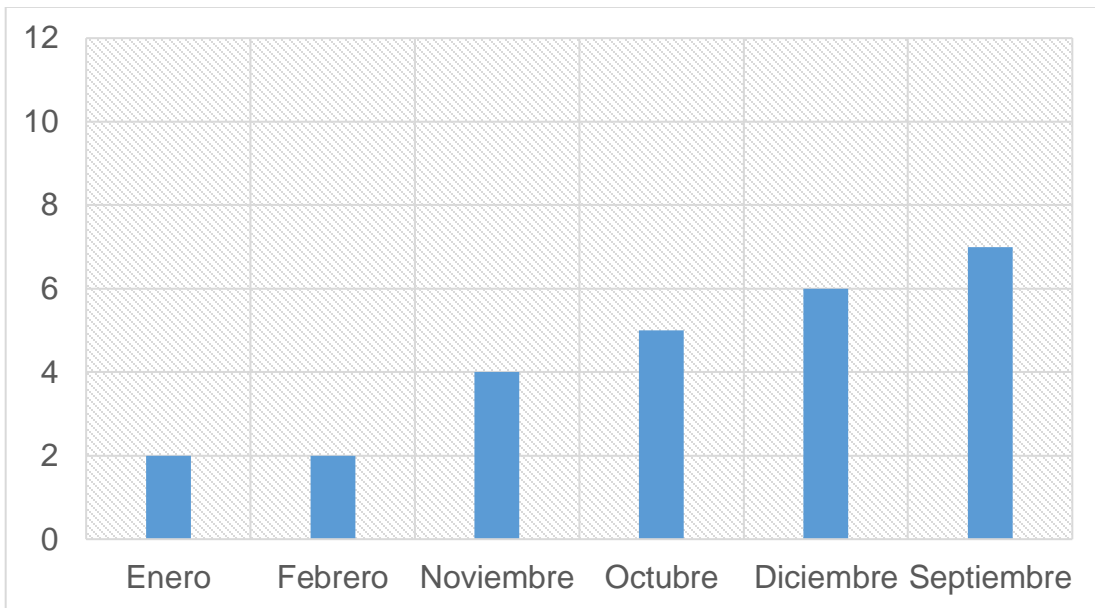


Figura 8. Meses de preparación del terreno, practica tradicional de trasplante en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chichahuaxtla.

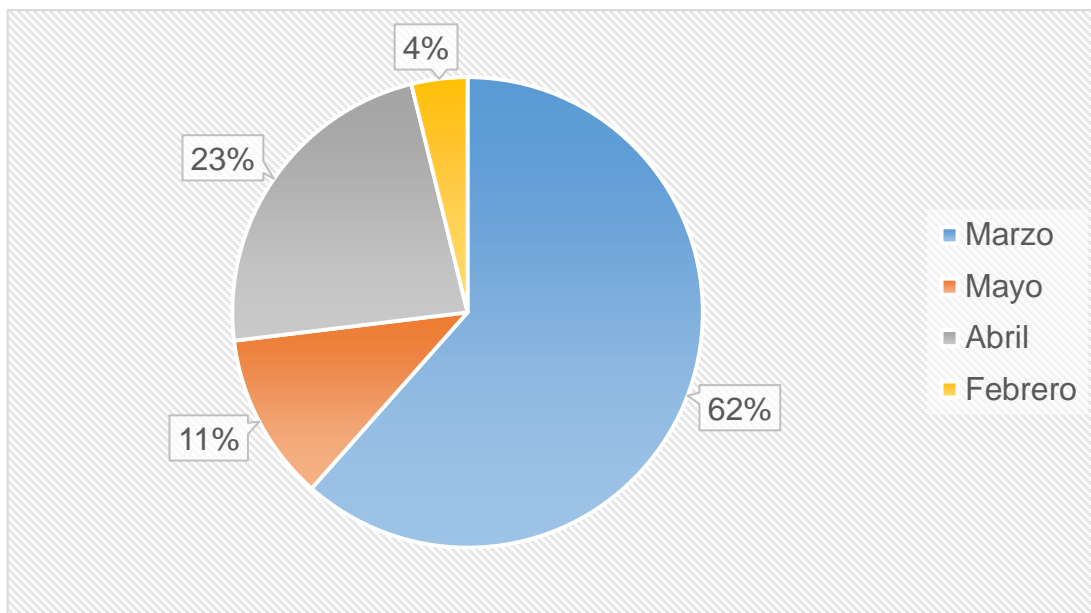


Figura 9. Fecha de mes de primer corte en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.

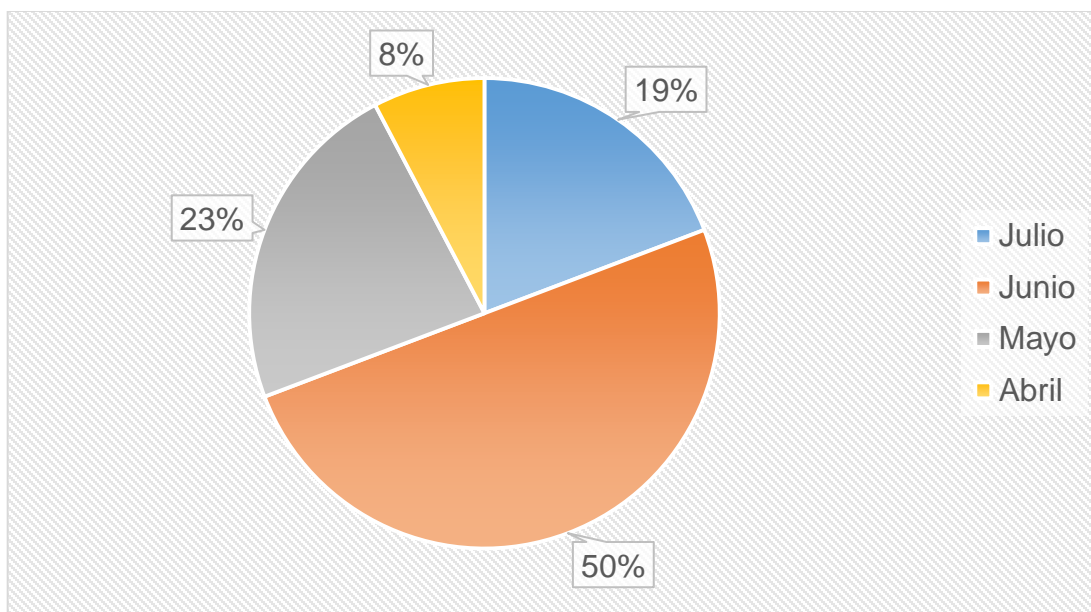


Figura 10. Fecha de mes de último corte en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.

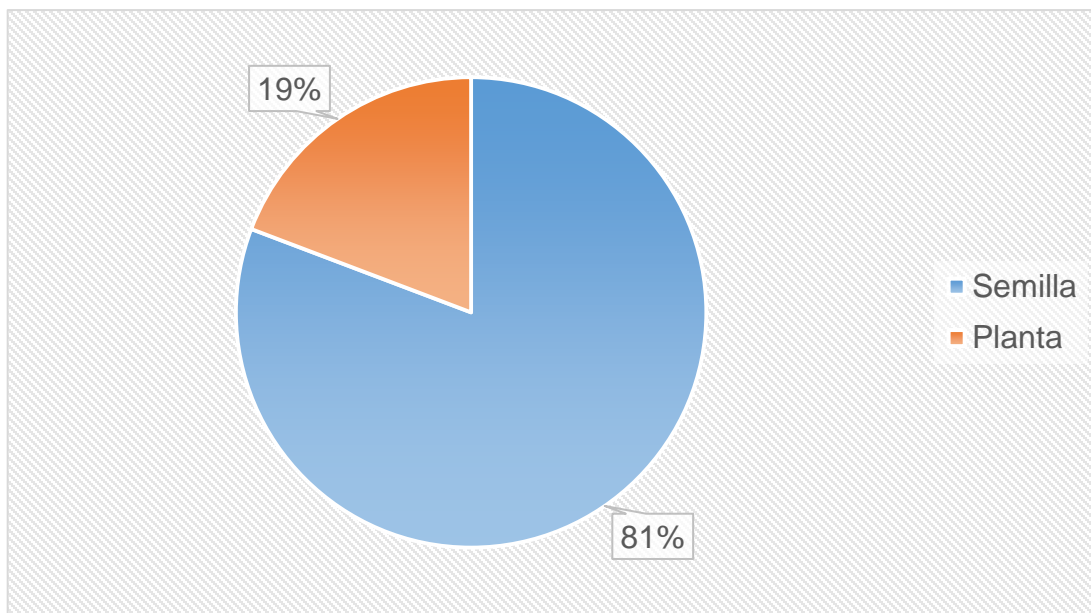


Figura 11. Obtención de la planta de chile serrano en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.

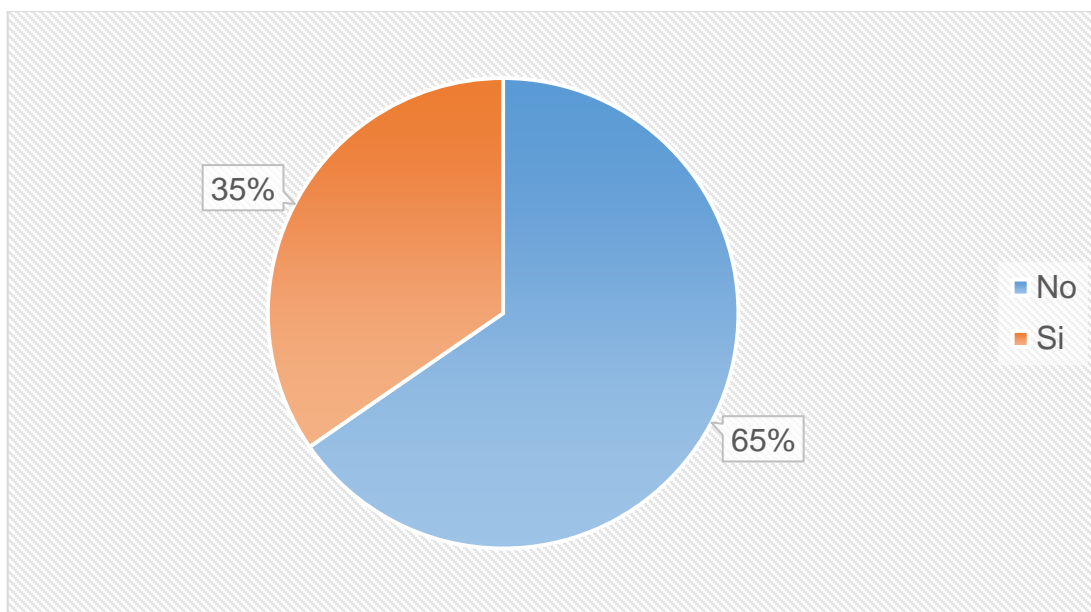


Figura 12. Establecimiento de almacigo para venta de planta en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.

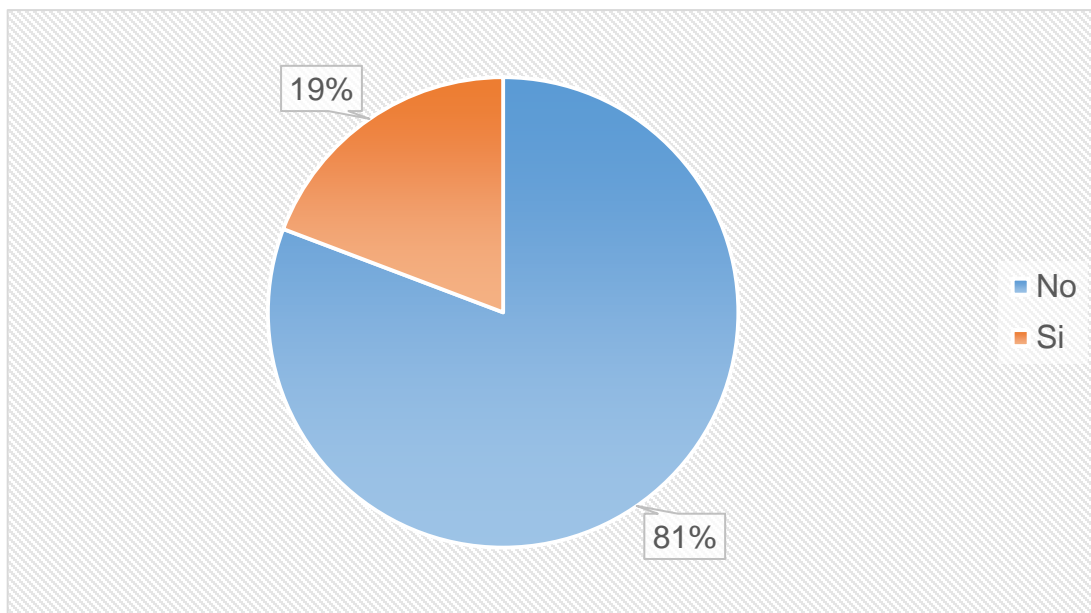


Figura 13. Uso de herbicida en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.

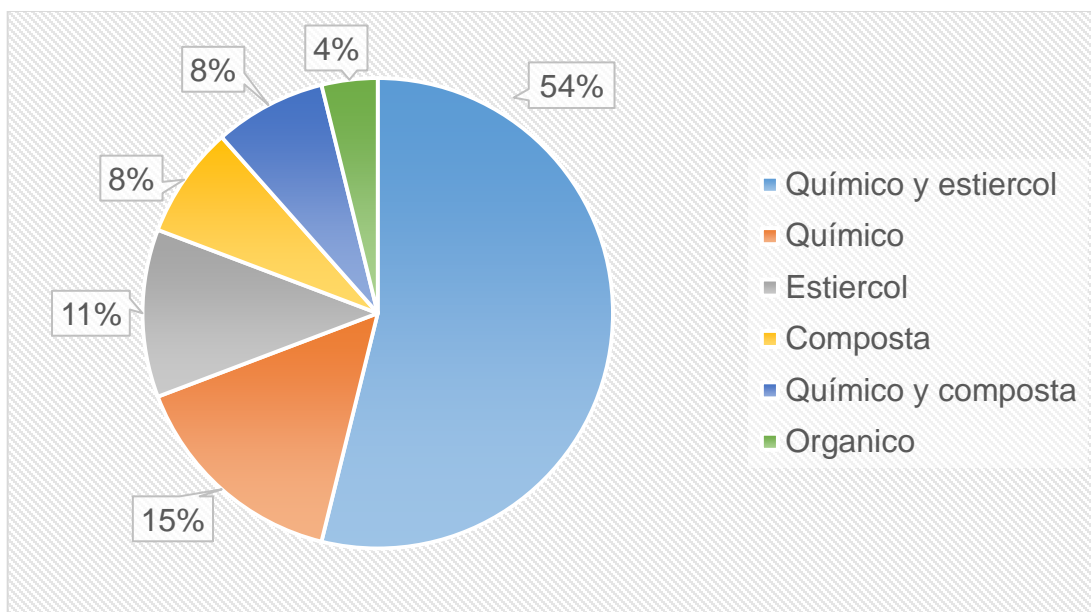


Figura 14. Tipo de fertilizante que se aplica en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chicahuaxtla.

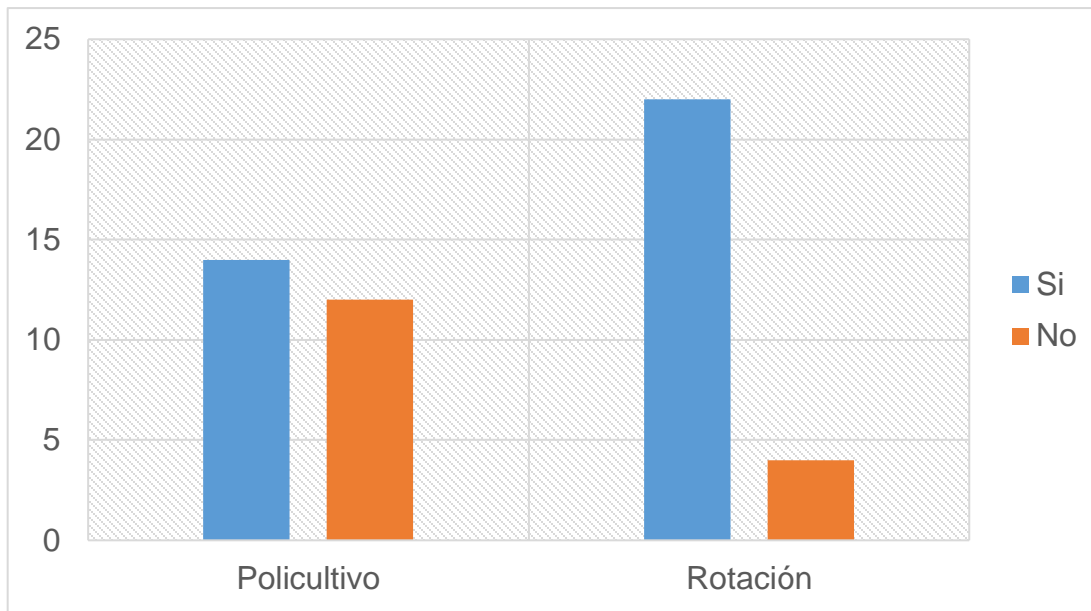


Figura 15. Técnicas de Policultivo y Rotación de cultivo en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chichahuaxtla.

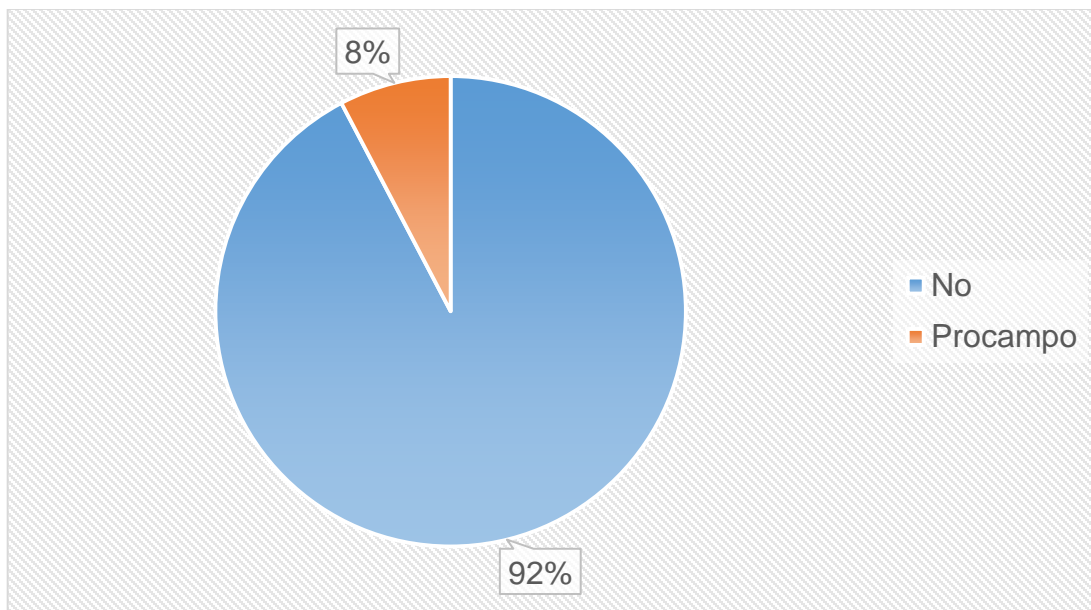


Figura 16. Productores que cuentan con algún apoyo gubernamental en las localidades de Tlaola, Tlaltepango y Chichahuaxtla.

## 6.2 Experimento 1. Evaluación de dos ecotipos de chile serrano procedentes de los municipios de Tlaola y Tlapacoya, Puebla

### 6.2.1 Localización del municipio de Tlaola

El municipio de Tlaola se encuentra ubicado en la parte noroeste del Estado de Puebla, actualmente es colindante con los municipios de Zihuateutla y Juan Galindo al Norte, con Chiconcuautla y Tlapacoya al Sur, con Huachinango al Este y con Jopala y Tlapacoya al Oeste, su superficie es de 108.44 kilómetros cuadrados y ocupa el lugar 116 dentro de los municipios del Estado (Figura 17). Sus coordenadas geográficas son los paralelos 20° 05' 18" y 20° 14' 42" de latitud Norte y los meridianos 97° 50' 00" y 97° 58' 36" de longitud Oeste. El clima es templado, y semicálido subhúmedo, con lluvias y temperatura promedio entre -3 y 18° C. En el territorio subsisten pocas áreas con vegetación natural sólo en la ribera del Cuanacasco y del Zempoala se presentan bosques de pino. Su territorio presenta gran diversidad edafológica se identifican seis grupos de suelo: Fluvisol, Regosol, Litosol, Andosol, Luvisol, Rendzina. (INEGI 2019).

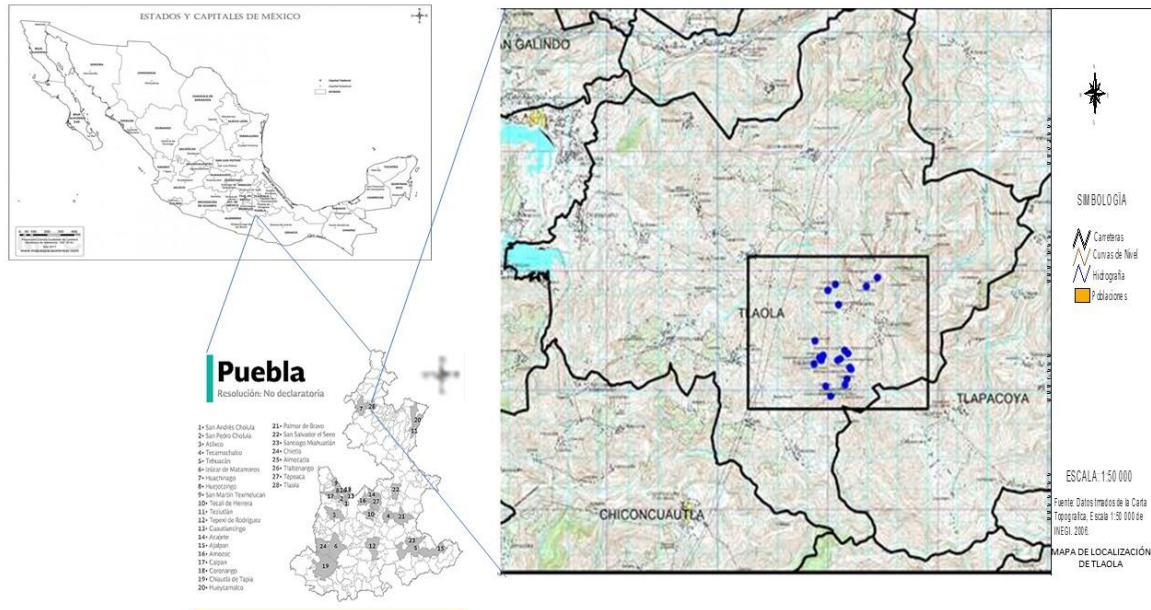


Figura 17. Localización del municipio de Tlaola en el estado de Puebla. Elaborado en el programa ArcView GIS Version 3.1.

