

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**Efecto de dos tipos de podas de formación en el rendimiento y calidad de los frutos en cinco variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en hidroponía bajo condiciones de invernadero.**

**POR:**

**SONY ALEYDA CORTEZ ALVARADO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO 2023.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**



**Efecto de dos tipos de podas de formación en el  
rendimiento y calidad de los frutos en cinco variedades  
de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en hidroponía  
bajo condiciones de invernadero.**

**POR:**

**SONY ALEYDA CORTEZ ALVARADO**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERA AGRÓNOMO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO 2023.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

LIC. M.Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

**SECRETARIO GENERAL:**

ING. M.Sc. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS**

**DECANO:**

Dr. FRANCISCO LARA ASCENCIO

**SECRETARIO:**

ING. AGR. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

---

ING. AGR. M.Sc. FIDEL ÁNGEL PARADA BERRÍOS

**DOCENTES DIRECTORES:**

---

ING. AGR. MARIO ALFREDO PÉREZ ASCENCIO

---

LIC. SANTOS WILMAR MORALES ARÉVALO

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION**

---

ING. AGR. MARIO ALFREDO PÉREZ ASCENCIO

## RESUMEN

La investigación se realizó en el período comprendido de enero a junio de 2021, en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el municipio de San Salvador, departamento de San Salvador, a una elevación de 750 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas latitud 13°43'7.68" N, longitud 89°12'1.53" O.

El estudio consistió en evaluar dos tipos de podas de formación en cinco variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), "DOMI", "DODEL", "DECIA", "MAGINE" y "CARRUCHA", aplicando la técnica de hidroponía en invernadero, con el propósito de evaluar la calidad de los frutos y rendimiento.

Se utilizó un diseño de Bloques Completo al Azar con arreglo bifactorial, totalizando 15 tratamientos y 5 repeticiones. Se aplicó la prueba estadística de comparación de medias Tukey con un nivel de significancia 5% y se aplicó un análisis exploratorio análisis de componente principales. Los resultados fueron analizados con el programa estadístico InfoStat versión.

Se evaluaron características morfológicas en la fase vegetativa como número de hojas, diámetro del tallo, altura de la planta, altura de la bifurcación así como variables de rendimiento: número de fruto por planta, peso de frutos por planta, diámetro de fruto, clasificación por categoría de peso de fruto (primera =  $\geq 120$ g, segunda = 119-80g, tercera = 79-40g), color del fruto maduro (tabla Munsell), dureza del fruto y sólidos solubles.

Los resultados obtenidos mostraron que la variedad de tomate, variedad Dodel presento mejor peso promedio de 111g, así también con la variedad Domi, Decía, Magine y Carrucha presentaron mayor peso con la poda a un eje, obteniendo menor peso y mayor cantidad de fruto con la poda testigo con respecto a la calidad de fruto es la variedad magine presento que tiene mayor azucares con 3.72°brix y firmeza en la textura.

**Palabras claves:** Variedades, tomate, podas, hidroponía, grados brix.

## **ABSTRAC**

The research was carried out in the period from January to June 2021, in the greenhouse of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador, located in the municipality of San Salvador, department of San Salvador, at an elevation of 750 meters. above sea level, with geographic coordinates latitude 13°43'7.68" N, longitude 89°12'1.53" W.

The study consisted of evaluating two types of training pruning in five tomato varieties (*Lycopersicon esculentum* Mill), "DOMI", "DODEL", "DECIA", "MAGINE" and "CARRUCHA", applying the technique of hydroponics in the greenhouse, with the purpose of evaluating the quality of the fruits and yield.

A Randomized Complete Block design with bifactorial arrangement was used, totaling 15 treatments and 5 repetitions. The Tukey means comparison statistical test was applied with a significance level of 5% and an exploratory analysis of principal components was applied. The results were analyzed with the statistical program InfoStat version.

Morphological characteristics were evaluated in the vegetative phase such as number of leaves, stem diameter, plant height, bifurcation height as well as performance variables: number of fruit per plant, weight of fruits per plant, fruit diameter, classification by fruit weight category (first =  $\geq 120$  g, second = 119-80 g, third = 79-40 g), ripe fruit color (Munsell table), fruit hardness and soluble solids.

The results obtained showed that the tomato variety, the Dodel variety, presented a better average weight of 111 gr, as well as the Domi, Decía, Magine and Carrucha varieties, which presented a greater weight with pruning to one axis, obtaining less weight and a greater quantity of fruit. With the control pruning with respect to the quality of the fruit, the Magine variety is present, which has the highest sugars with 3.72 °Brix and firmness in texture.

**Keywords:** Varieties, tomato, pruning, hydroponics, brix degrees

## AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso por darme primeramente la vida, la sabiduría y la fuerza para terminar la carrera, guiarme en el camino adecuado.

**A MI FAMILIA:** por ser el apoyo moral y económico de mi carrera y sobre todo por su dedicación y empeño de verme realizado como profesional.

**A mis Asesores** Ing. Mario Alfredo Pérez Ascencio y lic. Santos Wilmar Morales Arévalo por brindarme el conocimiento necesario para realizar mi trabajo de graduación y culminarlo con satisfacción.

Al Comité Observador Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra e Inga. Jenny Ángel Molina por apoyarme en el proceso de investigación.

A mis amigas María Guardado y Rosa Carmona por apoyarme cuando más necesite en el trascurso de la carrera y en la vida.

**SONY ALEYDA CORTEZ ALVARADO**

## DEDICATORIA

A Dios todopoderoso por darme primeramente la vida, la sabiduría y la fuerza durante el tiempo que termine la carrera, y que me permitió alcanzar mi meta profesional.