La principal actividad económica es la Agricultura, y su población la constituyen 19, 826 habitantes. Se encuentra a una distancia aproximada a la ciudad de Puebla de 163 km. El municipio presenta alta y muy alta marginación, como consecuencia de falta de empleos ya que la gente de las diferentes comunidades pertenecientes al municipio en su mayoría se dedica al campo, los cultivos que se siembran son: maíz, frijol, chile, café, cacahuate, y en algunas comunidades se dedican a la floricultura y a la venta de plantas de ornato, sin embargo los cultivos que aportan un ingreso económico para las familias campesinas son el chile serrano y el café, el resto solo se siembran para autoconsumo.

El chile verde o serrano sigue siendo, junto con el maíz y el frijol, una importante fuente de alimentación para la población de México. Esta es la principal variedad, por volumen y valor que se produce durante la mayor parte del año. El ciclo productivo otoño-invierno inicia en diciembre y concluye en agosto. El ciclo productivo primavera-verano abarca de junio a marzo.

### **6.2.2 Localización de Cuatpalcatla, Tlapacoya**

La población de Cuatpalcatla se localiza en el municipio de Tlapacoya, Puebla, y se localiza con las siguientes coordenadas métricas, 618,391 metros Longitud Este y 2,224,504 Latitud Norte (Figura 18), (INEGI, 2019).

El municipio se ubica en la zona de transición climática de los templados de la sierra Norte a los cálidos del declive del Golfo, se identifica un sólo clima: clima semicálido subhúmedo, con lluvias todo el año, temperatura media anual mayor de 18 °C; temperatura del mes más frío entre -3 y 18 °C; precipitación pluvial del mes más seco mayor de 40 milímetros; el porcentaje de lluvia invernal con respecto a la anual es mayor de 18%. Existen áreas con vegetación natural sólo en la ribera del Cuanacasco y del Zempoala se presentan bosques de pino. Su territorio presenta gran diversidad edafológica se encuentran seis grupos de suelo: Fluvisol, Regosol, Litosol, Andosol, Luvisol, Rendzina. (INEGI, 2019).

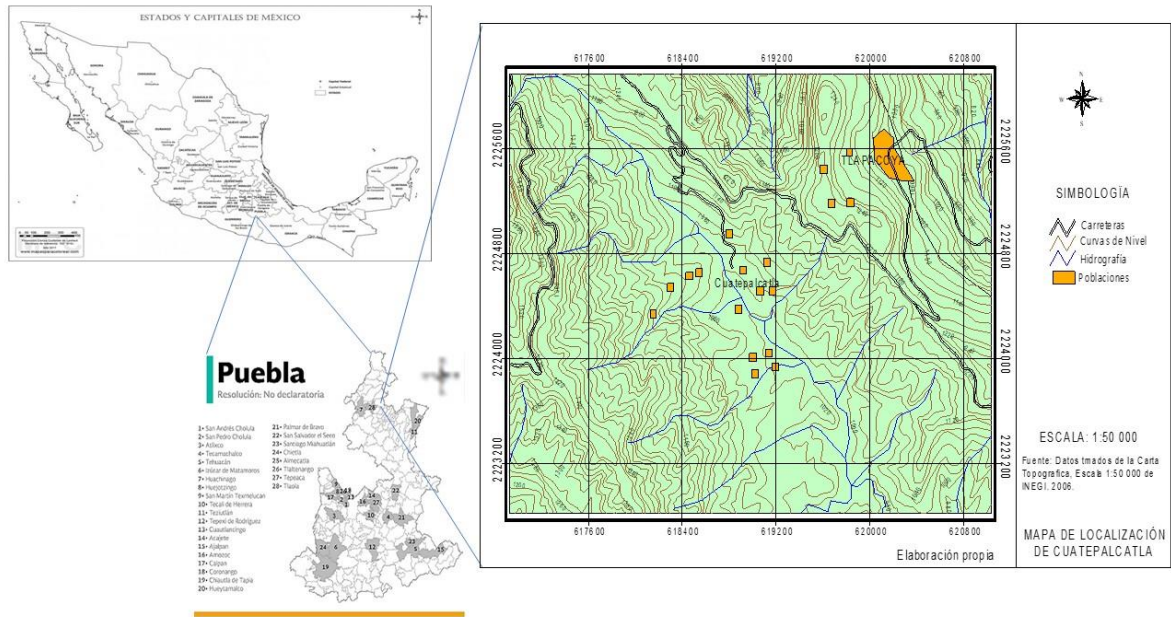


Figura 18. Localización Cuatpalcatla, Tlapacoya, Puebla  
Fuente: INEGI, 2019.

### 6.2.3 Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en la sierra norte del Estado de Puebla en los municipios de Tlaola y Tlapacoya, Puebla, México, localizados en la parte noroeste del estado de Puebla. El ensayo se realizó en ciclo primavera-verano de 2018. La zona de estudio presenta suelos con alto contenido de materia orgánica (9.5%), nitrógeno total (0.35%), fósforo (4.0 mg·kg), potasio (1.5 cmol·kg) y textura arcillo limoso.

Se utilizaron dos ecotipos de chile serrano procedentes de las localidades de Tlaola y Tlapacoya, la semilla se seleccionó previamente de una cosecha anterior en cada una de las zonas de estudio.

El almácigo se estableció en tablas de 12 m de largo por 2 m de ancho, previa incorporación de 50 kg de gallinaza por tabla. Posteriormente se depositó la semilla al voleo y se cubrió de forma manual con la ayuda de un rastrillo para favorecer la germinación y protegerla de la lluvia, heladas, etc., el almácigo se cubrió con

“ocopetate” (hojas de helecho). A los 8 días después de la siembra se procedió a destapar los almácigos tiempo transcurrido en que empezó a emerger la plántula.

Después de 75 días la planta alcanzó una altura entre 20 y 25 cm, lista para realizar el trasplante. Previo al trasplante se realizaron las prácticas tradicionales que realiza el productor que consiste en la limpieza del terreno y la práctica denominada –ixtlaya- (se ablanda o voltea el suelo con azadón), posteriormente se establecieron los surcos a una distancia de 60 cm y entre planta de 30 cm, dando una densidad de población de 5.5 plantas·m<sup>2</sup>. Por planta se aplicaron 50 g de gallinaza que al momento del trasplante se mezcló con el suelo. La fertilización se realizó a los 60 días después del trasplante utilizando fertilizante comercialmente conocido como Guano (16-12-03) a razón de 40 g por planta.

Se utilizó un diseño monofactorial completamente al azar con nueve repeticiones cada una con 6 plantas por unidad de repetición (U.R.).

La cosecha se realizó de forma manual cuando el fruto presentaba una coloración verde brillante, que es cuando el fruto está maduro comercialmente. Los cortes se realizaron durante los meses de mayo y junio de 2018.

#### **6.2.4 Variables evaluadas**

Las variables de producción evaluadas fueron peso total de frutos, peso medio total de frutos; la clasificación comercial de acuerdo a Pozo (1981); frutos de primera categoría se consideraron frutos de más de 6 cm de longitud, frutos de segunda categoría entre 4 y 6 cm de longitud, y frutos de tercera categoría menos de 4 cm de longitud. Todos los pesos son expresados en gramos (g). La longitud (cm) y diámetro del fruto (mm) se realizó con la ayuda de un flexómetro y vernier digital, respectivamente. Se cortaron frutos maduros y se seccionaron longitudinalmente para contabilizar el número de semillas por fruto.

La altura y diámetro del tallo se realizó cuando la planta tenía 75 días después del trasplante. Se obtuvo el peso seco de la planta en gramos, utilizando una estufa tipo lumistell, donde las muestras se mantuvieron a temperatura de 70°C hasta que las muestras alcanzaron un peso constante.

### **6.2.5 Calidad de los frutos**

Para la calidad de los frutos se valoró la pungencia de los frutos mediante valoración subjetiva con un panel de catadores no profesionales formado por 5 individuos, manteniendo los mismos catadores a lo largo del ensayo. Se asignaron valores de 0 a 3, estableciéndose el valor 0 a los frutos menos picantes y el valor 3 a los frutos con mayor grado de pungencia. Las valoraciones de aroma, turgencia, deformación defectos y color de los frutos se utilizó la misma escala antes mencionada.

En el caso de la firmeza se seleccionaron 5 frutos de primera calidad por cada tratamiento y se midió con un penetrómetro manual, Fruit Pressure tester modelo FT327, puntale diameter 11.3 mm (Ring nut), con el cual se realizaron 5 punciones en la parte ecuatorial del fruto, expresando la medida en gramos (g). El contenido de sólidos solubles o °Brix se realizó con ayuda de un refractómetro analógico marca LEICA BRUX 35 HP. El contenido de sólidos solubles se obtuvo por dos procedimientos; en el primer procedimiento el jugo se obtuvo de la región central del fruto, depositando 2 gotas en la ventana del refractómetro y en el segundo caso el fruto fue molido hasta obtener una papilla.

Para la determinación del pH se molieron los frutos de chile serrano con ayuda de una licuadora manual y obtener una papilla, posteriormente se tomó una muestra de 10 g y se llevaron a 150 mL con agua destilada en un vaso de precipitado y mediante el uso de un potenciómetro se midió el pH inicial de la muestra, para posteriormente realizar la titulación con NaOH 0.1N hasta alcanzar un pH 8.2

### **6.2.6 Contenido mineral en planta**

La valoración del contenido mineral en la planta se realizó en raíz, tallo y hojas en 3 etapas fenológicas (vegetativo, floración y fructificación) en todos los experimentos.

### **6.2.7 Método de digestión ácida en microondas**

Para hacer el análisis de los macro y micro nutrientes se pesaron 0.3 g de la molienda que se colocó en tubos, ahí mismo se le agregó 5 ml de ácido nítrico y se dejó reposar 30 minutos. Una vez transcurrido el tiempo se adicionó 2.5 ml de peróxido de hidrógeno al 30%, se dejó reposar 20 minutos, por último, se añadió 2.5 ml de peróxido de hidrogeno. Todos los tubos se sellaron con tapones de plástico, y luego se colocaron en el carrusel del horno (Mars XP1500Plus) para meterlos a un proceso de digestión de metales a 1600W durante 15 minutos a una temperatura de 200°C. Posteriormente se llevaron los tubos a una campana de flujo laminar donde fueron retirados los tapones a presión, a cada tubo se le agregó agua destilada para diluir las sustancias contenidas. Para terminar con este proceso, en matraces aforados de capacidad de 50 ml se les colocó un embudo con papel filtro para filtrar las sustancias obtenidas de la digestión, se aforó a 50 ml con agua destilada, finalmente las sustancias fueron envasadas en frascos pequeños con etiquetas (White y Douthit, 1985).

### **6.2.8 Análisis de macro y micronutrientes**

Los elementos Mn, Cu, Fe, Zn, Mg, K y Ca se cuantificaron en un espectrofotómetro de absorción atómica (Spectr AA55B Varian).

El Na se leyó con el flamómetro (lame Photometer 410) con un ajuste de curva con dilución; el P se leyó con un espectrofotómetro de luz visible (SPECTRONIC 20D), la preparación de la solución para leer fue distinta, en un tubo de ensaye se agregó 1ml de la muestra base diluyendo en 6 ml de agua, añadiendo 2 ml de solución de molibdato más 1ml de cloruro estañoso, esta última sustancia se adicionó hasta el final por ser la que da el color y tiene un tiempo limitado de lectura (Isaac y Kerber, 1971).

### **6.2.9 Método Kjeldahl para determinar el nitrógeno**

Por último, para hacer la lectura del N se hizo una digestión, se depositaron en tubos largos de cristal 0.1 g de muestra molida, luego 1 g de mezcla catalizadora y 2 ml de ácido sulfúrico puro. Los tubos se colocaron en una gradilla dentro del horno a

una temperatura de 360°C durante 3 horas, y se dejan enfriar los tubos. En matraces de 250 ml se pusieron 10 ml de ácido bórico más 3 gotas de indicador. El tubo con la muestra se colocó en el destilador y por la parte superior se agregó 10 ml de hidróxido de sodio, el matraz se coloca en donde sale el producto final. Después la muestra destilada se tituló con ácido sulfúrico 0.025 N (Ekedahl G, Junker P. & Rondell B. 1975).

Los resultados reportados corresponden a datos acumulados de cinco fechas de corte entre los meses de mayo a julio de 2018. Finalmente, todos los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza con ayuda del programa Statgraphics Centurión XVI.I y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey.

#### **6.2.10 Resultados**

En los cuadros 3 al 7 se registran los valores medios del análisis de la varianza sobre datos acumulados de cinco fechas de corte para la producción total de frutos, número total de frutos y peso medio total de frutos. Asimismo, se presentan los resultados de la producción de frutos clasificados de primera, segunda y tercera categoría., también, se registran los resultados de longitud y diámetro de frutos, defectos, deformación y color de los frutos, firmeza de los frutos, numero de semillas, grados Brix, pH, pungencia, aroma y turgencia de los frutos, para los ecotipos procedentes de Tlaola y Tlapacoya a los 116 días después de realizar el trasplante (ddt).

En el cuadro 3 se muestran los parámetros productivos del análisis de varianza sobre datos acumulados para producción total a los 116 (ddt). A nivel de cultivar el mejor comportamiento productivo se presentó en plantas procedentes de la región de Tlapacoya (1015.91 g/U.R.) con respecto a las plantas procedentes de Tlaola (675.82 g/U.R.) con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ). El mismo comportamiento se presentó para el peso medio total de frutos con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Para el caso del

número de frutos, si bien, no se encontraron diferencias estadísticas, el ecotipo de Tlapacoya presentó el mayor número de frutos respecto al ecotipo Tlaola.

Cuadro 3. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para las variables de producción total sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 116 días después del trasplante.

Ecotipo	Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos	Peso medio total de frutos (g/U.R.)
Tlaola	675.82 $\pm$ 78.96 b	283.0 $\pm$ 31.62 n.s.	2.39 $\pm$ 0.079 B
Tlapacoya	1015.91 $\pm$ 85.55 a	339.22 $\pm$ 23.80 n.s.	2.97 $\pm$ 0.09 A

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo); U. R.: Unidad de repetición (5 plantas).

En el cuadro 4 se muestran los parámetros productivos referentes a la clasificación comercial de frutos de primera calidad. Las plantas procedentes de Tlapacoya (186.51 g/U.R.) sobresalieron respecto a las plantas de Tlaola (55.39 g/U.R.) al presentar mayor producción de frutos clasificados en la categoría de primera calidad con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Por lo tanto, el mismo efecto se encontró con la longitud, diámetro y color de frutos, pero sin que se hayan encontrado diferencias estadísticas. No obstante, en el cv Tlapacoya los frutos presentaron mayor deformación y defectos en los frutos, pero sin que se hayan registrado diferencias estadísticas.

Cuadro 4. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de primera calidad sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 116 días después del trasplante.

FRUTOS CLASIFICADOS DE PRIMERA								
Ecotipo	Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (mm)	Defectos de fruto (%)	Deformación de frutos (%)	Color de frutos (%)
Tlaola	55.39	13.78	3.96	6.28	7.29	29.06	29.29	24.27
	$\pm 9.31$ B	$\pm 2.15$ B	$\pm 0.10$ B	$\pm 0.42$ n.s	$\pm 0.80$ n.s.	$\pm 2.85$ n.s.	$\pm 2.96$ n.s.	$\pm 5.00$ n.s.
Tlapacoya	186.51	41.44	4.47	5.99	8.08	32.35	41.23	20.35
	$\pm 17.10$ A	$\pm 3.34$ A	$\pm 0.07$ A	$\pm 0.53$ n.s	$\pm 0.81$ n.s.	$\pm 4.51$ n.s.	$\pm 4.13$ n.s.	$\pm 5.84$ n.s.

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo).

-U. R.: Unidad de repetición (5 plantas).

En el cuadro 5 se presentan los valores referentes a los parámetros productivos de los frutos de chile serrano clasificados de segunda calidad. En relación a la producción total de frutos clasificados en esta categoría se observa la misma tendencia, es decir, las plantas procedentes de Tlapacoya presentaron mayor producción de frutos considerados de segunda calidad, encontrándose diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ) para el peso medio de los frutos respecto al cultivar de Tlaola. Finalmente, para el diámetro de frutos, defectos, deformación y coloración de los mismos no se encontraron diferencias estadísticas.

Cuadro 5. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de segunda calidad sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 116 días después del trasplante.

FRUTOS CLASIFICADOS DE SEGUNDA								
Ecotipo	Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (mm)	Defectos de fruto (%)	Deformación de frutos (%)	Color de frutos (%)
Tlaola	354.44	127.11	2.80	4.92	6.49	59.21	54.35	40.27
	$\pm 40.52$ n.s.	$\pm 14.56$ n.s.	$\pm 0.08$ B	$\pm 0.21$ n.s.	$\pm 1.62$ n.s.	$\pm 7.05$ n.s.	$\pm 5.08$ b	$\pm 4.25$ n.s.
Tlapacoya	465.448	138.56	3.34	5.33	9.66	63.82	71.47	42.04
	$\pm 48.95$ n.s.	$\pm 13.27$ n.s.	$\pm 0.08$ A	$\pm 0.09$ n.s.	$\pm 0.12$ n.s.	$\pm 3.88$ n.s.	$\pm 4.54$ a	$\pm 6.78$ n.s.

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo).

-U. R.: Unidad de repetición (5 plantas).

En el cuadro 6 se presentan los valores productivos correspondientes a los frutos de chile clasificados de tercera calidad. En relación al peso total y número de frutos no se encontraron diferencias estadísticas. Sin embargo, para el peso medio de frutos se encontró mayor peso de frutos en el cultivar de Tlapacoya (2.27 g), con respecto al cultivar de Tlaola (1.83 g) con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ). Referente al diámetro de frutos el mayor grosor se presentó en frutos procedentes del cultivar Tlapacoya (8.42 mm.) con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Igualmente, el mayor porcentaje de defectos y deformación de frutos se presentó en el cultivar Tlapacoya, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ) respecto al cultivar procedente de Tlaola. En el color de los frutos no se registraron diferencias estadísticas.

Cuadro 6. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para las variables de producción en frutos clasificados de tercera calidad sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 116 días después del trasplante.

FRUTOS CLASIFICADOS DE TERCERA								
Ecotipo	Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (mm)	Defectos de fruto (%)	Deformación de frutos (%)	Color de frutos (%)
Tlaola	265.99	142.11	1.83	3.46	4.34	61.32	65.78	48.28
	$\pm 43.81$ n.s.	$\pm 19.19$ n.s.	$\pm 0.12$ b	$\pm 0.12$ b	$\pm 0.27$ B	$\pm 5.99$ b	$\pm 5.69$ b	$\pm 4.36$ n.s.
Tlapacoya	363.92	159.22	2.27	2.91	8.42	78.25	90.08	73.77
	$\pm 30.90$ n.s.	$\pm 10.93$ n.s.	$\pm 0.09$ a	$\pm 0.16$ a	$\pm 0.34$ A	$\pm 3.41$ a	$\pm 1.96$ a	$\pm 3.27$ n.s.

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo).

-U. R.: Unidad de repetición (5 plantas).

En el cuadro 7. se registran los valores del número de semillas, °Brix, acidez de frutos, NaOH y valoraciones organolépticas.

Los resultados no indican diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los parámetros valorados. No obstante, en los frutos de la zona de Tlapacoya se registraron valores de pH más bajos lo que indica que el gasto de NaOH es mayor en comparación a los frutos procedentes de la zona de Tlaola, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ).

Cuadro 7. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para las variables de firmeza de frutos, número de semillas, °Brix, acidez y pungencia de los frutos sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 116 días después del trasplante.

Ecotipo	Firmeza de frutos (g)	Número de semillas	°Brix	pH inicial	NaOH	Pungencia (%)	Aroma (%)	Turgencia (%)
Tlaola	352.55 $\pm 6.90$ n.s.	72.83 $\pm 4.30$ n.s.	11.20 $\pm 0.11$ n.s.	5.94 $\pm 0.04$ a	2.49 $\pm 0.03$ b	53.24 $\pm 4.40$ n.s.	35.64 $\pm 1.31$ n.s.	54.47 $\pm 2.00$ n.s.
Tlapacoya	339.77 $\pm 7.63$ n.s.	69.29 $\pm 4.69$ n.s.	10.90 $\pm 0.13$ n.s.	5.80 $\pm 0.04$ b	2.84 $\pm 0.14$ a	55.10 $\pm 5.30$ n.s.	37.81 $\pm 3.09$ n.s.	58.82 $\pm 3.56$ n.s.

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo).

-U. R.: Unidad de repetición (5 plantas).

### **6.2.11 Análisis mineral de la planta**

En los cuadros 8 al 10 se registran los valores medios de la concentración de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y la relación K/Ca+Mg en raíz, tallo y hojas en plantas de chile serrano procedentes de los municipios de Tlaola y Tlapacoya a los 116 (ddt).

En el cuadro 8 se muestran los porcentajes de análisis mineral para la raíz en plantas de chiles serrano.

En las variables de nitrógeno, sodio, magnesio y la relación K/Ca+Mg no se registraron diferencias estadísticamente significativas.

Para el caso del fósforo, potasio y calcio se registró mayor concentración de estos elementos en plantas procedentes del municipio de Tlaola (0.08, 1.28 y 1.18%, respectivamente) en comparación a las plantas procedentes del municipio de Tlapacoya (0.10, 0.98 y 0.73%, respectivamente), con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ).

Cuadro 8. Media  $\pm$  Error estándar y significancia del análisis mineral en raíz de dos ecotipos de chile serrano a los 116 días después del trasplante.

Ecotipo	N (%)	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	Relación K/(Ca+Mg)
Tlaola	0.74 $\pm 0.015$ n.s.	0.08 $\pm 0.01$ a	1.28 $\pm 0.024$ A	0.25 $\pm 0.003$ n.s.	1.18 $\pm 0.088$	0.015 $\pm 0.001$ n.s.	1.13 $\pm 0.104$ n.s.
Tlapacoya	0.73 $\pm 0.016$ n.s.	0.10 $\pm 0.005$ b	0.98 $\pm 0.069$ B	0.24 $\pm 0.07$ n.s.	0.73 $\pm 0.039$	0.017 $\pm 0.002$ n.s.	1.36 $\pm 0.154$ n.s.

- Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo).

- U.R. Unidad de repetición (5 plantas).

Los análisis minerales en tallo de plantas de chile serrano en ambas localidades se reportan en el cuadro 9.

La concentración de nitrógeno, magnesio y la relación K/Ca+Mg no se reportan diferencias estadísticamente significativas.

Para el elemento fósforo el mayor porcentaje se encontró en plantas procedentes de la zona de Tlapacoya (0.09%) respecto a las plantas procedentes de Tlaola (0.08%), con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Caso contrario se reporta para el contenido de potasio, sodio y calcio, donde el mayor porcentaje se encontró en plantas de la región de Tlaola (2.10, 0.27 y 1.55%, respectivamente) en relación a las plantas procedentes de la región de Tlapacoya (1.62, 0.23 y 1.06%, respectivamente), con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ).

Cuadro 9. Media  $\pm$  Error estándar y significancia del análisis mineral en tallo de dos ecotipos de chile serrano a los 116 días después del trasplante.

Ecotipo	N (%)	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	Relación K/(Ca+Mg)
Tlaola	1.51 $\pm 0.074$ n.s.	0.08 $\pm 0.005$ b	2.10 $\pm 0.151$ a	0.27 $\pm 0.007$ A	1.55 $\pm 0.06$ A	0.03 $\pm 0.002$ n.s.	1.33 $\pm 0.079$ n.s.
Tlapacoya	1.63 $\pm 0.048$ n.s.	0.09 $\pm 0.004$ a	1.62 $\pm 0.073$ b	0.23 $\pm 0.006$ B	1.06 $\pm 0.149$ B	0.03 $\pm 0.063$ n.s.	1.68 $\pm 0.189$ n.s.

- Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo).

- U.R. Unidad de repetición (5 plantas).

En el cuadro 10. se registran los valores medios del porcentaje de nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, calcio, magnesio y la relación K/Ca+Mg en hojas de chile serrano en las localidades en estudio.

En relación a los contenidos de nitrógeno, potasio, sodio y magnesio, no se observaron diferencias e.s.

En el caso del fósforo se registró mayor porcentaje (0.19%) en hojas de plantas procedentes de la zona de Tlapacoya con respecto a las plantas que procedían de la zona de Tlaola (0.14%), con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ). El mismo comportamiento se registró para la relación K/Ca+Mg con una relación de 0.62 en hojas de plantas procedentes de Tlaola, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ). En el caso de la concentración de calcio fueron las hojas de las plantas procedentes de Tlaola las que presentaron mayor concentración con el 4.1% respecto a las plantas procedentes de Tlapacoya (2.39%), con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ).

Cuadro 10. Media  $\pm$  Error estándar y significancia del análisis mineral en hojas de dos ecotipos chile serrano a los 116 días después del trasplante.

Ecotipo	N (%)	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	Relación K/(Ca+Mg)
Tlaola	5.31 $\pm 0.170$ n.s.	0.14 $\pm 0.005$ b	2.59 $\pm 0.064$ n.s.	0.23 $\pm 0.08$ n.s.	4.1 $\pm 0.030$ A	0.07 $\pm 0.004$ n.s.	0.62 $\pm 0.015$ b
Tlapacoya	4.97 $\pm 0.175$ n.s.	0.19 $\pm 0.023$ a	2.61 $\pm 0.032$ n.s.	0.21 $\pm 0.005$ n.s.	2.39 $\pm 0.044$ B	0.06 $\pm 0.005$ n.s.	1.07 0.026 a

- Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo).

- U.R. Unidad de repetición (5 plantas).

### 6.2.12 Discusión

El mejor comportamiento productivo y peso medio total de frutos se presentó en plantas procedentes de Tlapacoya con respecto a las plantas procedentes de Tlaola. Para el número de frutos, no se encontraron diferencias estadísticas. Tales resultados coinciden con lo mencionado por Martínez *et al.* (2005), quienes reportan que la diferencia en el peso de frutos de chile serrano se debe a efectos genéticos aditivos, y que pueden ser influenciados por procesos fisiológicos de la planta, así como de la humedad y temperatura del ambiente.

Para la clasificación comercial de frutos de primera calidad. Las plantas de la región de Tlapacoya sobresalieron respecto a las plantas de Tlaola presentando mayor producción de frutos de primera calidad. El mismo efecto se encontró con la longitud, diámetro y color de frutos, pero sin que se hayan encontrado diferencias estadísticas, resultados que concuerdan con los reportados por Díaz-Pérez *et al.* (2008) quienes encontraron que existe una correlación positiva entre el peso y diámetro de frutos de chile serrano. No obstante, el cv Tlapacoya presentó mayor deformación y defectos en los frutos. La diferencia en la producción del cultivar procedente de Tlapacoya podría deberse a las diferentes condiciones climáticas de las dos zonas de estudio y a las características del material genético del cual proceden las semillas, resultados que concuerdan con los obtenidos por Laborde y Pozo (1984).

En relación a la producción total de frutos clasificados de segunda calidad las plantas procedentes de Tlapacoya presentaron mayor producción de frutos, encontrándose diferencias para el peso medio de los frutos respecto al cultivar de Tlaola. Para el diámetro de frutos, defectos, deformación y coloración de los mismos no se encontraron diferencias. Probablemente esto se explica porque en los chiles se detiene el proceso de fotosíntesis y con esto la pérdida de clorofila en el chile, lo que provoca alteración en color de un verde intenso a un verde olivo con tonos marrones (Calvo M. 2001). Así mismo se ha reportado que el desarrollo de los cultivos hortícolas regularmente es afectado por factores ambientales que incluyen la precipitación, radiación solar y temperatura (Wilson *et al.*, 1995).

Respecto al análisis mineral en raíz de planta de chile serrano, para el caso del fósforo, potasio y calcio se registró mayor concentración de estos elementos en plantas de Tlaola en comparación a las plantas procedentes de Tlapacoya. Resultados similares reportan Azofeifa A. y Moreira M. (2004; 2005) al reportar mayor concentración de potasio, calcio y magnesio en plantas de chile jalapeño.

Se registró mayor porcentaje de fosforo en hojas de plantas procedentes de Tlapacoya con respecto a las plantas del municipio de Tlaola. La misma tendencia resulto para la relación K/Ca+Mg. Dichos resultados concuerdan con lo reportado por Campos S. y Arguedas G. (2017) en su estudio de extracción nutricional en plantas de chile dulce. Las hojas de las plantas procedentes de Tlaola presentaron mayor concentración de calcio respecto a las plantas procedentes de Tlapacoya. El fósforo es un elemento mineral esencial para el desarrollo de las plantas, así lo mencionan Bregliani *et al.* (2006), asimismo, al igual que el fósforo y potasio la mayoría de los cultivos requieren cantidades elevadas para alcanzar mayor productividad. También, Azofeifa A. y Moreira M. (2004; 2005) reportan acumulación de potasio, calcio y magnesio en tallos y hojas de chile jalapeño.

### **6.2.13 Conclusiones**

El experimento de dos ecotipos de chile serrano llevados a cabo a campo abierto en los municipios de Tlaola y Tlapacoya y en las condiciones que se realizaron se llegó a las siguientes conclusiones.

Se presentó una diferencia clara entre ecotipos de chile serrano al presentar el ecotipo procedente de la región de Tlapacoya mayor producción total y mayor producción clasificada de primera y segunda categoría, como consecuencia a las diferentes condiciones climáticas de las zonas de estudio y posiblemente a las características del material genético del cual proceden las semillas.

El pH de los frutos fue ligeramente ácido con valor de 5.80 y 5.94 para los ecotipos procedentes de Tlapacoya y Tlaola, respectivamente.

La firmeza de los frutos fue de 346 g en promedio para los dos ecotipos.

Se contabilizaron en promedio 70 semillas por fruto.

El contenido de sólidos solubles en frutos de chile serrano fue de 11 °Brix.

Si bien, el ecotipo de chile serrano procedente de la región de Tlapacoya tuvo mayor productividad, también en este ecotipo se encontró mayor porcentaje de frutos deformados y frutos con defectos.

En relación a la valoración del contenido mineral en los diferentes órganos de las plantas se registró:

En raíz y tallo. Mayor porcentaje de potasio y calcio en el ecotipo procedente de la zona de Tlaola. Para el caso del nitrógeno, fósforo, magnesio y la relación K/Ca+Mg no se encontraron diferencias e.s.

En hoja. La concentración más alta se registró en plantas procedentes de la zona de Tlapacoya. Sin embargo, el porcentaje mayor de calcio se registró en plantas procedentes de Tlaola. Finalmente, la relación K/Ca+Mg fue mayor en plantas de la región de Tlapacoya.

### 6.3 Experimento 2. Programa de fertilización de chile serrano en el municipio de Tlaola, Puebla

#### **6.3.1 Materiales y métodos**

El experimento se llevó a cabo en el municipio de Tlaola, Puebla, México, se localiza en la parte noroeste del Estado de Puebla. Se encuentra dentro de la transición climática de los templados de la sierra norte, a los cálidos del declive del Golfo. Presenta un sólo clima: Semicálido subhúmedo, con lluvias todo el año; temperatura media anual mayor de 18° C; temperatura del mes más frío entre -3 y 18° C; precipitación del mes más seco mayor de 40 milímetros; la lluvia invernal con respecto a la anual es menor de 18%.

El experimento se llevó a cabo en el mes de octubre de 2018 los resultados del análisis de suelo se reportan en el cuadro 11.

Cuadro 11. Análisis de suelo Tlaola.

	Suelo		Mejorado	
pH	5.30	Moderadamente Ácido	9.11	Fuertemente Alcalino
MO (%)	9.49%	Muy alto	28.9	Muy alto
N (%)	0.35	Muy alto	0.660	Muy alto
Arena (%)	15.5		-----	
Limo (%)	44.1		-----	
Arcilla (%)	40.4		-----	
Textura		Arcillo limosa	-----	
Ca (cmol/kg)	16.14	Alto	600.03	Muy alto
Mg (cmol/kg)	4.23	Alto	110.33	Muy alto
Na (cmol/kg)	0.38		21.30	
K (cmol/kg)	1.54	Alto	34.61	Muy alto
CIC (cmol/kg)	25.49	Alta	14.56	Baja
P (mg/kg)	4.1	Medio	189.4	Alto
DA (g/ml)	1.24		1.05	
CE (dS/m)	0.97	Efecto salinidad nulo	2.84	Moderadamente salino

Se utilizó semilla criolla previamente seleccionada de una cosecha anterior. Todas las actividades fueron las mismas que se establecieron en el experimento anterior. Se utilizó un diseño monofactorial de 4 tratamientos (T1: 80-60-15, T2: 160-120-30, T3: 240-180-45 y T4: 320-240-60), en bloques al azar con tres repeticiones, dando un total de 12 unidades de repetición (U.R.). Con 50 plantas por unidad de repetición.

Todas las prácticas agrícolas y variables evaluadas se realizaron siguiendo la misma metodología como se describió en el experimento 1.

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de la varianza con ayuda del programa Statgraphics Centurion XVI.I y la separación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey.

### **6.3.2 Resultados**

En los cuadros 12 al 15 se muestran los valores medios del análisis de la varianza de cinco fechas de corte sobre datos acumulados para el peso total de frutos, número total de frutos, peso medio de frutos y el rendimiento en  $t\cdot ha^{-1}$ . Asimismo, se presentarán los resultados de la clasificación comercial de frutos clasificados de primera, segunda y tercera categoría, así como la longitud y diámetro de fruto, y fisiopatías valoradas como los defectos de los frutos, deformación y el color de frutos. En el cuadro 16 se observan las medias de los parámetros evaluados de la firmeza de frutos, número de semillas, °Brix, pungencia, aroma y turgencia de los frutos. Y en los cuadros 17 al 19 se presentan los valores medios del análisis nutrimental que se llevó a cabo en los diferentes órganos de la planta (raíz, tallo y hojas).

En el cuadro 12 se muestran los resultados del análisis de la varianza para los parámetros de producción total y rendimiento para los diferentes tratamientos en estudio. Los resultados son valores medios sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 125 días después del trasplante. En función de las diferentes dosis

de fertilización se encontró que el tratamiento 2 (160-120-30) aumentó el peso total de frutos (2,739.42 g/U.R.), número total de frutos (609.00) mejor peso medio (4.82 g) y, por tanto, mejor rendimiento con 7.77 t·ha<sup>-1</sup> respecto a los tratamientos T1, T3 y T4, con diferencias e.s. (p≤0.01).

Cuadro 12. Media ± Error estándar y significancia para las variables de producción total con diferentes dosis de fertilización sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 125 días después del trasplante.

Tratamiento	Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Rendimiento t·ha <sup>-1</sup>
T1: 80-60-15	1421.03 C	372.33 B	4.48 B	4.58 B
T2: 160-120-30	2739.42 A	609.00 A	4.82 A	7.77 A
T3: 240-180-45	2129.64 B	555.33 A	4.50 B	7.00 A
T4: 320-240-60	2298.20 AB	566.00 A	4.49 B	6.87 A

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo).

-U. R.: Unidad de repetición (5 plantas).

En el cuadro 13 se registran los valores medios de frutos clasificados como de primera categoría sobre datos acumulados de fecha a los 125 ddt. Valores sobre el peso total, número total y peso medio total de frutos, así como longitud y diámetro de fruto, también, defectos, deformación y color de frutos. Con el tratamiento 2 (160-120-30) las plantas incrementaron el peso total de frutos de primera calidad (741.62 g/U.R.) y mejor peso medio de frutos (7.10 g/U.R.), con respecto al tratamiento T1, T3 y T4, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ )., para el número de frutos totales se presentó la misma tendencia, pero con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ). para el caso de la longitud y diámetro de los frutos no se registró una diferencia clara, sin embargo, se observó que con el tratamiento 2 (160-120-30) se registraron mayor longitud (7.42 cm) y diámetro de frutos (10.15 mm) con respecto al resto de tratamientos en estudio, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ). Referente a las fisiopatías en estudio no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos para los defectos y color de los frutos. No obstante, mayor porcentaje de deformación de frutos (58.33%) se registró con el tratamiento 3 (240-180-45), en relación a los tratamientos T1, T2 Y T4.

Cuadro 13. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para la producción de frutos clasificados de primera categoría y fisiopatías con diferentes dosis de fertilización sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 125 días después del trasplante.

FRUTOS CLASIFICADOS DE PRIMERA								
Tratamiento	Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (mm)	Defectos de fruto (%)	Deformación de frutos (%)	Color de frutos (%)
T1: 80-60-15	335.84 B	75.33 ab	5.69 B	7.29 a	9.21 b	47.22 n.s.	52.08 AB	29.86 n.s.
T2: 160-120-30	741.62 A	117.33 a	7.10 A	7.42 a	10.15 ab	31.94 n.s.	43.05 BC	29.16 n.s.
T3: 240-180-45	323.82 B	69.00 b	5.43 B	7.02 ab	10.97 a	48.61 n.s.	58.33 A	34.72 n.s.
T4: 320-240-60	559.63 AB	108.00 ab	5.84 AB	6.67 b	9.86 ab	40.27 n.s.	33.33 C	27.77 n.s.

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s. (no significativo).

-U. R.: Unidad de repetición (5 plantas).

En el cuadro 14 los resultados de frutos clasificados de segunda categoría muestran que en el tratamiento 2 (160-120-30) aumento el peso total de frutos (1172.75 g/U.R.), mayor peso medio total de frutos (4.98 g/U.R.) y el mayor número total de frutos con 225.67, en referencia a los demás tratamientos, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). respecto a la longitud y diámetro de frutos, y a las diversas fisiopatías evaluadas no se registraron diferencias estadísticas.

Cuadro 14. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para la producción de frutos clasificados de segunda categoría y fisiopatías con diferentes dosis de fertilización sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 125 días después del trasplante.

FRUTOS CLASIFICADOS DE SEGUNDA								
Tratamiento	Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (mm)	Defectos de fruto (%)	Deformación de frutos (%)	Color de frutos (%)
T1: 80-60-15	633.58 C	139.00 B	4.48 b	5.89 n.s.	8.09 n.s.	44.44 n.s.	46.53 n.s.	39.58 n.s.
T2: 160-120-30	1172.75 A	225.67 A	4.98 a	5.86 n.s.	8.68 n.s.	43.75 n.s.	57.64 n.s.	47.22 n.s.
T3: 240-180-45	983.35 AB	212.33 A	4.60 b	5.74 n.s.	9.36 n.s.	54.86 n.s.	46.52 n.s.	39.58 n.s.
T4: 320-240-60	870.95 B	197.33 A	4.35 b	5.80 n.s.	8.42 n.s.	39.58 n.s.	48.61 n.s.	42.36 n.s.

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s. (no significativo).

-U. R.: Unidad de repetición (5 plantas).

En relación a los frutos clasificados de tercera categoría (cuadro 15) se observó que en los tratamientos T2, T3 y T4 se presentó mayor peso total de frutos y mayor número de frutos totales en relación al T1 (80-60-15), con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). en esta categoría de frutos se encontró que en el tratamiento T3 (240-180-45) se presentó mayor porcentaje de defectos de los frutos con el 64.58 %, respecto a los tratamientos T1, T2 y T4, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). para el caso de deformación y color de frutos sin diferencias estadísticas.

Cuadro 15. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para la producción de frutos clasificados de tercera categoría y fisiopatías con diferentes dosis de fertilización sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 125 días después del trasplante.

FRUTOS CLASIFICADOS DE TERCERA								
Tratamiento	Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (mm)	Defectos de fruto (%)	Deformación de frutos (%)	Color de frutos (%)
T1: 80-60-15	451.61 B	158 B	2.80 b	4.89 n.s.	8.14 b	54.86 AB	55.55 n.s.	49.30 n.s.
T2: 160-120-30	825.06 A	266 A	3.25 a	4.86 n.s.	7.93 b	43.05 B	58.33 n.s.	52.77 n.s.
T3: 240-180-45	822.47 A	274 A	2.94 ab	4.38 n.s.	9.16 a	64.58 A	67.36 n.s.	51.39 n.s.
T4: 320-240-60	867.61 A	260 A	3.28 a	4.61 n.s.	9.08 a	47.22 B	48.21 n.s.	40.97 n.s.

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s. (no significativo).

-U. R.: Unidad de repetición (5 plantas).

Referente a las valoraciones gustativas, firmeza y número de semillas (cuadro 16). No se registraron diferencias estadísticas para la firmeza de frutos, número de semillas, °Brix, aroma y turgencia de frutos. Sin embargo, es de resaltar que en todos los tratamientos el valor de los °Brix fue arriba de 11. Así mismo en promedio el número de semillas por fruto que se encontraron a lo largo del experimento fue de 102, finalmente también se resalta que en el tratamiento T1 (80-60-15) se registró menor firmeza de frutos (193.33), en todos los casos sin que se hayan registrado diferencias estadísticamente significativas.

Cuadro 16. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para las variables de firmeza de frutos, número de semillas, acidez y pungencia con diferentes dosis de fertilización sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 125 días después del trasplante.

Tratamiento	Firmeza de frutos	Número de semillas/fruto	°Brix	pH inicial	NaOH	Pungencia Cata (%)	Aroma (%)	Turgencia (%)
T1: 80-60-15	193.33 n.s.	102 n.s.	11.00 n.s.	6.13 n.s.	2.97 n.s.	7.77 a	40.74 n.s.	64.82 n.s.
T2: 160-120-30	236.67 n.s.	104 n.s.	11.66 n.s.	6.17 n.s.	2.40 n.s.	55.55 ab	33.33 n.s.	57.40 n.s.
T3: 240-180-45	330.00 n.s.	116 n.s.	11.33 n.s.	6.20 n.s.	2.40 n.s.	51.85 b	40.74 n.s.	57.41 n.s.
T4: 320-240-60	376.67 n.s.	107 n.s.	11.33 n.s.	6.17 n.s.	2.20 n.s.	59.26 ab	35.18 n.s.	53.70 n.s.

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s. (no significativo).

-U. R.: Unidad de repetición (5 plantas).

Para el caso de la cata de frutos, si bien, no se observa una diferencia estadísticamente clara entre tratamientos, se registró que los frutos procedentes del tratamiento T1 presentaban mayor picor respecto al T2, T3 y T4.

### **6.3.3 Análisis mineral de la panta**

En los cuadros 17 al 19 se registran los resultados del análisis de la varianza para la concentración mineral y la relación K/Ca+Mg en raíz, tallo y hojas en plantas de chile serrano procedentes del municipio de Tlaola con diferentes programas de fertilización, a los 116 ddt.

En el cuadro 17 se observan los porcentajes del análisis mineral para raíz en planta de chile serrano.

Las plantas testigo (80-60-50) presentaron mayor porcentaje de nitrógeno (0.76%) y fósforo (0.12%) en raíces respecto al resto de los tratamientos, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ).

El mayor porcentaje de potasio, sodio y calcio en raíz, se presentó en plantas de los tratamientos T1, T2 y T4 en relación al tratamiento T3, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ).

La relación K/Ca+Mg fue mayor en plantas del tratamiento T4 (320-240-60) con respecto a los tratamientos T1, T2 y T3, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Para la concentración de magnesio no se observaron diferencias e.s.

Cuadro 17. Media  $\pm$  Error estándar y significancia del análisis mineral en raíz de chile serrano con diferentes dosis de fertilización a los 116 días después del trasplante.

Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	Relación K/(Ca+Mg)
T1: 80-60-15	0.76 $\pm$ 0.008 A	0.12 $\pm$ 0.003 a	1.24 $\pm$ 0.008 A	0.23 $\pm$ 0.08 A	1.41 $\pm$ 0.012 A	0.02 $\pm$ 0 n.s.	0.87 $\pm$ 0.012
T2: 160-120-30	0.66 $\pm$ 0.026 AB	0.10 $\pm$ 0.005 ab	1.13 $\pm$ 0.069 A	0.22 $\pm$ 0.008 A	1.46 $\pm$ 0.034 A	0.01 $\pm$ 0.003 n.s.	0.76 AB $\pm$ 0.043 B
T3: 240-180-45	0.64 $\pm$ 0.014 B	0.08 $\pm$ 0.003 b	0.68 $\pm$ 0.025 B	0.16 $\pm$ 0.005 B	0.81 $\pm$ 0.006 B	0.01 $\pm$ 0.003 n.s.	0.82 $\pm$ 0.029 AB
T4: 320-240-60	0.64 $\pm$ 0.020 B	0.100 $\pm$ 0.100 ab	1.36 $\pm$ 0.011 A	0.24 $\pm$ 0.006 A	1.43 $\pm$ 0.008 A	0.02 $\pm$ 0.0 n.s.	0.94 $\pm$ 0.006 A

- Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo).

- U.R. Unidad de repetición (5 plantas).

El contenido mineral en tallo de plantas de chile serrano con sus diferentes dosis de fertilización se registra en el cuadro 18.

En referencia a la concentración de nitrógeno, potasio, magnesio y la relación K/Ca+Mg no se encontraron diferencias e.s.

En la concentración de fósforo en tallo no se observan diferencias claras, si bien, el mayor porcentaje (0.11%) se encontró en el T3 (240-180-45) en relación a los tratamientos T1, T2 y T4, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ). El mismo comportamiento se presentó en la concentración de calcio, no obstante, el mayor porcentaje se encontró con el tratamiento T4 (320-240-60) con respecto al testigo (80-60-15), con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ).

Cuadro 18. Media  $\pm$  Error estándar y significancia del análisis mineral en tallo de chile serrano con diferentes dosis de fertilización a los 116 días después del trasplante.

Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	Relación K/(Ca+Mg)
T1: 80-60-15	1.37 $\pm 0.159$ n.s.	0.10 $\pm 0.003$ ab	2.09 $\pm 0.159$ n.s.	0.26 $\pm 0.014$ AB	1.25 $\pm 0.048$ B	0.04 $\pm 0.003$ n.s.	1.63 $\pm 0.136$ n.s.
T2: 160-120-30	1.64 $\pm 0.081$ n.s.	0.09 $\pm 0.005$ ab	1.71 $\pm 0.129$ n.s.	0.25 $\pm 0.020$ AB	1.40 $\pm 0.092$ AB	0.04 $\pm 0.002$ n.s.	1.18 $\pm 0.020$ n.s.
T3: 240-180-45	1.63 $\pm 0.061$ n.s.	0.11 $\pm 0.006$ a	1,9 $\pm 0.062$ n.s.	0.19 $\pm 0.003$ B	1.46 $\pm 0.069$ AB	0.05 $\pm 0.003$ n.s.	1.27 $\pm 0.093$ n.s.
T4: 320-240-60	1.66 $\pm 0.067$ n.s.	0.08 $\pm 0.003$ b	1.77 $\pm 0.026$ n.s.	0.29 $\pm 0.003$ A	1.65 $\pm 0.023$ A	0.03 $\pm 0.003$ n.s.	1.05 $\pm 0.007$ n.s.

- Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo).

- U.R. Unidad de repetición (5 plantas).

El contenido mineral y la relación K/Ca+Mg en hojas se reportan en el cuadro 19. Se observa que el mayor porcentaje de nitrógeno se registró con el Testigo (80-60-15) y T4 (320-240-60) con 6,38 y 6.41%, respectivamente, en relación a los tratamientos T2 y T3, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Para el caso del potasio se registró mayor concentración en plantas del T4 (320-240-60) con 2.79%, con respecto al testigo (80-60-15) con 2.32%, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ).

En el caso del calcio el mayor porcentaje se encontró con el T4 (3.53%) en relación al resto de los tratamientos, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). asimismo, el magnesio no se observan diferencias claras, sin embargo, con el T2 (160-120-30) se registró un porcentaje de 003 %, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ).

En la concentración de fósforo y la relación K/Ca+Mg no se observaron diferencias e.s.

Cuadro 19. Media  $\pm$  Error estándar y significancia del análisis mineral en hojas de chile serrano con diferentes dosis de fertilización a los 116 días después del trasplante.

Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	Relación K/(Ca+Mg)
T1: 80-60-15	6.38 $\pm 0.049$ A	0.13 $\pm 0.010$ n.s.	2.32 $\pm 0.005$ B	0.24 $\pm 0.017$ n.s.	2.69 $\pm 0.130$ AB	0.07 $\pm 0.005$ ab	0.84 $\pm 0.038$ BC
T2: 160-120-30	5.34 B $\pm 0.046$	0.15 $\pm 0.008$ n.s.	2.51 $\pm 0.077$ AB	0.22 $\pm 0.005$ n.s.	2.00 $\pm 0.075$ B	0.08 $\pm 0.003$ a	1.2 $\pm 0.014$ A
T3: 240-180-45	5.63 $\pm 0.124$ B	0.15 $\pm 0.008$ n.s.	2.38 $\pm 0.031$ B	0.23 $\pm 0.008$ n.s.	3.53 $\pm 0.24$ A	0.07 $\pm 0.008$ ab	0.66 $\pm 0.041$ c
T4: 320-240-60	6.41 $\pm 0.06$ A	0.12 $\pm 0.008$ n.s.	2.79 $\pm 0.040$ A	0.25 $\pm 0.014$ n.s.	2.71 $\pm 0.092$ AB	0.05 $\pm 0.008$ b	1.01 $\pm 0.020$ B

- Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo).

- U.R. Unidad de repetición (5 plantas).

#### 6.3.4 Discusión

Respecto a las diferentes dosis de fertilización se encontró que el tratamiento 2 aumentó el peso total de frutos, número total de frutos, mejor peso medio y, por tanto, mejor rendimiento respecto a los tratamientos T1, T3 y T4. Estos resultados coinciden con los reportados por Ramírez *et al.* (2007) y Aguilar *et al.* (2006) que reportan alta eficiencia agronómica de rendimiento en chile ancho establecido en un suelo de tipo vertisol. De igual manera Rueda *et al.* (2016) reporta que los rendimientos promedios en campo de la zona de estudio se encuentran en promedio de  $6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , en este experimento con el tratamiento 2 se obtuvieron rendimientos arriba de  $23 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Con el tratamiento 2 las plantas incrementaron el peso total de frutos de primera calidad y mejor peso medio de frutos, para el número de frutos totales, longitud y diámetro de frutos se presentó la misma tendencia respecto al resto de tratamientos. Resultados similares con lo encontrado por Vázquez *et al.* (2010) que reportan diferencias entre variedades en peso y diámetro del fruto de chile serrano, encontrando una correlación positiva entre diámetro y peso de fruto.

Para frutos clasificados de segunda categoría el tratamiento 2 aumento el peso total de frutos, mayor peso medio total de frutos y el mayor número total de frutos, en referencia a los demás tratamientos, resultados que concuerdan con Aguilar *et al.* (2005) que encontró alta eficiencia agronómica de rendimiento en chile ancho con la incorporación de fertilizantes.

En todos los tratamientos el valor de los °Brix fue arriba de 11. Los °Brix son muy importantes ya que conforme maduran los frutos la concentración de almidones aumenta (Satti *et al.*, 1996). El número de semillas por fruto que se encontraron a lo largo del experimento fue de 102. La deficiencia de P y K en los cultivos de hortalizas ocasionan poco desarrollo de semillas y semillas vanas (Izquierdo y Granados Ortiz, 2011). En el tratamiento T1 se registró menor firmeza de frutos. Datos similares a los reportados por San Juan *et al.* (2019) quienes reportan una correlación para mayor número y peso de semillas en diferentes concentraciones de nutrientes en plantas de chile ancho.

Los frutos procedentes del tratamiento T1 presentaban mayor picor respecto al resto de los tratamientos. Estos resultados concuerdan con los publicados por Ramos (2010), quien señalo que la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos (estiércol de bovino)

no afecto la pungencia del chile jalapeño híbrido Vencedor. Respectivamente Velasco-Velasco *et al.* (2001) afirman que la producción de capsaicina disminuye al incrementar el suministro de N, P y K en chile jalapeño.

El mayor porcentaje de potasio, sodio y calcio en raíz, se presentó en plantas de los tratamientos T1, T2 y T4 en relación al tratamiento T3, resultados que coinciden con Azofeira y Moreira (2004); Azofeira y Moreira (2005); Cruz-Crespo *et al.* (2014) y Bregliani *et al.* (2006).

Con respecto al contenido mineral y la relación K/Ca+Mg en hojas el mayor porcentaje de nitrógeno se registró con el Testigo y T4, en relación a los tratamientos T2 y T3. Para el caso del potasio se registró mayor concentración en plantas del T4, con respecto al testigo. Resultados similares reportan Azofeifa y Moreira (2004, 2005) y Bregliani *et al.* (2006).

En el caso del calcio el mayor porcentaje se encontró con el T4 en relación al resto de los tratamientos, Resultados similares reportaron Campos S. y Arguedas G. (2017) quienes encontraron altos contenidos de calcio en variedades de chile dulce.

### **6.3.5 Conclusiones**

El experimento con diferentes dosis de fertilización que se llevó a cabo en el municipio de Tlaola se llegaron a las siguientes conclusiones.

La dosis de fertilización del tratamiento T2 (160-120-30) aumentó la producción total y producción comercial clasificada de primera y segunda categoría.

Las firmezas de los frutos tuvieron un promedio de 310 g en comparación al grupo testigo que presentaron menor firmeza de frutos con 193 g posiblemente como efecto de las diferentes dosis de fertilización.

En este ensayo se registraron 100 semillas por fruto aproximadamente en los diferentes tratamientos.

Entre los diferentes tratamientos no se encontraron diferencias e.s. para los sólidos solubles. No obstante, al igual que el ensayo de ecotipos se registraron valores de 11 °Brix.

El pH de los frutos en los diferentes tratamientos tuvo valores ligeramente ácidos (pH 6). Respecto a la pungencia de los frutos, el panel de catadores reportó mayor picor y mejor aroma de frutos en los tratamientos T2 y T3.

El análisis mineral de la planta reportó para el caso de la raíz; mayor porcentaje de fósforo en plantas testigo. Sin embargo, el mayor porcentaje de potasio y calcio se encontró en raíces de las plantas de los tratamientos T1, T2 y T4, asimismo, en estos tratamientos presentaron mayor relación K/Ca+Mg.

En el caso de los tallos de las plantas analizadas se encontró mayor contenido de calcio y la relación K/Ca+Mg en los tratamientos T1, T2 y T3.

En relación al contenido mineral en hojas se registró mayor porcentaje de nitrógeno en plantas de los tratamientos T1 y mayor porcentaje de potasio en plantas del tratamiento T4.

## 6.4 Experimento 3. Fertirrigación en dos ecotipos de chile serrano

### 6.4.1 Materiales y métodos

El experimento se realizó en las instalaciones del Departamento de Investigaciones en Ciencias Agrícolas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México (19° 14' latitud norte y 98° 18' longitud oeste, a una altitud de 2150 m s.n.m.). El ensayo se estableció en el ciclo primavera-verano de 2018 en un macrotúnel con cubierta de plástico. Se utilizó semilla de dos ecotipos de chile serrano procedentes de las comunidades de Tlaola y Tlapacoya, Puebla. El semillero se estableció en charolas de poliestireno de 200 cavidades rellenas de Peat Moss y perlita en relación de 3:1 el día 25 de enero de 2018. El trasplante se realizó cuando la planta tenía 15 cm de altura y 6 hojas verdaderas, que aproximadamente ocurrió a los 40 días después de la siembra en contenedores de plástico de 35 x 40 cm rellenos de tezontle rojo. Se utilizó un diseño factorial para *ecotipos* 2 (Tlaola y Tlapacoya) x 2 soluciones nutritivas (S1 y S2) x 2 dosis de riego (V1 y V2) y 2 tratamientos foliares calcio y testigo (Ca y T), con tres repeticiones de 8 plantas cada una. La solución nutritiva S1: compuesta por (mMol·l<sup>-1</sup>) NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 17.00, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1.50, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> 3.75, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 0.50, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 1.0, K<sup>+</sup> 8.0, Ca<sup>+2</sup> 4.25, Mg<sup>+2</sup> 2.0. CE=1.9 mSxcm<sup>-1</sup> y pH de 7.2 y la solución nutritiva S2: solo varió el contenido de los NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 13.75, el resto de los elementos permanecieron iguales. El riego se fijó en el 100% para el V2 y el 50% para el V1, que correspondería a 1.41 l/planta y 0.705 l/planta, respectivamente. Y como el sistema de cultivo fue con sustrato en contenedor, se procuró mantener durante todo el ensayo un volumen de drenaje entre el 20-30%, para el caso del V2, en tanto que para el V1 los volúmenes de drenaje fueron muy bajos o nulos. La programación del riego fue por volumen drenado y se utilizaron goteros de 2.2 l/h, en todos los riegos el tiempo de V2 fue el doble que V1. Los tratamientos foliares se efectuaron una vez por semana, realizándose la primera aplicación cuando la planta presentaba una altura de 30 cm aprox. el 2 de abril de 2018. Para el tratamiento a base de calcio se aplicaron 2 g·L<sup>-1</sup> de CaCl<sub>2</sub> más 1 ml/L de mojante, en tanto que a las plantas testigo (T) solo se les aplicó mojante. En los dos casos se utilizaron 59 cc/planta.

La cosecha de los frutos se llevó a cabo entre el 30 de abril y el 6 de agosto de 2018. Los parámetros evaluados fueron peso total de frutos, peso medio total de frutos y clasificación comercial de frutos clasificados de primera, segunda y tercera categoría,

para el primer caso se consideraron frutos de más de 6 cm de longitud y para segundo caso frutos de 4 a 6 cm de longitud, y frutos de tercera categoría menos de 4 cm de longitud. Todos los pesos son expresados en gramos (g). La longitud (cm) y diámetro (mm) del fruto se realizó con la ayuda de un vernier digital.

La incidencia de fisiopatías como la deformación y defectos de los frutos, se valoró en una escala subjetiva de 0 a 3, asignándose el valor 0 a los frutos sin ningún daño y el valor 3 a los frutos con mayor grado de deformación. Asimismo, se valoró la pungencia, aroma, color y turgencia de los frutos, con la misma escala antes mencionada. Los resultados se reportan en porcentaje.

Todas las variables evaluadas se realizaron siguiendo la misma metodología como se describe en el experimento 1.

Finalmente, todos los resultados obtenidos sobre datos acumulados de cinco fechas de corte se sometieron a un análisis de la varianza, por medio del programa Statgraphics Centurion XVI.I y la comparación de medias se efectuó por medio de la prueba de Tukey.

#### **6.4.2 Resultados**

En los cuadros 20 al 38 se registran los valores medios del análisis de la varianza para los ecotipos de Tlaola y Tlapacoya para los factores en estudio respecto a diversas soluciones nutritivas, dosis de riego y tratamientos foliares con sus respectivas variables en estudio. Resultados sobre datos acumulados de 5 fechas de corte a los 121 ddt.

En relación a las diferentes soluciones nutritivas sobre el efecto que tuvieron en los diferentes ecotipos, se encontró que el ecotipo procedente de la región de Tlaola, presentó mayor producción total (1,123.0 g/U.R.), mayor número de frutos totales (594.33 N°/U.R.), mejor peso medio de frutos (1.95 g/U.R.), por lo tanto, el mejor rendimiento por planta (175.80 g/planta), respecto a las plantas que recibieron la solución S1 con una producción total de 644.25 g/U.R. y un rendimiento por planta de 98.30 g/planta, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ) (cuadro 20).

Cuadro 20. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para las variables de producción total del ecotipo de chile serrano de Tlaola sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		Producción total (g/U.R.)	Número total de frutos (Nº/U.R.)	Peso medio total (g/fruto)	Rendimiento (g/planta)
Solución	S1	644.25 $\pm$ 101.77 B	413.00 $\pm$ 59.86 B	1.64 $\pm$ 0.06 B	98.30 $\pm$ 15.09 B
	S2	1123.00 $\pm$ 112.42 A	594.33 $\pm$ 68.47 A	1.95 $\pm$ 0.04 A	175.80 $\pm$ 18.12 A
Volumen	V1	751.91 $\pm$ 118.45 B	400.17 $\pm$ 70.42 B	1.83 $\pm$ 0.06 n.s.	117.41 $\pm$ 18.25 B
	V2	1015.33 $\pm$ 135.06 A	607.17 $\pm$ 81.16 A	1.75 $\pm$ 0.5 n.s.	156.69 $\pm$ 21.73 A
Tratamiento	Ca	943.67 $\pm$ 125.98 n.s.	583.00 $\pm$ 79.66 A	1.73 $\pm$ 0.05 n.s.	145.86 $\pm$ 19.32 n.s.
	T	823.58 $\pm$ 132.79 n.s.	424.33 $\pm$ 74.43 B	1.86 $\pm$ 0.04 n.s.	128.23 $\pm$ 21.46 n.s.
Interacciones	Solución x volumen	n.s	n.s	**	n.s
	Solución x Tratamiento	**	n.s	n.s	**
	Volumen x tratamiento	n.s	**	n.s	n.s

-Letras distintas mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s.; \*, \*\*; no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01 respectivamente.

-U.R.: Unidad de repetición (8 plantas).

El volumen 2 favoreció a las plantas al incrementar la producción total de frutos con 1,015.33 g/U.R. y mayor número de frutos (607.17) y por consiguiente mayor rendimiento por planta con 156.69 g/planta en relación al volumen 1 con 751.91 g/U.R., 400.17 frutos por U.R. y rendimiento por planta de 117.41 g, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). En los tratamientos cálcicos no se encontraron diferencias claras para estas variables, si bien, el mayor número de frutos se registró en el tratamiento a base de calcio con 583.00 frutos por U.R., respecto al grupo testigo, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Se presentó una interacción doble ( $p \leq 0.05$ ) entre solución x tratamiento. Donde se observa que la solución nutritiva S1 en interacción con el tratamiento foliar a base de calcio aumentó la producción total de frutos, y por lo tanto mayor rendimiento total de frutos por planta (cuadro 21).

Cuadro 21. Interacciones. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para las variables de producción total del ecotipo de chile serrano de Tlaola sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		Producción total de frutos (g/U.R.)	Rendimiento total de frutos (g/planta)
S1	Ca	788.83 a	119.44 a
	T	499.66 b	77.16 b
S2	Ca	1098.50 n.s.	172.30 n.s.
	T	1147.50 n.s.	179.31 n.s.
LSD ( $p \leq 0.05$ )		217.95	34.77

-Letras distintas mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s. (no significativo).

-U.R.: Unidad de repetición (8 plantas).

En el caso de los frutos clasificados de primera para el ecotipo de Tlaola (cuadro 22) se observa que la solución nutritiva S2 incrementó la producción de frutos (252.33 g/U.R.) y número de frutos totales de primera calidad con 82.41 frutos referente a las plantas que recibieron la solución S1 (88.16 g/U.R. y 28.83 frutos por U.R., respectivamente), con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ).

Cuadro 22. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para producción de frutos clasificados de primera categoría y fisiopatías del ecotipo de Tlaola sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		FRUTOS CLASIFICADOS DE PRIMERA							
		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (N°/U.R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de frutos (cm)	Diámetro de frutos (mm)	Defectos de frutos (%)	Deformación de frutos (%)	Coloración de frutos (%)
Solución	S1	88.16 $\pm$ 36.15 b	28.83 $\pm$ 5.92 B	2.84 $\pm$ 0.32 n.s.	6.28 $\pm$ 0.61 n.s.	8.11 $\pm$ 0.81 n.s.	18.75 $\pm$ 3.26 n.s.	25.00 $\pm$ 4.35 n.s.	20.83 $\pm$ 4.16 b
	S2	252.33 $\pm$ 6.11 a	82.41 $\pm$ 13.44 A	3.07 $\pm$ 0.13 n.s.	6.76 $\pm$ 0.68 n.s.	8.18 $\pm$ 0.80 n.s.	12.50 $\pm$ 3.76 n.s.	18.92 $\pm$ 5.39 n.s.	20.83 $\pm$ 5.18 a
Volumen	V1	141.91 $\pm$ 36.94 n.s.	49.25 $\pm$ 13.69 n.s.	2.69 $\pm$ 0.30 n.s.	6.37 $\pm$ 0.62 n.s.	7.79 $\pm$ 0.77 n.s.	16.66 $\pm$ 3.55 n.s.	22.92 $\pm$ 4.82 n.s.	22.91 $\pm$ 4.82 b
	V2	198.58 $\pm$ 6.22 n.s.	62.00 $\pm$ 12.30 n.s.	3.22 $\pm$ 0.14 n.s.	6.66 $\pm$ 0.68 n.s.	8.50 $\pm$ 0.83 n.s.	14.58 $\pm$ 3.71 n.s.	21.00 $\pm$ 5.12 n.s.	18.75 $\pm$ 4.48 a
Tratamiento	Ca	219.66 $\pm$ 6.04 a	72.16 $\pm$ 14.59 a	3.11 $\pm$ 0.11 n.s.	6.11 $\pm$ 0.58 n.s.	7.86 $\pm$ 0.73 n.s.	10.41 $\pm$ 3.71 b	16.83 $\pm$ 4.64 n.s.	16.66 $\pm$ 4.70 n.s.
	T	120.83 $\pm$ 44.87 b	39.08 $\pm$ 9.14 b	2.80 $\pm$ 0.32 n.s.	6.92 $\pm$ 0.70 n.s.	7.44 $\pm$ 0.81 n.s.	20.83 $\pm$ 2.80 a	27.08 $\pm$ 4.82 n.s.	25.00 $\pm$ 4.35 n.s.
Interacciones	Solución x volumen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Solución x tratamiento	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Volumen x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s.; \*, \*\*; no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01 respectivamente.

-U.R.: Unidad de repetición (8 plantas).

En los tratamientos cálcicos se registró mayor producción total de frutos (219.66 g/U.R.) y mayor número de frutos totales (72.16 N°/U.R.) en comparación al grupo testigo que presentó 120.83 g/U.R. de peso total de frutos, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ). También cabe resaltar que en el grupo testigo se registró mayor porcentaje de frutos con defectos (20.83%) respecto a la aplicación de calcio (10.41%), con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ). Se presentó una interacción doble ( $p \leq 0.05$ ) entre solución x tratamiento. En el cual el peso medio de los frutos se vio influenciada por el tratamiento de la solución S1 en combinación con el tratamiento con calcio (cuadro 23).

Cuadro 23. Interacciones. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para producción de frutos clasificados de primera categoría y fisiopatías del ecotipo de Tlaola sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		Peso medio total de frutos (g/fruto)
S1	Ca	3.31 a
	T	2.38 b
S2	Ca	2.92 n.s.
	T	3.23 n.s.
LSD ( $p \leq 0.05$ )		0.851

-Letras distintas mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s. (no significativo).

-U.R.: Unidad de repetición (8 plantas).

En el cuadro 24 se muestran las medias de las variables para producción de frutos clasificados de segunda categoría, donde se observa que con la S2 se registró mejor peso medio de frutos con 2.40 g/U.R. respecto a la solución S1 que registró pesos medios de 2.17 g/U.R., con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ).

Cuadro 24. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de segunda categoría y fisiopatías del ecotipo de chile serrano de Tlaola sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		FRUTOS CLASIFICADOS DE SEGUNDA							
		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (N°/U.R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de frutos (cm)	Diámetro de frutos (mm)	Defectos de frutos (%)	Deformación de frutos (%)	Coloración de frutos (%)
Solución	S1	272.17 $\pm$ 40.41 n.s.	123.91 $\pm$ 17.22 n.s.	2.17 $\pm$ 0.05 b	5.66 $\pm$ 0.14 n.s.	7.80 $\pm$ 0.26 n.s.	27.08 $\pm$ 2.08 n.s.	35.41 $\pm$ 3.71 n.s.	31.25 $\pm$ 3.26 n.s.
	S2	340.58 $\pm$ 38.25 n.s.	142.66 $\pm$ 15.98 n.s.	2.40 $\pm$ 0.07 a	5.67 $\pm$ 0.09 n.s.	8.14 $\pm$ 0.19 n.s.	25.00 $\pm$ 3.07 n.s.	33.33 $\pm$ 3.55 n.s.	37.50 $\pm$ 3.76 n.s.
Volumen	V1	255.00 $\pm$ 36.02 b	111.50 $\pm$ 14.63 b	2.28 $\pm$ 0.08 n.s.	5.63 $\pm$ 0.11 n.s.	7.98 $\pm$ 0.28 n.s.	22.92 $\pm$ 2.08 n.s.	35.41 $\pm$ 3.71 n.s.	37.50 $\pm$ 3.76 n.s.
	V2	357.75 $\pm$ 39.14 a	155.55 $\pm$ 16.26 a	2.29 $\pm$ 0.06 n.s.	5.70 $\pm$ 0.12 n.s.	7.96 $\pm$ 0.19 n.s.	29.16 $\pm$ 2.80 n.s.	33.33 $\pm$ 3.55 n.s.	31.25 $\pm$ 3.26 n.s.
Tratamiento	Ca	303.17 $\pm$ 40.42 n.s.	135.58 $\pm$ 18.35 n.s.	2.26 $\pm$ 0.08 n.s.	5.77 $\pm$ 0.11 n.s.	8.11 $\pm$ 0.24 n.s.	25.00 $\pm$ 3.07 a	29.16 $\pm$ 2.80 b	31.25 $\pm$ 3.26 n.s.
	T	309.58 $\pm$ 40.91 n.s.	131.00 $\pm$ 15.18 n.s.	2.30 $\pm$ 0.07 n.s.	5.56 $\pm$ 0.11 n.s.	7.83 $\pm$ 0.23 n.s.	27.08 $\pm$ 2.08 b	39.58 $\pm$ 3.71 a	37.50 $\pm$ 3.76 n.s.
Interacciones	Solución x volumen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Solución x tratamiento	**	**	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Volumen x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s.; \*, \*\*; no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01 respectivamente.

-U.R.: Unidad de repetición (8 plantas).

Se presentan interacciones dobles ( $p \leq 0.05$ ) entre solución x tratamiento, incrementando el peso medio y número total de frutos entre los tratamientos con la S1 y el tratamiento a base de calcio. Sin embargo, la solución S2 interactuó con el grupo testigo. Asimismo, con el volumen de agua al 100% aportado (V2) se alcanzó mayor producción de frutos clasificados de segunda categoría con 357.75 g/U.R. y mayor número de frutos con 111.50 por U.R., con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ) (cuadro 25).

Cuadro 25. Interacciones. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de segunda categoría y fisiopatías del ecotipo de chile serrano de Tlaola sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		Peso total de frutos (g/fruto)	Número total de frutos (N°/U.R.)	Longitud de frutos (cm)
S1	Ca	355.33 a	160.50 a	6.06 a
	T	189.00 b	87.33 b	5.27 b
S2	Ca	251.00 b	110.67 b	5.49 b
	T	430.17 a	174.67 a	5.86 a
LSD ( $p \leq 0.05$ )		116.01	50.17	0.33

-Letras distintas mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s. (no significativo).

-U.R.: Unidad de repetición (8 plantas).

Respecto a la clasificación de frutos de tercera calidad (cuadro 26) se puede resaltar que la solución nutritiva S2, el volumen 2 y los tratamientos cálcicos incrementaron el peso total de frutos y el número total de frutos. Posiblemente como consecuencia de que en general presentaron mayor ventaja productiva estas variables en estudio.

Cuadro 26. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de tercera categoría y fisiopatías del ecotipo de chile serrano de Tlaola sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		FRUTOS CLASIFICADOS DE TERCERA							
		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (N°/U.R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de frutos (cm)	Diámetro de frutos (mm)	Defectos de frutos (%)	Deformación de frutos (%)	Coloración de frutos (%)
Solución	S1	330.25 $\pm$ 44.26 B	260.25 $\pm$ 33.00 B	1.28 $\pm$ 0.05 b	3.99 $\pm$ 0.06 n.s.	6.87 $\pm$ 0.18 n.s.	29.16 $\pm$ 2.80 n.s.	50.00 $\pm$ 0.00 a	35.42 $\pm$ 3.71 n.s.
	S2	557.00 $\pm$ 54.94 A	369.25 $\pm$ 39.49 A	1.44 $\pm$ 0.05 a	3.87 $\pm$ 0.05 n.s.	7.06 $\pm$ 0.12 n.s.	33.33 $\pm$ 3.55 n.s.	43.75 $\pm$ 3.26 b	39.58 $\pm$ 3.71 n.s.
Volumen	V1	346.25 $\pm$ 47.76 B	239.83 $\pm$ 20.52 B	1.31 $\pm$ 0.05 n.s.	3.95 $\pm$ 0.05 n.s.	6.86 $\pm$ 0.18 n.s.	33.33 $\pm$ 3.55 n.s.	50.00 $\pm$ 0.00 a	37.50 $\pm$ 3.76 n.s.
	V2	541.00 $\pm$ 57.53 A	389.66 $\pm$ 41.79 A	1.40 $\pm$ 0.05 n.s.	3.91 $\pm$ 0.06 n.s.	7.06 $\pm$ 0.11 n.s.	29.16 $\pm$ 2.80 n.s.	43.75 $\pm$ 3.26 b	37.50 $\pm$ 3.76 n.s.
Tratamiento	Ca	502.00 $\pm$ 62.53 a	375.25 $\pm$ 42.93 A	1.32 $\pm$ 0.05 n.s.	3.93 $\pm$ 0.07 n.s.	7.21 $\pm$ 0.11 a	31.25 $\pm$ 3.26 n.s.	45.83 $\pm$ 2.80 n.s.	35.41 $\pm$ 3.71 n.s.
	T	385.25 $\pm$ 52.76 b	254.25 $\pm$ 20.07 B	1.38 $\pm$ 0.06 n.s.	3.93 $\pm$ 0.04 n.s.	6.71 $\pm$ 0.16 b	31.25 $\pm$ 3.26 n.s.	47.92 $\pm$ 2.08 n.s.	39.58 $\pm$ 3.71 n.s.
Interacciones	Solución x volumen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Solución x tratamiento	**	**	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Volumen x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s.; \*, \*\*; no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01 respectivamente.

-U.R.: Unidad de repetición (8 plantas).

En el cuadro 27 se presentan los resultados del análisis de la varianza para los parámetros del número de semillas, firmeza de los frutos, °Brix, pH de los frutos y gasto de NaOH, sobre datos acumulados de 121 días después del trasplante. En los diferentes parámetros en estudio no se registraron diferencias estadísticas. Sin embargo, las plantas que recibieron el volumen 1 de agua presentaron mayor valor en sólidos disueltos (6.35 °Brix), con respecto al tratamiento del volumen 2, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). En términos medios se encontraron valores de firmeza de frutos de 330 g por fruto, con 31 semillas por fruto y un pH de 5.0.

Cuadro 27. Análisis de la varianza para los parámetros, número de semillas, firmeza de frutos, °Brix, pH de los frutos y gasto de NaOH. Del ecotipo de chile serrano de Tlaola sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		Numero de semillas	Firmeza de frutos (g)	°Brix	pH inicial	NaOH
Solución	S1	33.5 ± 4.89 n.s.	339.47 ± 6.15 n.s.	6.21 ± 0.13 n.s.	4.9 ± 0.4 n.s.	2.77 ± 0.27 n.s.
	S2	38.58 ± 5.91 n.s.	338.16 ± 5.45 n.s.	6.07 ± 0.10 n.s.	5.4 ± 0.3 n.s.	3.02 ± 0.11 n.s.
Volumen	V1	36.00 ± 5.35 n.s.	343.33 ± 5.97 n.s.	6.35 ± 0.12 A	5.3 ± 0.4 n.s.	3.03 ± 0.10 n.s.
	V2	36.16 ± 5.60 n.s.	334.33 ± 5.31 n.s.	5.93 ± 0.08 B	5.3 ± 0.4 n.s.	2.76 ± 0.27 n.s.
Tratamiento	Ca	28.75 ± 5.27 n.s.	340.00 ± 6.11 n.s.	6.09 ± 0.09 n.s.	4.9 ± 0.4 n.s.	2.79 ± 0.26 n.s.
	T	43.42 ± 4.75 n.s.	337.24 ± 5.45 n.s.	6.19 ± 0.14 n.s.	5.4 ± 0.4 n.s.	3.00 ± 0.13 n.s.
Interacciones	Solución x volumen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Solución x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Volumen x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Solución x volumen x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s.;\*,\*\*; no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01, respectivamente.

-U. R.: Unidad de repetición (8 plantas).

En los cuadros 28 al 38 se registran los valores medios de la producción total, clasificación comercial y diversas fisiopatías en cultivo de chile serrano procedente de la región de Tlapacoya en relación a diversas soluciones nutritivas, volúmenes de agua y tratamientos cálcicos.

En el cuadro 28 se muestran los resultados de la producción total del ecotipo de Tlapacoya. Se observa que la solución nutritiva S2 aumentó la producción total de frutos (822.75 g/U.R.) y mayor número de frutos totales con 424.75 frutos por U.R. en relación al tratamiento con la solución S1 con producción total de frutos de 673.31 g/U.R. y número de frutos totales con 315.00 g/U.R., con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Por consiguiente, se registró mayor rendimiento con 131.63 g/planta, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). En relación a los volúmenes de agua, se registró que el V2 incrementó la producción total de frutos (845.75 g/U.R.), número total de frutos (401.91 N°/U.R.) y mejor peso medio total de frutos (2.05 g/U.R.) en comparación a las plantas que recibieron el volumen 1 (650.31 g/U.R., 337.63 N°/U.R. y peso medio de 1.88 g/U.R., respectivamente), con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). En los diversos tratamientos foliares se registró que la aplicación foliar a base de calcio aumentó la producción total de frutos con 798.89 g/U.R. y mayor número de frutos totales con 387.66 N°/U.R. respecto a las plantas testigo que registraron una producción total de frutos de 697.16 g/U.R. y con 352.08 N°/U.R., con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Se presentó una interacción doble ( $p \leq 0.05$ ) entre solución x volumen, para la producción total y número de frutos totales, donde se observa que la solución S1 en combinación con el V2 incrementó la producción de frutos (cuadro 29).

Cuadro 28. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para las variables de producción total del ecotipo de chile serrano de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		Producción total (g/U.R.)	Número total de frutos (N°/U.R.)	Peso medio total (g/fruto)	Rendimiento (g/planta)
Solución	S1	673.31 $\pm$ 60.87 B	315.00 $\pm$ 17.39 B	2.03 $\pm$ 0.07 n.s.	82.70 $\pm$ 10.73 n.s.
	S2	822.75 $\pm$ 18.09 A	424.75 $\pm$ 9.42 A	1.90 $\pm$ 0.04 n.s.	131.63 $\pm$ 5.07 A
	V1	650.31 $\pm$ 48.88 B	337.83 $\pm$ 23.94 B	1.88 $\pm$ 0.04 b	100.46 $\pm$ 9.54 n.s.
Volumen	V2	845.75 $\pm$ 30.38 A	401.91 $\pm$ 13.38 A	2.05 $\pm$ 0.07 a	113.86 $\pm$ 12.26 n.s.
	Ca	798.89 $\pm$ 51.44 A	387.66 $\pm$ 22.51 A	2.00 $\pm$ 0.06 n.s.	112.19 $\pm$ 12.75 n.s.
	T	697.16 $\pm$ 43.95 B	352.08 $\pm$ 19.35 B	1.93 $\pm$ -0.05 n.s.	102.14 $\pm$ 9.07 n.s.
Interacciones	Solución x volumen	**	**	n.s.	n.s.
	Solución x Tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Volumen x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s.; \*, \*\*; no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01 respectivamente.

-U.R.: Unidad de repetición (8 plantas).

Cuadro 29. Interacciones. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para las variables de producción total del ecotipo de chile serrano de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		Producción total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (N°/U.R.)
S1	V1	496.79 b	263.00 b
	V2	849.83 a	367.00 a
S2	V1	803.83 n.s.	412.67 n.s.
	V2	841.67 n.s.	436.83 n.s.
LSD ( $p \leq 0.05$ )		80.69	28.19

-Letras distintas mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s. (no significativo).

-U.R.: Unidad de repetición (8 plantas).

En el cuadro 30 se reportan los valores de las medias para los frutos clasificados de primera calidad para el ecotipo procedente de la región de Tlapacoya. En este caso se observa que la solución nutritiva S1 incrementó la producción total de frutos (157.50 g/U.R.) y mayor número de frutos clasificados de primera calidad (44.00 N°/U.R.), contrario a lo registrado en el ecotipo procedente de Tlaola, con respecto a la solución S2 donde las plantas tuvieron una producción de 87.83 g/U.R. y menor número de frutos totales (20.08 N°/U.R.), con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ).

Respecto a los volúmenes de agua, las plantas que recibieron el 100% de la dosis de agua que correspondió al V2, las plantas alcanzaron una producción total de frutos de 168.00 g/U.R. en relación al V1 aplicado que tuvieron una producción de 77.73 g/U.R., con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Asimismo, alcanzaron el mayor número de frutos totales de primera calidad con 48.08 N°/U.R., con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ). Para el resto de las variables no se detectaron diferencias e.s. Finalmente, en los tratamientos cálcicos no se registraron diferencias e.s. en las variables de producción, no obstante, el tratamiento con calcio disminuyó el porcentaje de defectos en los frutos (10.41%) con respecto al testigo (20.83%), con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ). para el resto de variables no se registraron diferencias e.s. Se presentaron interacciones dobles ( $p \leq 0.05$ ) entre solución x volumen, solución x tratamiento y volumen x tratamiento.

Cuadro 30. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para producción de frutos clasificados de primera categoría y fisiopatías del ecotipo de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

FRUTOS CLASIFICADOS DE PRIMERA									
		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (Nº/U.R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de frutos (cm)	Diámetro de frutos (mm)	Defectos de frutos (%)	Deformación de frutos (%)	Coloración de frutos (%)
Solución	S1	157.50 $\pm$ 37.69 a	44.00 $\pm$ 9.66 a	3.24 $\pm$ 0.23 n.s.	6.45 $\pm$ 0.60 n.s.	7.41 $\pm$ 0.77 n.s.	12.50 $\pm$ 3.76 n.s.	22.91 $\pm$ 5.72 n.s.	18.75 $\pm$ 4.48 n.s.
	S2	87.83 $\pm$ 14.96 b	20.08 $\pm$ 4.87 b	2.92 $\pm$ 0.28 n.s.	7.26 $\pm$ 0.87 n.s.	7.14 $\pm$ 0.66 n.s.	18.75 $\pm$ 3.26 n.s.	25.00 $\pm$ 4.35 n.s.	20.83 $\pm$ 4.16 n.s.
Volumen	V1	77.73 $\pm$ 13.92 B	24.00 $\pm$ 4.09 B	3.24 $\pm$ 0.13 n.s.	7.23 $\pm$ 0.17 n.s.	7.69 $\pm$ 0.27 n.s.	16.66 $\pm$ 3.55 n.s.	22.91 $\pm$ 5.72 n.s.	20.83 $\pm$ 4.16 n.s.
	V2	168.00 $\pm$ 36.02 A	48.08 $\pm$ 9.25 A	2.92 $\pm$ 0.34 n.s.	6.49 $\pm$ 1.05 n.s.	6.86 $\pm$ 0.96 n.s.	14.58 $\pm$ 3.71 n.s.	25.00 $\pm$ 4.35 n.s.	18.75 $\pm$ 4.48 n.s.
Tratamiento	Ca	141.66 $\pm$ 39.55 n.s.	39.83 $\pm$ 10.25 n.s.	3.46 $\pm$ 0.12 n.s.	7.18 0.86 n.s.	7.39 $\pm$ 0.73 n.s.	10.41 $\pm$ 3.72 b	20.83 $\pm$ 5.18 n.s.	14.58 $\pm$ 3.71 n.s.
	T	103.66 $\pm$ 15.31 n.s.	32.25 $\pm$ 4.58 n.s.	2.70 $\pm$ 0.32 n.s.	6.54 $\pm$ 0.62 n.s.	7.16 $\pm$ 0.70 n.s.	20.83 $\pm$ 2.81 a	27.08 $\pm$ 4.82 n.s.	25.00 $\pm$ 4.35 n.s.
Interacciones	Solución x volumen	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Solución x tratamiento	**	**	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Volumen x tratamiento	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s.; \*, \*\*; no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01 respectivamente.

-U.R.: Unidad de repetición (8 plantas).

En el cuadro 31 se observa que la solución S1 en combinación con el volumen V2 favoreció el peso total de frutos y número de frutos totales.

Cuadro 31. Interacciones. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para producción de frutos clasificados de primera categoría y fisiopatías del ecotipo de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		Peso total de frutos (g/fruto)	Número total de frutos (N°/U.R.)
S1	V1	77.00 b	22.5 b
	V2	238.00 a	65.5 a
S2	V1	77.66 n.s.	25.5 n.s.
	V2	98.00 n.s.	30.67 n.s.
LSD ( $p \leq 0.05$ )		76.92	20.15

-Letras distintas mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s. (no significativo).

-U.R.: Unidad de repetición (8 plantas).

En el cuadro 32 se muestran los valores medios del peso total de frutos y número total de frutos en el cual interaccionó el tratamiento con la solución nutritiva S1 y el tratamiento foliar con calcio.

Cuadro 32. Interacciones. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para producción de frutos clasificados de primera categoría y fisiopatías del ecotipo de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		Peso total de frutos (g/fruto)	Número total de frutos (N°/U.R.)
S1	Ca	218.17 a	58.83 a
	T	96.83 b	29.17 b
S2	Ca	65.17 n.s.	20.83 n.s.
	T	110.50 n.s.	35.33 n.s.
LSD ( $p \leq 0.05$ )		76.92	20.15

-Letras distintas mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s. (no significativo).

-U.R.: Unidad de repetición (8 plantas).

Para el caso de la interacción entre volumen 2 con el tratamiento con calcio se encontró mayor peso total de frutos y mayor número de frutos clasificados de primera categoría (cuadro 33).

Cuadro 33. Interacciones. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para producción de frutos clasificados de primera categoría y fisiopatías del ecotipo de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		Peso total de frutos (g/fruto)	Número total de frutos (N°/U.R.)
V1	Ca	67.50 n.s.	18.83 n.s.
	T	87.17 n.s.	29.17 n.s.
V2	Ca	215.83 a	60.83 a
	T	120.17 b	35.33 b
LSD ( $p \leq 0.05$ )		76.92	20.15

-Letras distintas mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s. (no significativo).

-U.R.: Unidad de repetición (8 plantas).

Los frutos clasificados de segunda categoría para el ecotipo procedente de Tlapacoya (cuadro 34), no se registraron diferencias e.s. con las diferentes soluciones nutritivas en la evaluación de las diversas variables. Para los volúmenes de agua se encontró que el V2 presentó mayor peso medio de frutos de segunda categoría (299.92 g/U.R.) y mayor número de frutos (118.75 N°/U.R.) en relación al tratamiento V1 (227.83 g/U.R.) y con 93.41 número de frutos por unidad de repetición, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). En lo que respecta a los tratamientos foliares, la aplicación foliar de calcio incrementó la producción total de frutos con 295.25 g/U.R. y 118.08 número de frutos por U.R. en relación al grupo testigo con 232.50 g/U.R. y 94.08 número de frutos, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ). También, en el grupo testigo se registró mayor porcentaje de deformación de frutos (39.58%) respecto al testigo (29.16%), con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ).

Cuadro 34. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de segunda categoría y fisiopatías del ecotipo de chile serrano de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		FRUTOS CLASIFICADOS DE SEGUNDA							
		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (N°/U.R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de frutos (cm)	Diámetro de frutos (mm)	Defectos de frutos (%)	Deformación de frutos (%)	Coloración de frutos (%)
Solución	S1	277.25	113.16	2.42	5.86	7.18	27.08	33.33	35.41
		$\pm 27.68$ n.s.	$\pm 10.08$ n.s.	$\pm 0.06$ n.s.	$\pm 0.09$ n.s.	$\pm 0.23$ n.s.	$\pm 2.08$ n.s.	$\pm 3.55$ n.s.	$\pm 3.71$ n.s.
Volumen	S2	250.50	99.00	2.54	5.73	7.43	27.08	35.41	31.25
		$\pm 21.38$ n.s.	$\pm 8.83$ n.s.	$\pm 0.05$ n.s.	$\pm 0.08$ n.s.	$\pm 0.16$ n.s.	$\pm 2.08$ n.s.	$\pm 3.71$ n.s.	$\pm 3.26$ n.s.
Tratamiento	V1	227.83	93.41	2.43	5.81	7.12	25.00	35.41	35.41
		$\pm 17.65$ b	$\pm 6.52$ b	$\pm 0.05$ n.s.	$\pm 0.08$ n.s.	$\pm 0.21$ n.s.	$\pm 0.00$ n.s.	$\pm 3.71$ n.s.	$\pm 3.71$ n.s.
Interacciones	V2	299.92	118.75	2.54	5.79	7.50	29.16	33.33	31.25
		$\pm 26.62$ a	$\pm 10.82$ a	$\pm 0.06$ n.s.	$\pm 0.08$ n.s.	$\pm 0.17$ n.s.	$\pm 2.80$ n.s.	$\pm 3.55$ n.s.	$\pm 3.26$ n.s.
Interacciones	Ca	295.25	118.08	2.49	5.82	7.28	27.08	29.16	29.16
		$\pm 25.71$ b	$\pm 9.72$ a	$\pm 0.05$ n.s.	$\pm 0.07$ n.s.	$\pm 0.20$ n.s.	$\pm 2.08$ n.s.	$\pm 2.81$ b	$\pm 2.80$ n.s.
Interacciones	T	232.50	94.08	2.48	5.77	7.33	27.08	39.58	37.50
		$\pm 20.41$ a	$\pm 8.25$ b	$\pm 0.07$ n.s.	$\pm 0.10$ n.s.	$\pm 0.20$ n.s.	$\pm 2.08$ n.s.	$\pm 3.71$ a	$\pm 3.76$ n.s.
Interacciones	Solución x volumen	*	*	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.
	Solución x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
	Volumen x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas 8mayúsculas/ minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s.; \*, \*\*; no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01 respectivamente.

-U.R.: Unidad de repetición (8 plantas).

Se presentó la interacción doble solución x volumen (cuadro 35). Donde se observa que la solución S1 en combinación con el volumen 2 favoreció el peso total, número y diámetro de frutos en la clasificación de frutos de segunda categoría.

Cuadro 35. Interacciones. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de segunda categoría y fisiopatías del ecotipo de chile serrano de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		Peso total de frutos (g/fruto)	Número total de frutos (N°/U.R.)	Diámetro de frutos (mm)
S1	V1	204.83 b	86.83 b	6.65 b
	V2	349.67 a	139.5 a	7.73 a
S2	V1	250.83 n.s.	100.0 n.s.	7.60 n.s.
	V2	250.17 n.s.	98.0 n.s.	7.28 n.s.
LSD ( $p \leq 0.05$ )		80.64	31.44	0.65

-Letras distintas mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s. (no significativo).

-U.R.: Unidad de repetición (8 plantas).

En el cuadro 36 se muestran los valores medios de los frutos clasificados de tercera calidad procedentes de la región de Tlapacoya. Donde sobresale la producción total de frutos con la solución nutritiva S2 (465.67 g/U.R.) y mayor número de frutos (288.25 g/U.R.) respecto a la solución nutritiva S1, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ).

El mayor porcentaje de deformación de frutos se registró con la solución nutritiva S2 (50%) y con el volumen 1 (50%), en ambos casos, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ).

Para las variables en estudio de volumen de agua y tratamientos foliares no se encontraron diferencias e.s. Se presentó una interacción doble ( $p \leq 0.05$ ) entre solución x volumen.

Cuadro 36. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de tercera categoría y fisiopatías del ecotipo de chile serrano de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		FRUTOS CLASIFICADOS DE TERCERA							
		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (N°/U.R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de frutos (cm)	Diámetro de frutos (mm)	Defectos de frutos (%)	Deformación de frutos (%)	Coloración de frutos (%)
Solución	S1	241.92	157.83	1.51	4.26	6.25	33.33	43.75	39.58
		$\pm 20.67$ B	$\pm 10.36$ B	$\pm 0.04$ n.s.	$\pm 0.04$ n.s.	$\pm 0.20$ n.s.	$\pm 3.55$ n.s.	$\pm 3.26$ b	$\pm 3.72$ n.s.
Volumen	S2	465.67	288.25	1.61	4.18	6.61	33.33	50.00	35.41
		$\pm 19.32$ A	$\pm 9.73$ A	$\pm 0.02$ n.s.	$\pm 0.06$ n.s.	$\pm 0.13$ n.s.	$\pm 3.55$ n.s.	$\pm 0.00$ a	$\pm 3.72$ n.s.
Tratamiento	V1	348.50	222.08	1.53	4.25	6.33	37.50	50.00	37.50
		$\pm 39.84$ n.s.	$\pm 21.43$ n.s.	$\pm 0.04$ n.s.	$\pm 0.04$ n.s.	$\pm 0.16$ n.s.	$\pm 4.86$ n.s.	$\pm 0.00$ a	$\pm 3.76$ n.s.
Interacciones	V2	359.08	224.00	1.59	4.19	6.53	29.16	43.75	37.50
		$\pm 38.51$ n.s.	$\pm 22.70$ n.s.	$\pm 0.03$ n.s.	$\pm 0.06$ n.s.	$\pm 0.19$ n.s.	$\pm 2.81$ n.s.	$\pm 3.26$ b	$\pm 3.76$ n.s.
Interacciones	Ca	365.34	229.75	1.57	4.27	6.40	31.25	45.83	35.41
		$\pm 44.62$ n.s.	$\pm 25.81$ n.s.	$\pm 0.04$ n.s.	$\pm 0.04$ n.s.	$\pm 0.19$ n.s.	$\pm 3.26$ n.s.	$\pm 2.80$ n.s.	$\pm 3.71$ n.s.
Interacciones	T	342.25	216.33	1.56	4.17	6.46	35.42	47.92	39.58
		$\pm 32.57$ n.s.	$\pm 17.34$ n.s.	$\pm 0.03$ n.s.	$\pm 0.06$ n.s.	$\pm 0.16$ n.s.	$\pm 4.82$ n.s.	$\pm 2.08$ n.s.	$\pm 3.71$ n.s.
Interacciones	Solución x volumen	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
	Solución x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Volumen x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas mayúsculas/ minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s.; \*, \*\*; no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01 respectivamente.

-U.R.: Unidad de repetición (8 plantas)

El peso medio de frutos se vio influenciado incrementando a 1.60 g/fruto por la solución S1 y el volumen 2 (cuadro 37).

Cuadro 37. Interacciones. Media  $\pm$  Error estándar y significancia para las variables de producción de frutos clasificados de tercera categoría y fisiopatías del ecotipo de chile serrano de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		Peso medio total de frutos (g/fruto)	Deformación de frutos (%)
S1	V1	1.46 b	50.0 a
	V2	1.60 a	37.5 b
S2	V1	1.64 n.s.	50.0 n.s.
	V2	1.58 n.s.	50.0 n.s.
LSD ( $p \leq 0.05$ )		0.151	8.66

-Letras distintas mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s. (no significativo)

-U.R.: Unidad de repetición (8 plantas).

En el cuadro 38 se muestran los valores medios en el número de semillas por fruto, firmeza y °Brix, así como el valor de pH de los frutos. Los valores encontrados no reflejan diferencias estadísticas, si bien, los valores registrados son similares a los del ecotipo procedente de Tlaola.

Cuadro 38. Análisis de la varianza para los parámetros, número de semillas, firmeza de frutos, °Brix, pH de los frutos y gasto de NaOH. Del ecotipo de chile serrano de Tlapacoya sobre datos acumulados de cinco fechas de corte a los 121 días después del trasplante.

		Numero de semillas	Firmeza de frutos (g)	°Brix	pH inicial	NaOH
Solución	S1	36.83 ± 5.53 n.s.	325.69 ± 6.34 n.s.	6.38 ± 0.02 n.s.	5.6 ± 0.2 n.s.	2.79 ± 0.05 n.s.
	S2	37.08 ± 6.19 n.s.	332.01 ± 5.27 n.s.	6.44 ± 0.07 n.s.	5.6 ± 0.2 n.s.	2.84 ± 0.06 n.s.
Volumen	V1	31.92 ± 5.88 n.s.	328.19 ± 3.59 n.s.	6.35 ± 0.06 n.s.	5.6 ± 0.3 n.s.	2.71 ± 0.05 B
	V2	42.00 ± 5.45 n.s.	329.51 ± 7.54 n.s.	6.47 ± 0.08 n.s.	5.6 ± 0.2 n.s.	2.92 ± 0.05 A
Tratamiento	Ca	39.00 ± 3.98 n.s.	330.18 ± 7.75 n.s.	6.38 ± 0.07 n.s.	5.6 ± 0.3 n.s.	2.83 ± 0.07 n.s.
	T	34.92 ± 7.23 n.s.	327.53 ± 3.09 n.s.	6.44 ± 0.08 n.s.	5.6 ± 0.2 n.s.	2.81 ± 0.05 n.s.
Interacciones	Solución x volumen	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Solución x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Volumen x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Solución x volumen x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-n.s.;\*,\*\*; no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01, respectivamente.

-U. R.: Unidad de repetición (8 plantas)

### **6.4.3 Análisis mineral de la planta**

En los cuadros 39 al 41 se presentan los porcentajes del análisis mineral para nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, calcio, magnesio y la relación K/Ca+Mg, en raíz, tallo y hojas en plantas de chile serrano del ecotipo procedente del municipio de Tlaola, con diferentes soluciones nutritivas, volúmenes de agua y tratamientos foliares. Los análisis químicos se realizaron a los 116 ddt.

En el cuadro 39 se observan los resultados del análisis mineral en raíz con sus respectivos factores en estudio.

En las diferentes soluciones nutritivas se encontró que las plantas que recibieron la S1 presentaron mayor porcentaje de nitrógeno (1.69%), fósforo (0.14%), potasio (2.13%), calcio (3.70%) y mayor relación K/Ca+Mg (0.65), con respecto a las plantas que recibieron la solución S2, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). En el caso del magnesio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

En relación a los volúmenes de agua, las plantas que recibieron el volumen 2 (100% de la dosis de agua) tuvieron mayor concentración de nitrógeno (1.72%), potasio (1.96%) y la relación K/Ca+Mg (0.75) con respecto a las plantas que recibieron la dosis menor de agua V1, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ), asimismo, con este volumen de agua se encontró mayor concentración de fósforo (0.15%), calcio (4.10%) y magnesio (0.16%), en relación a las plantas que recibieron el tratamiento con el V1, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ).

En los diversos tratamientos foliares se encontró mayor porcentaje de fósforo (0.16%), potasio (1.90%), magnesio (0.15%) por tanto, el valor de la relación K/Ca+Mg fue mayor con un valor de 0.68, en raíces de las plantas testigo, con respecto a las plantas que se les aplicó los tratamientos cálcicos, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Para el caso del nitrógeno y calcio no se encontraron diferencias e.s.

Cuadro 39. Media  $\pm$  Error estándar y significancia del análisis mineral en raíz de chile serrano en fertirrigación del ecotipo de Tlaola a los 116 días después del trasplante.

		N (%)	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	Relación K/(Ca+Mg)
Solución	S1	1.69 $\pm 0.067$ A	0.14 $\pm 0.015$ a	2.13 $\pm 0.122$ A	1.17 $\pm 0.096$ A	3.70 $\pm 0.341$ a	0.13 $\pm 0.020$ n.s.	0.65 $\pm 0.095$ A
	S2	1.33 $\pm 0.124$ B	0.12 $\pm 0.006$ b	1.34 $\pm 0.085$ B	0.60 $\pm 0.058$ B	3.16 $\pm 0.246$ b	0.14 $\pm 0.009$ n.s.	0.46 $\pm 0.074$ B
Volumen	V1	1.72 $\pm 0.077$ A	0.11 $\pm 0.008$ B	1.96 $\pm 0.167$ A	0.82 $\pm 0.076$ B	2.76 $\pm 0.243$ B	0.11 $\pm 0.012$ B	0.75 $\pm 0.094$ A
	V2	1.30 $\pm 0.111$ B	0.15 $\pm 0.012$ A	1.50 $\pm 0.114$ B	0.94 $\pm 0.144$ A	4.10 $\pm 0.222$ A	0.16 $\pm 0.015$ A	0.36 $\pm 0.015$ B
Tratamiento	Ca	1.57 $\pm 0.095$ n.s.	0.11 $\pm 0.007$ B	1.57 $\pm 0.141$ B	1.01 $\pm 0.140$ A	3.62 $\pm 0.209$ n.s.	0.11 $\pm 0.008$ B	0.44 $\pm 0.048$ B
	T	1.45 $\pm 0.28$ n.s.	0.16 $\pm 0.012$ A	1.90 $\pm 0.159$ A	0.76 $\pm 0.069$ B	3.24 $\pm 0.374$ n.s.	0.15 $\pm 0.019$ A	0.68 $\pm 0.105$ A
Interacciones	Solución x volumen	n.s.	n.s.	n.s.	**	*	**	**
	Solución x tratamiento	n.s.	*	n.s.	**	*	n.s.	n.s.
	Volumen x Tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	*	**
	Solución x volumen x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.

- Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo).

- U.R. Unidad de repetición (8 plantas).

En el cuadro 40. se registran los porcentajes de los elementos en estudio en tallo de plantas de chile serrano con sus respectivos tratamientos.

En el caso de los tallos se registró mayor concentración de nitrógeno (0.86%) y fósforo (0.13%) en plantas que recibieron la solución nutritiva S1, en relación a las plantas que se les suministró la solución nutritiva S2, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Por el contrario, mayor concentración de magnesio (0.08%) se registró con la solución nutritiva S2 respecto a las plantas que recibieron la solución nutritiva S1, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Para el potasio y la relación K/Ca+Mg no se reportan diferencias e.s.

En las dosis de riego se presentó mayor porcentaje de potasio (3.85%) y mayor relación K/Ca+Mg (3.14) con la dosis de agua más alta V1, en relación a las plantas que recibieron la dosis de agua V2, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Para el resto de los elementos en estudio no se encontraron diferencias e.s.

Respecto a los tratamientos foliares, se registró mayor concentración de potasio (3.67%) y calcio (1.91%) en tallos de plantas tratadas con las aplicaciones foliares a base de calcio, respecto a las plantas testigo, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). La relación K/Ca+Mg fue mayor en plantas testigo con un valor de 3.26, en referencia a las plantas tratadas con calcio, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ).

Cuadro 40. Media  $\pm$  Error estándar y significancia del análisis mineral en tallo de chile serrano en fertirrigación del ecotipo de Tlaola a los 116 días después del trasplante.

		N (%)	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	Relación K/(Ca+Mg)
Solución	S1	0.86 $\pm 0.069$ a	0.13 $\pm 0.008$ a	3.52 $\pm 0.201$ n.s.	1.16 $\pm 0.099$ A	1.50 $\pm 0.173$ n.s.	0.07 $\pm 0.008$ B	2.63 $\pm 0.374$ n.s.
	S2	0.67 $\pm 0.061$ b	0.11 $\pm 0.007$ b	3.37 $\pm 0.185$ n.s.	0.73 $\pm 0.093$ B	1.46 $\pm 0.193$ n.s.	0.08 $\pm 0.005$ A	2.59 $\pm 0.381$ n.s.
Volumen	V1	0.83 $\pm 0.073$ n.s.	0.12 $\pm 0.009$ n.s.	3.85 $\pm 0.150$ A	0.84 $\pm 0.090$ b	1.51 $\pm 0.238$ n.s.	0.07 $\pm 0.007$ n.s.	3.14 $\pm 0.439$ A
	V2	0.71 $\pm 0.064$ n.s.	0.11 $\pm 0.007$ n.s.	3.05 $\pm 0.156$ B	1.04 $\pm 0.129$ a	1.46 $\pm 0.103$ n.s.	0.08 $\pm 0.008$ n.s.	2.09 $\pm 0.206$ B
Tratamiento	Ca	0.79 $\pm 0.091$ n.s.	0.12 $\pm 0.006$ n.s.	3.67 $\pm 0.203$ a	0.86 $\pm 0.093$ b	1.91 $\pm 0.148$ A	0.08 $\pm 0.006$ n.s.	1.97 $\pm 0.195$ B
	T	0.74 $\pm 0.041$ n.s.	0.11 $\pm 0.008$ n.s.	3.22 $\pm 0.159$ b	1.02 $\pm 0.130$ a	1.06 $\pm 0.112$ n.s.	0.08 $\pm 0.007$ n.s.	3.26 $\pm 0.414$ A
Interacciones	Solución x volumen	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.
	Solución x tratamiento	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Volumen x Tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	**
	Solución x volumen x tratamiento	n.s.	n.s.	**	**	n.s.	n.s.	n.s.

- Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo).

- U.R. Unidad de repetición (8 plantas).

En el cuadro 41 se muestran los valores medios de los resultados del análisis mineral en hojas de chile serrano y sus tratamientos correspondientes.

La solución nutritiva S1 incrementó la concentración de potasio (3.73%) y aumentó la relación K/Ca+Mg con valor de 1.59 respecto a la solución nutritiva S2, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). No obstante, la concentración más alta de calcio (2.57%) se presentó en plantas que recibieron la solución nutritiva S2 en comparación a la solución S1, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ). Para el caso de la concentración de nitrógeno, fósforo y magnesio no se registraron diferencias e.s.

Referente a los diferentes volúmenes de agua, las plantas que recibieron el V1 presentaron mayor porcentaje de nitrógeno (4.32%), potasio (3.72%) y relación K/Ca+Mg de 1.67, en relación a las plantas que recibieron el V2, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Para los elementos del fósforo y calcio no se observaron diferencias e.s.

En los tratamientos foliares se encontró mayor concentración de calcio (2.70%) en hojas de plantas que recibieron los tratamientos cálcicos, a diferencia de las plantas testigo (2.05%), con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Sin embargo, la relación K/Ca+Mg con valor de 1.71 fue mayor en plantas testigo en comparación a los tratamientos cálcicos, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Para el caso de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, no se observaron diferencias e.s.

Cuadro 41. Media  $\pm$  Error estándar y significancia del análisis mineral en hojas de chile serrano en fertirrigación del ecotipo de Tlaola a los 116 días después del trasplante.

		N (%)	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	Relación K/(Ca+Mg)
Solución	S1	4.08 $\pm 0.202$ n.s.	0.13 $\pm 0.007$ n.s.	3.73 $\pm 0.160$ A	0.95 $\pm 0.042$ A	2.23 $\pm 0.109$ b	0.17 $\pm 0.013$ n.s.	1.59 $\pm 0.119$ A
	S2	3.98 $\pm 0.126$ n.s.	0.15 $\pm 0.008$ n.s.	3.26 $\pm 0.216$ B	0.60 $\pm 0.106$ B	2.57 $\pm 0.207$ a	0.19 $\pm 0.014$ n.s.	1.31 $\pm 0.179$ B
Volumen	V1	4.32 $\pm 0.148$ A	0.13 $\pm 0.008$ n.s.	3.72 $\pm 0.236$ a	0.72 $\pm 0.077$ n.s.	2.32 $\pm 0.226$ n.s.	0.18 $\pm 0.012$ n.s.	1.67 $\pm 0.195$ A
	V2	3.74 $\pm 0.142$ B	0.15 $\pm 0.009$ n.s.	3.28 $\pm 0.134$ b	0.83 $\pm 0.110$ n.s.	2.48 $\pm 0.090$ n.s.	0.19 $\pm 0.015$ n.s.	1.23 $\pm 0.057$ B
Tratamiento	Ca	4.03 $\pm 0.148$ n.s.	0.13 $\pm 0.008$ n.s.	3.39 $\pm 0.175$ n.s.	0.85 $\pm 0.116$ n.s.	2.76 $\pm 0.147$ A	0.20 $\pm 0.016$ n.s.	1.19 $\pm 0.101$ B
	T	1.02 $\pm 0.188$ n.s.	0.14 $\pm 0.009$ n.s.	3.60 $\pm 0.223$ n.s.	0.69 $\pm 0.064$ n.s.	2.05 $\pm 0.126$ B	0.16 $\pm 0.009$ n.s.	1.71 $\pm 0.165$ A
Interacciones	Solución x volumen	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	**	n.s.
	Solución x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
	Volumen x Tratamiento	**	n.s.	**	*	**	n.s.	**
	Solución x volumen x tratamiento	*	n.s.	n.s.	**	*	n.s.	**

- Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo).

- U.R. Unidad de repetición (8 plantas).

En los cuadros 42 al 43 se registra la concentración del análisis mineral para nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, calcio, magnesio y la relación K/Ca+Mg, en raíz, tallo y hojas en plantas de chile serrano del ecotipo procedente del municipio de Tlapacoya, con diferentes soluciones nutritivas, volúmenes de agua y tratamientos foliares. Los análisis químicos se realizaron a los 116 ddt.

En el cuadro 42 se muestran los resultados del análisis mineral en raíz con sus respectivos factores en estudio.

Las plantas que recibieron la solución nutritiva S2 presentaron mayor concentración de nitrógeno (1.56%), fósforo (0.12%), sodio (1.2%), magnesio (0.12%) y mayor relación K/Ca+Mg con valor de 0.36, en relación a las muestras de raíces que recibieron la solución nutritiva S1, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ). La concentración de potasio (1.09%) fue mayor en plantas que recibieron la solución nutritiva S1 en relación a la aplicación de la solución nutritiva S2, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). En el caso del calcio no se observaron diferencias e.s.

En los diferentes volúmenes de agua se encontró mayor concentración de nitrógeno (1.60%) en plantas que recibieron el volumen de agua V2, respecto a las plantas que tuvieron la dosis de agua al 50% V1, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.05$ ). Asimismo, mayor concentración de magnesio (0.12%) se presentó en plantas con el tratamiento V1, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Para el resto de los elementos evaluados no se encontraron diferencias e.s.

Con los diferentes tratamientos cálcicos se registró mayor concentración de nitrógeno (1.63%), potasio (1.32%) y magnesio (0.13%) en aquellas plantas que recibieron los tratamientos cálcicos, en comparación al grupo testigo, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). en el caso del fósforo, calcio y la relación K/Ca+Mg no se observaron diferencias e.s.

Cuadro 42. Media  $\pm$  Error estándar y significancia del análisis mineral en raíz de chile serrano en fertirrigación del ecotipo de Tlapacoya a los 116 días después del trasplante.

		N (%)	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	Relación K/(Ca+Mg)
Solución	S1	1.20 $\pm 0.073$ b	0.11 $\pm 0.012$ B	1.09 $\pm 0.142$ A	0.77 $\pm 0.041$ B	3.55 $\pm 0.157$ n.s.	0.10 $\pm 0.013$ b	0.29 $\pm 0.037$ b
	S2	1.56 $\pm 0.212$ a	0.15 $\pm 0.004$ A	1.09 $\pm 0.076$ B	1.2 $\pm 0.129$ A	3.65 $\pm 0.246$ n.s.	0.12 $\pm 0.006$ a	0.36 $\pm 0.021$ a
Volumen	V1	1.60 $\pm 0.115$ a	0.12 $\pm 0.011$ n.s.	1.19 $\pm 0.131$ n.s.	1.05 $\pm 0.101$ n.s.	3.40 $\pm 0.217$ n.s.	0.12 $\pm 0.013$ A	0.34 $\pm 0.036$ n.s.
	V2	1.16 $\pm 0.185$ b	0.13 $\pm 0.010$ n.s.	1.25 $\pm 0.107$ n.s.	0.92 $\pm 0.124$ n.s.	3.80 $\pm 0.176$ n.s.	0.10 $\pm 0.006$ B	0.32 $\pm 0.026$ n.s.
Tratamiento	Ca	1.63 $\pm 0.161$ A	0.13 $\pm 0.011$ n.s.	1.32 $\pm 0.116$ A	0.85 $\pm 0.067$ b	3.64 $\pm 0.178$ n.s.	0.13 $\pm 0.012$ A	0.35 $\pm 0.029$ n.s.
	T	1.14 $\pm 0.138$ B	0.13 $\pm 0.010$ n.s.	1.11 $\pm 0.115$ B	1.12 $\pm 0.136$ a	3.56 $\pm 0.231$ n.s.	0.09 $\pm 0.006$ B	0.31 $\pm 0.033$ n.s.
Interacciones	Solución x volumen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*
	Solución x tratamiento	*	n.s.	*	**	n.s.	n.s.	n.s.
	Volumen x Tratamiento	n.s.	**	**	n.s.	**	**	**
	Solución x volumen x tratamiento	n.s.	**	**	n.s.	n.s.	**	**

- Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo).

- U.R. Unidad de repetición (8 plantas).

En el cuadro 43 se presentan los valores medios del análisis nutrimental para los tallos de las plantas de chile serrano procedentes de Tlapacoya.

Los análisis químicos en tallos reportan mayor contenido de nitrógeno (1.17%) con la solución nutritiva S1, respecto a la solución nutritiva S2, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Sin embargo, el porcentaje más alto de fósforo (0.11%), potasio (4.49%), sodio (1.10%) y la relación K/Ca+Mg (3.25) se presentaron en plantas que recibieron la solución nutritiva S2 en comparación a la solución nutritiva S1, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ).

Para los diferentes volúmenes de agua solo se encontraron diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ) en la concentración de nitrógeno (1.12%) con el volumen 1, en comparación al volumen 2 (0.81%). Para el resto de las variables en estudio no se registraron diferencias e.s.

En los tratamientos foliares, en el grupo testigo se presentó mayor concentración de potasio (4.14%), calcio (1.48%) y magnesio (0.07%) en contraste a los tratamientos cálcicos, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ), sin embargo, en este tratamiento la relación K/Ca+Mg fue mayor con valor de 3.02, en comparación al grupo testigo (2.67), con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ).

Cuadro 43. Media  $\pm$  Error estándar y significancia del análisis mineral en tallo de chile serrano en fertirrigación del ecotipo de Tlapacoya a los 116 días después del trasplante.

		N (%)	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	Relación K/(Ca+Mg)
Solución	S1	1.17 $\pm 0.094$ A	0.07 $\pm 0.003$ B	3.37 $\pm 0.292$ B	0.87 $\pm 0.029$ B	1.31 $\pm 0.080$ n.s.	0.06 $\pm 0.004$ n.s.	2.44 $\pm 0.194$ B
	S2	0.77 $\pm 0.062$ B	0.11 $\pm 0.003$ A	4.49 $\pm 0.201$ A	1.10 $\pm 0.059$ A	1.34 $\pm 0.081$ n.s.	0.07 $\pm 0.003$ n.s.	3.25 $\pm 0.195$ A
Volumen	V1	1.12 $\pm 0.092$ A	0.09 $\pm 0.006$ n.s.	4.00 $\pm 0.284$ n.s.	1.00 $\pm 0.070$ n.s.	1.33 $\pm 0.073$ n.s.	0.06 $\pm 0.002$ b	2.95 $\pm 0.279$ n.s.
	V2	0.81 $\pm 0.084$ B	0.10 $\pm 0.003$ n.s.	3.86 $\pm 0.319$ n.s.	0.97 $\pm 0.043$ n.s.	1.32 $\pm 0.087$ n.s.	0.07 $\pm 0.004$ a	2.74 $\pm 0.091$ n.s.
Tratamiento	Ca	1.02 $\pm 0.082$ n.s.	0.09 $\pm 0.005$ n.s.	3.73 $\pm 0.275$ B	0.98 $\pm 0.041$ n.s.	1.17 $\pm 0.065$ B	0.06 $\pm 0.003$ b	3.02 $\pm 0.203$ a
	T	0.92 $\pm 0.113$ n.s.	0.09 $\pm 0.005$ n.s.	4.14 $\pm 0.316$ A	1.00 $\pm 0.071$ n.s.	1.48 $\pm 0.066$ A	0.07 $\pm 0.004$ a	2.67 $\pm 0.204$ b
Interacciones	Solución x volumen	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	**
	Solución x tratamiento	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	*	n.s.
	Volumen x Tratamiento	n.s.	*	**	**	*	**	**
	Solución x volumen x tratamiento	**	n.s.	**	n.s.	*	n.s.	n.s.

- Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo).

- U.R. Unidad de repetición (8 plantas).

En el cuadro 44 se reportan los valores medios en la concentración de elementos minerales en hojas de chile serrano procedentes de Tlapacoya con los diferentes factores en estudio.

El análisis químico en hojas de chile serrano se encontró mayor porcentaje de nitrógeno (4.57%), potasio (4.32%), sodio (0.74%) y mayor relación K/Ca+Mg (1.75), en hojas de plantas que recibieron la solución nutritiva S2, en referencia a las plantas que fueron irrigadas con la solución nutritiva S1, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). Para el fósforo, calcio y magnesio no se encontraron diferencias e.s.

Con el volumen 1 se presentó mayor porcentaje de nitrógeno (4.54%) y magnesio (1.17%) respecto al volumen 2, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). si bien, en este tratamiento se presentó mayor porcentaje de potasio (4.33%) y de calcio (2.96%).

Referente a los tratamientos foliares, se encontró mayor concentración de calcio (2.96%) y magnesio (0.16%) en plantas tratadas a base de calcio en contraste al grupo testigo, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). mientras, que la relación K/Ca+Mg (1.65) fue mayor en las plantas testigo en comparación a los tratamientos con calcio, con diferencias e.s. ( $p \leq 0.01$ ). En el resto de elementos analizados no se registraron diferencias e.s.

La concentración más alta de nitrógeno se encontró en las hojas de las plantas fde chile serrano, con porcentajes superiores al 4% y valores más bajos en tallo y raíz, en ambos casos valores cercanos al 1.5%. En el caso del fósforo se presentó en menor concentración en el tallo de las plantas, en promedio del 0.10%, seguido de la raíz y hojas. Mayor concentración de potasio se presentó en hojas, tallos y menor concentración en raíces. Los niveles de calcio principalmente se registraron en hojas y raíces, y en menor proporción en tallo.

Cuadro 44. Media  $\pm$  Error estándar y significancia del análisis mineral en hojas de chile serrano en fertirrigación del ecotipo de Tlapacoya a los 116 días después del trasplante.

		N (%)	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	Relación K/(Ca+Mg)
Solución	S1	3.88 $\pm 0.188$ B	0.16 $\pm 0.003$ n.s.	3.76 $\pm 0.217$ b	0.61 $\pm 0.032$ b	2.67 $\pm 0.107$ n.s.	0.15 $\pm 0.007$ n.s.	1.33 $\pm 0.069$ B
	S2	4.57 $\pm 0.160$ A	0.16 $\pm 0.008$ n.s.	4.32 $\pm 0.183$ a	0.74 $\pm 0.037$ a	2.69 $\pm 0.265$ n.s.	0.15 $\pm 0.009$ n.s.	0.175 $\pm 0.75$ A
Volumen	V1	4.54 $\pm 0.156$ A	0.17 $\pm 0.005$ n.s.	3.75 $\pm 0.263$ n.s.	0.67 $\pm 0.036$ n.s.	2.53 $\pm 0.251$ b	1.17 $\pm 0.006$ A	1.53 $\pm 0.190$ n.s.
	V2	3.91 $\pm 0.201$ B	0.15 $\pm 0.007$ n.s.	4.33 $\pm 0.103$ a	0.68 $\pm 0.043$ n.s.	2.83 $\pm 0.120$ a	0.13 $\pm 0.007$ B	1.48 $\pm 0.069$ n.s.
Tratamiento	Ca	4.36 $\pm 0.234$ n.s.	0.16 $\pm 0.008$ n.s.	4.18 $\pm 0.096$ n.s.	0.73 $\pm 0.034$ n.s.	2.96 $\pm 0.157$ A	0.16 $\pm 0.008$ a	1.36 $\pm 0.059$ B
	T	4.10 $\pm 0.157$ n.s.	0.16 $\pm 0.004$ n.s.	3.90 $\pm 0.287$ n.s.	0.62 $\pm 0.039$ n.s.	2.40 $\pm 0.207$ B	0.14 $\pm 0.008$ b	1.65 $\pm 0.183$ A
Interacciones	Solución x volumen	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
	Solución x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	*	**
	Volumen x Tratamiento	n.s.	n.s.	*	n.s.	**	n.s.	*
	Solución x volumen x tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**

- Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

- n.s. (no significativo).

- U.R. Unidad de repetición (8 plantas)

#### 6.4.4 Discusión

Referente a los tratamientos cálcicos para el ecotipo procedente de Tlaola se registró mayor producción total de frutos y mayor número de frutos totales en comparación al grupo testigo, también se registró mayor porcentaje de frutos con defectos respecto a la aplicación de calcio, habiendo una interacción doble entre solución x tratamiento. El peso medio de los frutos se vio influenciada por la S1 en combinación con el tratamiento con calcio. Dichos resultados los atribuimos a lo que comentan Martínez *et al.* (2005), la pérdida fisiológica de peso en frutos de Chile Serrano se explica por efectos genéticos aditivos, y sugieren perfeccionar esta característica mediante métodos de mejoramiento como la selección genealógica o selección uniseminal.

Para producción de frutos clasificados de segunda categoría, la S2 registró mejor peso medio de frutos con respecto a la solución S1, dichos resultados concuerdan a lo que menciona Díaz-Pérez *et al.* (2006) quienes encontraron en frutos de *C. annuum*, que 26% de la pérdida de peso se debió a pérdida de agua a través del cáliz.

En frutos clasificados de segunda categoría en relación a los tratamientos con calcio no se observaron diferencias claras en las diferentes variables evaluadas, sin embargo, parece ser que la aplicación de calcio podría disminuir el porcentaje de defectos en los frutos aumentando el peso medio y número de frutos totales. La altura de la planta es una característica cuantitativa relacionada con el rendimiento (Sathyanarayanaiah *et al.*, 1991), lo cual coincide con Linares (2004), quien en su estudio encontró que la variedad de Chile con mayor rendimiento obtuvo también la mayor altura de planta, por lo que la relación entre el rendimiento y la altura de planta fue directamente proporcional.

Para el caso de frutos de primera categoría del ecotipo Tlapacoya, la interacción entre volumen 2 con el tratamiento con calcio mostro mayor peso total de frutos y mayor número de frutos. Dichos resultados concuerdan con Navarro y Navarro. (2000) quien menciona que la absorción mineral se incrementa al mantener dentro de los límites de humedad aprovechable, el contenido de agua en el suelo, y tener en cuenta que el agua es requerida por la planta para la producción de glúcidos,

mantener la hidratación del protoplasma y como vehículo del traslado de nutrientes absorbidos por la raíz. También, es de considerar la poca movilidad del calcio en la planta, lo que comprueba el resultado de la interacción antes mencionada.

Referente a los resultados del análisis mineral en raíz, en las diferentes soluciones nutritivas se encontró que la S1 presentó mayor porcentaje de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y mayor relación K/Ca+Mg, con respecto a las plantas que recibieron la solución S2. Resultados que concuerdan con lo encontrado por Inzunza-Ibarra *et al.* (2010) quienes reportan mayor producción de chile fresco con tratamientos de mayor extracción nutrimental.

En relación a los volúmenes de agua, las plantas que recibieron el volumen 2 (100% de la dosis de agua) tuvieron mayor concentración de nitrógeno, potasio y la relación K/Ca+Mg con respecto a las plantas que recibieron la dosis menor de agua V1, asimismo, con este volumen 2 de agua se encontró mayor concentración de fósforo, calcio y magnesio. Posiblemente este resultado se debe a que el agua en las plantas juega un papel importante en la solubilidad y el transporte mineral, además el movimiento de iones en la solución, el suelo hacia las raíces acelera el proceso de absorción por flujo de masas y difusión (Bidwell, 1987).

En el caso de los tallos se registró mayor concentración de nitrógeno y fósforo en plantas que se regaron con S1, en relación a las plantas que se les suministró la solución nutritiva S2. Por el contrario, mayor concentración de magnesio se registró con la solución nutritiva S2 respecto a las plantas que recibieron la S1. Datos que coinciden con los encontrados por Campos S. y Arguedes G. (2017) en su estudio de extracción nutricional en cultivares de chile dulce.

Respecto a los tratamientos foliares, se registró mayor concentración de potasio y calcio en tallos de plantas tratadas con las aplicaciones foliares a base de calcio, respecto a las plantas testigo. La relación K/Ca+Mg) fue mayor en plantas testigo, en referencia a las plantas tratadas con calcio. Resultados que coinciden con lo reportado por Ruiz *et al.* (2008), encontraron que la acumulación de Ca en las hojas fue superior al K, y señala que los factores que favorecen la absorción de Ca limitan la de K y Mg.

Referente al análisis mineral del ecotipo de Tlapacoya en los diferentes volúmenes de agua se encontró mayor concentración de nitrógeno en plantas que recibieron el volumen de agua V2, respecto a las plantas que tuvieron la dosis de agua al 50% V1. Asimismo, mayor concentración de magnesio se presentó en plantas con el tratamiento V1. Resultados que concuerdan con Cruz-Crespo *et al.* (2014) quienes reportan valores similares en la concentración mineral de nitrógeno, calcio y magnesio en tejido foliar en plantas de chile serrano.

Referente al análisis químico en hojas de chile serrano procedentes de Tlapacoya se encontró mayor porcentaje de nitrógeno, potasio, sodio y mayor relación K/Ca+Mg, en hojas de plantas que recibieron la solución nutritiva S2, en referencia a las plantas que fueron irrigadas con la solución nutritiva S1. Resultados que coinciden con lo reportado por Cruz-Crespo *et al.* (2014).

#### **6.4.5 Conclusiones**

En el programa de fertirrigación que incluyó diferentes volúmenes de riego y tratamientos foliares en los ecotipos de chile serrano procedentes de la sierra norte de Puebla (Tlaola y Tlapacoya), conducidos en sistema hidropónico en un invernadero de tipo túnel con cubierta de plástico, se concluye lo siguiente:

El ecotipo procedente de Tlaola tuvo mayor producción total y mayor producción comercial de frutos clasificados de primera y segunda calidad.

La solución nutritiva S2 incrementó la producción total y mayor producción comercial de primera y segunda categoría.

El volumen 2 de agua que correspondió al 100% del volumen aplicado, también aumentó la producción total de frutos y mayor producción de frutos clasificados de segunda categoría. No obstante, con el volumen 1 se registró mayor producción de frutos clasificados de primera calidad.

Los tratamientos cálcicos no influyeron en la producción total ni comercial de frutos.

#### **6.4.6 Conclusión del ecotipo de Tlaola**

La solución S2 incrementó producción total de frutos y producción comercial de frutos de primera y tercera categoría. Asimismo, los frutos presentaron mejor color con esta solución nutritiva.

Con el volumen 1 de agua se registró mayor contenido de sólidos solubles.

En referencia a los diferentes volúmenes de agua y tratamientos foliares no se encontraron diferencias claras, lo mismo sucedió para el caso de las valoraciones de pungencia, aroma y turgencia de frutos.

#### **6.4.7 Análisis mineral de la planta del ecotipo de Tlaola**

En raíz se registró la mayor concentración de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y la relación K/Ca+Mg con la solución nutritiva S1. Con el volumen de agua 1 se presentó mayor concentración de nitrógeno, potasio y mayor relación K/Ca+Mg; con el volumen 2 las plantas presentaron mayor concentración de fósforo, calcio y magnesio. Los tratamientos cálcicos no influyeron en los niveles de la concentración de los elementos minerales en estudio.

En los tallos se registró la mayor concentración de nitrógeno y fósforo con la solución S1 y mayor concentración de magnesio con la solución nutritiva S2. Con el Volumen de agua 1 se presentó mayor porcentaje de potasio y mayor relación K/Ca+Mg. Asimismo los tratamientos a base de calcio incrementaron la concentración de calcio y potasio.

En hojas se encontró la mayor concentración de potasio y de la relación K/Ca+Mg con la solución nutritiva S1 y con la solución nutritiva S2 se presentó la mayor concentración de calcio. También, el volumen de agua 1 incrementó los niveles de nitrógeno, potasio y la relación K/Ca+Mg. Asimismo, los tratamientos cálcicos incrementaron los niveles de calcio en hojas.

#### **6.4.8 Conclusión del ecotipo de Tlapacoya**

La solución nutritiva S2 incrementó la producción total, producción comercial de segunda y tercera categoría.

Las plantas que recibieron los tratamientos foliares con calcio presentaron mayor producción total y mayor producción de frutos de segunda categoría.

La solución nutritiva S2 aumentó el picor de los frutos.

#### **6.4.9 Análisis mineral de la planta del ecotipo de Tlapacoya**

El análisis químico en raíz reporta un aumento en los niveles de nitrógeno, fósforo, sodio, magnesio y la relación K/Ca+Mg con la solución nutritiva S2, y mayor concentración de potasio con la solución S1. Con el volumen de agua 1 las plantas presentaron mayor concentración de nitrógeno y magnesio. Los tratamientos cálcicos aumentaron el porcentaje de nitrógeno, fósforo y magnesio.

Los tallos de las plantas de chile serrano mostraron las mayores concentraciones de fósforo, potasio, sodio y relación K/Ca+Mg con la solución nutritiva S2. Con los diferentes volúmenes de agua no se encontraron diferencias e.s. claras. Los tratamientos foliares con calcio aumentaron la relación K/Ca+Mg.

Finalmente, los análisis en hojas exhibieron la mayor concentración de nitrógeno, potasio, sodio y relación K/Ca+Mg con la solución nutritiva S2. Con el volumen de agua 1 se registró mayor porcentaje de nitrógeno y magnesio y los niveles más altos de potasio y calcio se presentaron con el volumen 2. Los tratamientos cálcicos incrementaron la concentración de calcio y magnesio.

## VII. CONCLUSIONES GENERALES

De acuerdo a los resultados obtenidos en los diferentes experimentos se llegó a las siguientes conclusiones generales:

1. A nivel de campo el ecotipo procedente de Tlapacoya presentó mayor ventaja productiva tanto en producción total como producción comercial de frutos en comparación al ecotipo de Tlaola.

2. En el experimento de dosis de fertilización; el tratamiento 2 (160-120-30) incrementó la producción total y producción comercial clasificada de primera y segunda categoría.

3. En el experimento de fertirrigación a nivel de invernadero se encontró que la solución nutritiva S2 aumento la producción total y producción comercial de frutos clasificados de primera y segunda categoría, el mismo resultado se encontró con el volumen V2 que correspondió al 100% de agua.

4. El pH de los frutos procedentes del invernadero fue ligeramente más ácido (5.4) y los frutos procedentes a campo abierto presentaron valores medios (5.9).

5. En relación a la firmeza de los frutos se encontraron valores medios cercanos a los 340 g para los ecotipos cultivados en campo e invernadero. Sin embargo, en el caso del grupo testigo del ensayo de dosis de fertilización registró la menor firmeza de frutos (193 g).

6. El mayor número de semillas por fruto se presentó con la dosis de fertilización 160-120-30 (T2) con 100 semillas por fruto, independientemente del ecotipo en estudio. Sin embargo, entre ecotipos se reportan 70 semillas por fruto para el cv de Tlapacoya. No obstante, en los dos ecotipos cuando se evaluaron en invernadero solo se contabilizaron 30 semillas por fruto en promedio.

7. El contenido de sólidos solubles en frutos de chile serrano en los ecotipos de Tlaola y Tlapacoya a campo abierto fue de 11 °Brix. Caso contrario, que en los mismos ecotipos conducidos a nivel de invernadero se encontraron valores medios de 6 °Brix.

8. Se concluye que, al incrementar las dosis de nutrición en las plantas, se obtiene mayor grado de picor en los frutos. La pungencia de frutos reporto mayor picor y mejor aroma de frutos en el ensayo con diferentes dosis de fertilización en los T2 y T3. Similarmente en el experimento en invernadero se observó que la S2 aumento el picor de los frutos.

9. En relación al experimento de fertirrigación que se llevó a cabo en invernadero se registró mayor producción total y mayor producción comercial clasificada de primera y tercera categoría con la solución nutritiva S2, en los dos ecotipos en estudio. En el ecotipo procedente de Tlapacoya también incremento el picor de los frutos. En el caso del V2 que corresponde al 100 % del volumen de agua aplicado se presentó la misma tendencia antes mencionada. Finalmente, los tratamientos cálcicos incrementaron la producción total de frutos particularmente en el ecotipo procedente de Tlapacoya.

En relación a la valoración del contenido mineral en los distintos órganos de plantas correspondientes a los ensayos a campo abierto e invernadero se registró lo siguiente:

10. Para el análisis mineral en raíz y tallo se encontró mayor concentración de potasio y calcio en el ecotipo de Tlaola. Asimismo, en el ensayo de diferentes dosis de fertilización el mayor porcentaje de potasio y calcio se reporta en raíz y tallo, y por consiguiente estos tratamientos presentaron mayor relación K/Ca+Mg. En cuanto al ensayo de fertirrigación, el ecotipo de Tlaola a nivel de raíz registro mayor concentración de nitrógeno, fosforo, potasio calcio y la relación K/Ca+Mg en interacción con la solución nutritiva S1. Las plantas que recibieron el V1 presentaron mayor concentración de nitrógeno, potasio y la relación K/Ca+Mg.

11. En hoja se registró mayor concentración de los elementos minerales en estudio y mayor relación  $K/Ca+Mg$ . En el caso del elemento calcio se presetnó mayor porcentaje en plantas del ecotipo de Tlaola.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Abugarade, P. J. F. 1990. Evaluación de tres fungicidas como protectores de semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*), chile pimiento (*Capsicum annum L*) y Arveja china (*pisum sativum L.*) para el control de hongos del suelo. Tesis de profesional. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos. 49p.
- Aguilar, A J. L.; Grageda, C. O. A.; Vuelvas, C. M. A.; Martínez, H. M.; Solís, M. E.; Medina, C. T. y Ramírez, R. A. 2005. Eficiencia de fertilizantes aplicados con fertirriego en chile ancho (*Capsicum annum L.*). México. Agric. Téc. Méx. 31(2) :177-189.
- Aguilar R., V., Corona T., y S.H. Morán B. 2006. Chiles nativos (*Capsicum spp.*, Solanaceae) de los estados de Puebla y Morelos. In: Avances de Investigación de la Red de Hortalizas del SINAREFI. López L., P., y S. Montes H. (editores) Libro Científico Num. 1. Campo Experimental Bajío INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. pp: 28-58.
- Alcántar, G.G. y Trejo, T. L. I. 2006. Nutrición de cultivos. Mundi Prensa. 462p.
- Azofeifa A y Moreira M. 2004. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile jalapeño (*Capsicum annum L. cv. hot*). En Alajuela, Costa Rica Agronomía Costarricense. 32: 19-29.
- Azofeifa A y Moreira M. 2005. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annum cv. UCR 589*). En Alajuela, Costa Rica Agronomía Costarricense. 29: 77-84.
- Bidwell, R. Gs. 1987. Fisiología Vegetal. Primera Edición en Español. AGT Editor S.A. México. 784 p.
- Bosland, P.W. and Votava, E.J. 2012. Peppers: vegetable and spice Capsicums. 2nd. Ed. CABL. USA. 230 pp.
- Bregliani, M. M., E. J. M. Temminghoff, W. H. Van Riemsdijk, and E. S. Haggi. 2006. Nitrogen fractions in arable soils in relation to nitrogen mineralization and plant uptake Mabel. Commun. Soil Sci. Plan. Anal. 37: 1571-1586.
- Cadahía C. 2005. "Fertirrigación cultivos agrícolas frutales y ornamentales" Tercera edición, Editorial Mundi Prensa. Madrid España.

- Calvo M. 2001. Bioquímica de los alimentos: clorofila. (Online). Disponible en: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/pigmentos/clorofila.html>
- Campos, S. R. A. y Arguedas G. C. 2017. Crecimiento, producción y extracción nutricional en los cultivos protegidos de chile dulce (*Capsicum Annuum* L.) y Tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) Utilizando dos soluciones nutritivas en Santa Clara, San Carlos, Costa Rica.
- Casseres, E. 1971. Producción de hortalizas. México, Herrera Hnos. 310.
- Casseres, E. 1996. Producción de hortalizas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. Lima, Perú. Pp. 55, 56.
- Castañón-Nájera G., L. Latournerie-Moreno, M. Mendoza-Elos, A. Vargas-López y H. Cárdenas-Morales (2008) Colección y caracterización de chile (*Capsicum* spp.) en Tabasco, México. *Phyton- Revista Internacional de Botánica Experimental* 79:189-202.
- Castaños C. M 1993. Horticultura manejo simplificado. Edición de la universidad autónoma de chapingo México.
- Cepeda J. M. 2007. "Química de suelos" UAAAN. Saltillo, México, Editorial Trillas.
- Contreras G., J. 1978. El cultivo de los Chiles Jalapeño y Serrano en el Centro de Veracruz. SARH, INIA, CIAGOC, CAECOT. Circular No. 63. Cotaxtla, Veracruz.
- Cruz-Crespo E., Can-Chulim A., Bugarin-Montoya R., Pineda-Pineda J., Flores-canales R., Juárez López P., y Alejo-Santiago G. 2014. Concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. *Revista fitotecnia Mexicana*. Vol. 37 (3): 289-295.
- De Oteyza, L. G. 1959. Horticultura. Editorial Hispano-Americana. Barcelona, España. Pp. 396-404.
- De vilmorin, D. F. 1977. El cultivo del pimiento dulce tipo Bell. Ed. Diana. 1era. Edición. México D.F. pp. 15-19; 35-42, 53, 54, 72,73.
- Delgado. M., A. y Lara H., A. 2001. Producción de chile. (*Capsicum annuum*). Con cubrimiento plástico del suelo y frecuencia de riego por goteo. Quinta jornada de investigación Universidad Autónoma de Zacatecas. 4 (1):19-24.
- Delgado-Bahema G., Bustos-Rangel A. J., Broa-Rojas E., Jaime-Hernández MA., 2012. Comportamiento agronómico del chile criollo (*Capsicum annuum* L.) en

fertirrigación con acolchado plástico y cubierta flotante en Xalostoc, Morelos. Ingeniería Agrícola y Biosistemas. (1): 21-23.

Díaz-Pérez J C, D M Granberry, P Germishizen (2008) Transplant growth and stand establishment of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) plants as affected by compost-amended substrate. Acta Hort. 782:223-228.

Díaz-Pérez J C, M D Muy-Rangel, A Gaytan (2006) Fruit size and stage of ripeness affect postharvest water loss in bell pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). HortScience 41:504-505.

Ekedahl G, Junker P. and Röndell B. Interlaboratory study of methods for chemical analysis of water. J Water Pollut Contr Fed. 1975 47: 858–866,

FAOSTAT, 2020. Cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Guencov, 1987 fundamentos de la horticultura cubana. Instituto cubano del libro 2<sup>a</sup> ed. la habana cuba.

Hernández V. S. (2011) Los parientes silvestres del chile: su importancia biológica y cultural. In: El Chile. Protagonista de la independencia y la revolución. K. Richterich (Coord. Edit.). Fundación Herdez. México, D.F. pp: 21-26.

Huerres, P. C. y Carballo, L. N. 1987. Hortalizas. Universidad central de la villa. Facultad de Ciencias Agrícolas. Cuba. Pp. 31-48.

Inzunza-Ibarra, M. A; Villa, C. M; Catalán, V. E. A y Román L. A. 2010. Extracción de nutrientes y producción de chile jalapeño bajo acolchado plástico y niveles de riego. Terra Latinoamericana. Vol. 28. Num. 3. Pp. 211-218.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Anuario Estadístico del Estado de Puebla, México, 2019.

Isaac R.A. y J.D. Kerber. 1971 Atomic Absorption and flame photometry: techniques and uses in soil, plant and water analysis. In Instrumental Methods for Analysis of Soil and Plant Tissues. Pp. 17-37. Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Wisconsin, USA.

Izquierdo J., Granados-Ortiz, S. 2011. Producción artesanal de semillas de hortalizas para la huerta familiar. Manual Técnico. FAO.98p.

Janick, J. 1985. Horticultura Científica e Industrial. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 564 pp.

- Juárez A, J.P. 2014. Evaluación del rendimiento de tres variedades de chile poblano (*Capsicum Anuumm* L.), en Macrotunel. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Agronomo Fitotecnista.
- Laborde, C. J. A., y C. O. Pozo. 1984. Presente y Pasado del Chile en México. Publicación especial No. 85. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). México. 80 p.
- Lesur, Luis 2006 manual del cultivo del chile: una guía paso a paso, Mexico: trillas, 2006.
- Linares, L. 2004. Comportamiento de las variedades de chile dulce (*Capsicum annuum*) en la región occidental de el Salvador. *Agronomía mesoamericana* 15(1): 25-29.
- Long, Solís J. 1982. Presente y pasado del chile en México. S.A.R.H. – I.N.I.A. México, D.F. pp. 8, 18, 48, 49.
- Long-Solís J. *Capsicum y Cultura: La historia del Chilli*. 1986. Fondo de Cultura Económica (México). 203 p.
- López R., G. O. 2010. Chilli: la especial del Nuevo mundo. *Revista Ciencias* Vol. 69. pp: 66-75.
- Luna R., J. J. (2015). Los recursos genéticos de *Capsicum*. En H. Villanueva (Presidencia), 13° Simposio Internacional, 8° Congreso Nacional de Agricultura Sostenible, II Simposio sobre el Manejo y Conservación de Recursos Genéticos. Congreso llevado a cabo en Aguascalientes, México.
- Maroto B., J. V. 1997a. Etimología y descripción de las principales fisiopatías de la horticultura mediterránea. Ed. Ediciones y promociones L. A. V, S.L.
- Maroto B., J. V. 1997b. Fisiopatías de las hortalizas (II). Cuadernos de fitopatología/ 1° trimestre. pp: 64-75.
- Martínez Z G, J R A Dorantes y M Ramírez, (2005) efectos genéticos y heterosis en la vida de anaquel de chile serrano. *Rev. Fitotec. Mex.* 28:237-332.
- Mata Vázquez H., Vázquez García E., Ramírez Meraz M., y Phathistan Pérez J., 2010 Fertirrigación de chile serrano con riego por goteo en el sur de Tamaulipas inifap villa Cuahutemoc, Tamaulipas diciembre de 2010 libro técnico número 2.

Mata-Vázquez H., Patishtán-Perez J., Ramírez-Meráz M., Vázquez-Pecuarías E., Vázquez-García E., Alejandro-Allende F., (2012). Efecto de diferentes niveles de fertilización inorgánica y Biofertilización en chile serrano.

Muñoz, F. I. y C. B. Pinto. 1970. Taxonomía y distribución geográfica de los chiles cultivados en México. Revista el Campo. No. 15. INIASAG. México. Pp. 3- 12.

Nagaz K., Moncef M. M., Ben M.N. 2012. Effects of déficit drip-irrigation scheduling regimes with saline wáter on pepper yield, wáter productivity and soil salinity under and conditions of Tunisia. Journal of Agriculture and Environment for international Development-JAEID, 106 (2): 85-103.

Navarro BS, Navarro GG, Química Agrícola.2000. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. México, p 488.

Nuez F., R., G. Ortega y J. Costa 1996 el cultivo de pimientos., chiles y ajíes. Ediciones mundi-prensa. Madrid, España. pp. 94-105, 117-122.

Pérez, C. L. M., G. Castañón N., y N. Mayek P. 2008. Diversidad morfológica de chiles (*Capsicum spp.*) en Tabasco, México. Rev. Cuad. Biodiversidad.

Pickersgill, B. 1969. The domestication of chili peppers. In: P. J. Ucko y G. W. Dimbley (Eds.). The domestication and exploration of plants and animals. Duckworth. London. UK. pp. 443-450.

Plantae in The Catalogue of Life Partnership (2017). APG IV: Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/fzuaam> accessed via GBIF.org on 2022-05-12.

Pozo Campodónico., O. 1981. Descripción y tipos de cultivares de chile (*capsicum spp*) en México; folleto técnico numero 77 octubre inia 1981, sa4rh, México df.

Ramírez, 2002 el chile <http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio-espanol/doctos/chile.htm/>.

Ramírez M. M. G. Arcos, H. Mata y E Vázquez. 2007. Coloso, Híbrido de Chile Serrano para las Regiones Productoras de México. Folleto técnico No. 21. México. 21 p.

Ramos- Gourcy y A. De Luna-Jiménez. 2006. Evaluación de tres variedades de chile serrano (*Capsicum anuumm* L.) en cuatro concentraciones de una solución

hidropónica bajo invernadero. Revista Investigación y Ciencia. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Pp: 6-12.

Ramos, G.F. (2010). Programación de abonos orgánicos con técnicas de acolchado plástico y riego por goteo. Dirección y Gestión de Empresas. Tesis Doctoral. In Lumine Sapientia. Universitas Almerienses.

Rodríguez, M. R 1988 estudio preliminar sobre el mosaico del chile en la región del bajío, Tesis M.C. C.P. Chapingo, México.

Rueda L. R., Reyes M. J., Romero H. M. y Montes R.C. (2016). Prácticas culturales en chile serrano en la sierra norte de Puebla. 1ed. Editorial BUAP, Puebla Mex.

Ruiz, C; Russián, T. y Túa, D. 2008. Efecto del momento de riego y el nitrato de calcio en plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Revista LUZ. Maracaibo, Venezuela. 25: 421-439.

San Juan Martínez J., Aquino-Bolaños T., Ortiz-Hernández Y. D., Cruz-Izquierdo S. 2019. Características de fruto y semilla de chile huacle (*Capsicum annuum* L.) producido en hidroponía. México. pp: 87-94.

Sánchez C., M. 2001. Manejo de enfermedades del tomate in: curso incapa “manejo integrado de plagas y enfermedades en tomate, chile y papa”. Guadalajara. Jalisco México. pp 22-38.

Sathyanarayanaiah, K., M. Ramirez M. y Pozo C O. (1991). Caracterización de líneas del banco de germoplasma de chile serrano, para rendimiento y sus atributos. Agraria 7: 1-13.

Statgraphics Centurión versión XVI.I 2010

Satti, S.M.E., R.A. Al-Yhyai & F. Al-Said. 1996. Fruit quality and partitioning of mineral elements in processing tomato in response to saline nutrients. J. Plant Nutr. 19: 705-715.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. NO-021-RECNAT-2000.

SIAP.2018. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. Producción agrícola por cultivo. Disponible en línea: <http://www.siap.gob.mx>.

SIAP. 2019. Panorama Agroalimentario 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 214 p.

SIAP. 2020. Producción anual agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera.

Simonne, E. H., D. J. Eakes, and C. E. Harris. 1998. Effects of irrigation and nitrogen rates on foliar mineral composition of bell pepper. *J. Plant Nutr.* 21: 2545-2555.

Universidad Autónoma de Chapingo 2009 departamento de parasitología agrícola, el cultivo de chile serrano en González, Tamaulipas. <http://es.scribd.com/doc/16458110/manual-para-producir-chile-serrano>

Valadez L. A, 1992. Producción de hortalizas ed. limusa. México pp 67-168.

Valadez L. A, 1994. Producción de hortalizas ed. limusa 4ª ed. México.

Vázquez García E., Ramírez-Meráz M., Mata-Vázquez H., Ariza-Flores R y Alia-Tejacal I. (I). (2007). Atributos de calidad y vida de anaquel de frutos de cultivares de chile serrano en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 33 No. 4.

Vázquez García E., Ramírez-Meráz M., Mata-Vázquez H., Ariza-Flores R y Alia-Tejacal I. (4). (2010). Atributos de calidad y vida de anaquel de frutos de cultivares de chile serrano en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 33 No. 4.

Velasco-Velasco, V.A., G. Alcántar-González, P. Sánchez-García, E. Estañol-Botello, E. Zavaleta-Mejía, E. Cárdenas-Soriano, R. Rodríguez-Montessoro y A. Martínez-Garza (2001). Efecto de N, P y K en plantas de chile jalapeño infectadas con el virus jaspeado del tabaco. *Terra* 19: 117-125.

Velásquez VR, Medina AM y Luna RJ. 2001. Sintomatología y géneros de patógenos asociados con las pudriciones de la raíz del chile (*Capsicum annum* L.) en el norte-centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología, INIFAP*. 19: 175-181.

White, R. T. Jr. & Douthit, G. E. 1985. Use of microwave oven and nitric acid-hydrogen peroxide digestion to prepare botanic materials for elements analysis, *J. Assoc. Off Anal. Chem.*, Washington, DC, 68(4):766-769.

Wilson, D.R., R.C. Muchow u C.J. Murgatoid (1995). Model analysis of temperatura and solar radiation limitations to maize potential productivity in cool climate. *Crops Research* 4.

Zapata N. M. 1992 el pimiento. Editorial Acribia España.

Zúñiga-Estrada, L.; Martínez-Hernández, J. J.; Baca-Castillo, G.A.; Martínez-Garza, A.; Tirado-Torres, J. L. and Kohashi-Shibata, J. 2004. Producción de chile pimiento en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónicas. *Agrociencia*. 38: 207-218.

## IX. ANEXOS

### 9.1 ANEXO 1. Análisis de agua y registro de las temperaturas de las localidades en estudio y de invernadero.

Cuadro 45. Análisis de agua invernadero DICA.

pH		7.5
CE	dS/m	0.15
Ca	mg/L	147.6
Mg	mg/L	29.5
Na	mg/L	124.9
K	mg/L	15.2
PO <sub>4</sub>	mg/L	2.1
NO <sub>3</sub>	mg/L	3.6
SO <sub>4</sub>	mg/L	117.6
CO <sub>3</sub>	mg/L	6.9
HCO <sub>3</sub>	mg/L	707.6
Cl	mg/L	98.0

Cuadro 46. Temperatura media, máxima, mínima y precipitaciones en Tlaola y Tlapacoya año 2018. Temperatura y humedad relativa del invernadero año 2018.

	Tlaola		Tlapacoya		Invernadero (Cd. Puebla)		
	Temperatura (°C)	Precipitaciones (mm)	Temperatura (°C)	Precipitaciones (mm)	Temperatura (°C)	Precipitaciones (mm)	Humedad relativa (%)
Enero	17.00	106.20	17.00	84.00	13.90	5.00	22
Febrero	18.00	93.20	18.00	44.30	15.20	6.00	24
Marzo	23.20	100.40	20.50	63.30	17.40	5.00	20
Abril	25.20	121.30	22.90	61.60	18.90	20.00	20
Mayo	25.50	175.80	25.10	114.30	19.10	70.00	14
Junio	24.70	435.60	25.40	402.60	18.70	160.00	18
Julio	24.80	511.60	24.40	443.50	17.70	140.00	14
Agosto	24.80	511.60	24.60	462.80	17.90	141.00	15
Septiembre	24.40	538.20	24.40	439.70	17.60	153.00	15
Octubre	22.40	358.80	22.30	284.20	16.80	50.00	16
Noviembre	20.30	181.10	20.10	117.10	15.30	18.00	18
Diciembre	18.20	116.20	18.00	99.10	14.10	2.00	25
Media	22	271.00	21.9	218	17	64.00	18.4
Máxima	30.00	538.20	29.00	462.80	27	160.00	49
Mínima	-3	93.20	-3	61.60	2	2.00	8

## 9.2 ANEXO 2. Fotografías de los experimentos



Figura 19. Encuesta a productores de chile serrano en Tlaola.



Figura 20. Almacigo de chile serrano en campo.



Figura 21. Trasplante.



Figura 22. Vista general del trasplante.



Figura 23. Vista del experimento establecido en Tlapacoya.



Figura 24. Valoración de planta en el experimento Tlapacoya.



Figura 25. Vista del experimento establecido en Tlaola.



Figura 26. Valoración de planta en el experimento Tlaola.



Figura 27. Vista del experimento en invernadero DICA-BUAP.



Figura 28. Valoración de plantas en invernadero DICA-BUAP.



Figura 29. Clasificación de frutos en laboratorio.



Figura 30. Medición de acidez de frutos en laboratorio.



Figura 31. Conteo de semillas de fruto de chile serrano.



Figura 32. Clasificación comercial de frutos de chile serrano.



Figura 33. Planta de chile serrano con daño causado por *Fusarium*.



Figura 34. Daño en tallo y raíz de planta causado por *Fusarium*.



Figura 35. Fruto con daño causado por *Cracking*.



Figura 36. Frutos de chile serrano en campo.