A mis padres Teresa del Carmen Alvarado Cortez y Victor Manual Cortez por su apoyo en mi vida y económico por brindarme sus consejos y paciencia.

A mi familia por brindarme su apoyo moral, económico y mucho cariño en motivarme en seguir avanzando en la carrera.

A mis hermanos Josué Manual Cortez Alvarado y Víctor Moisés Cortez Alvarado en dar su cariño en mi vida.

A mis amigas y compañeros por su amistad, conocimiento y apoyo en la carrera profesional y personal

**SONY ALEYDA CORTEZ ALVARADO**

## INDICE GENERAL

|  |     |
|--|-----|
| CONTENIDO.....   | Pag |
| Resumen.....   | iv  |
| Abstrac.....   | v   |
| Agradecimiento.....  | vi  |
| Dedicatoria.....   | vi  |
| 1.Introducción .....   | 1   |
| 2.Revisión de literatura.....  | 2   |
| 2.1 Importancia económica, social y nutricional del cultivo de tomate..... | 2   |
| 2.1.2. Valoración nutricional del tomate .....                             | 2   |
| 2.2 Generalidades del cultivo.....   | 3   |
| 2.2.1 Origen e Historia Del Tomate.....                                    | 3   |
| 2.2.2 Descripción morfológica del cultivo de tomate.....                   | 3   |
| 2.2.3 Hábito de crecimiento del tomate.....                                | 5   |
| 2.2.4 Fisiología del cultivo.....  | 5   |
| 2.2.5 Fenología y ciclo del cultivo .....                                  | 6   |
| 2.3 Cultivares de tomate .....   | 7   |
| 2.3.1 Características de variedades de tomate .....                        | 7   |
| 2.4 Poda .....   | 9   |
| 2.4.1 Tipos de poda .....  | 9   |
| 2.4.2 Importancia de la poda.....  | 11  |
| 2.4.3 Beneficios de la poda en el cultivo .....                            | 11  |
| 2.5 Requerimientos climáticos .....  | 12  |
| 2.6 Requerimientos hídricos .....  | 14  |
| 2.7 Requerimientos nutricionales del cultivo .....                         | 14  |
| 2.8 Plaga y enfermedades en el cultivo de tomate.....                      | 16  |
| 2.9 Propiedades organolépticas.....  | 16  |
| 2.10 Cultivo protegidos. ....  | 18  |
| 2.11 Hidroponía .....  | 19  |
| 2.11.1 Clasificación de sistema hidropónico .....                          | 20  |
| 2.12 Sustratos.....  | 22  |
| 2.12.1 Características de sustratos.....                                   | 22  |
| 2.12.1.1 Sustratos inorgánicos.....  | 22  |
| 2.12.1.2 Sustratos orgánicos.....  | 23  |



|  |    |
|--|----|
| 2.13 Aspectos a considerar en la formulación de soluciones nutritivas..... | 23 |
| 2.13.1 Requerimiento del cultivo.....                                      | 23 |
| 2.13.2 Características de los fertilizantes solubles en hidroponía.....    | 24 |
| 2.13.3 Compatibilidad.....   | 24 |
| 2.13.4 Características del agua para uso de riego.....                     | 25 |
| 2.13.5 Salinidad.....  | 26 |
| 2.13.6 pH y conductividad eléctrica (CE).....                              | 26 |
| 2.14 Estudios de investigación.....  | 26 |
| 3. Metodología.....  | 28 |
| 3.1 Descripción del estudio.....   | 28 |
| 3.1.1 Localización.....  | 28 |
| 3.2 Metodología de campo.....  | 28 |
| 3.2.1 Descripción del invernadero.....                                     | 28 |
| 3.2.2 Limpieza y desinfección del invernadero.....                         | 28 |
| 3.2.3 Descripción de las variedades.....                                   | 29 |
| 3.2.4 Semillero.....   | 29 |
| 3.2.5 Manejo de los plantines.....   | 29 |
| 3.2.6 Preparación de sustrato para llenado de macetas.....                 | 29 |
| 3.2.7 Trasplante de la plántula.....                                       | 29 |
| 3.2.8 Manejo del cultivo.....  | 30 |
| 3.2.8.1 Riego.....   | 30 |
| 3.2.8.2 Fertilización.....   | 30 |
| 3.2.8.3 Tutorio del cultivo de tomate.....                                 | 31 |
| 3.2.8.4 Fitosanidad.....   | 31 |
| 3.2.8.5 Podas.....   | 32 |
| 3.2.8.6 Monitoreo del micro clima en el invernadero.....                   | 32 |
| 3.3 Metodología estadística.....   | 32 |
| 3.3.1 Diseño estadístico.....  | 33 |
| 3.3.2 Modelo Estadístico.....  | 34 |
| 3.3.3 Población y muestra.....   | 34 |
| 3.3.4 Prueba estadística.....  | 35 |
| 3.3.5 Variables Fenológica.....  | 35 |
| 3.3.6 Variables morfológicas.....  | 35 |
| 3.3.7 Variables rendimiento.....   | 35 |

|  |    |
|--|----|
| 3.3.8 Variables propiedades organoléptica.....                 | 36 |
| 3.4 Metodología económica.....                                 | 36 |
| 4. Resultados y discusión.....                                 | 37 |
| 4.1 Medición de temperatura y humedad relativa.....            | 37 |
| 4.2 Etapas fenológicas de las cinco variedades en estudio..... | 38 |
| 4.3 Variables morfológicas.....                                | 39 |
| 4.3.1 Altura de la planta.....                                 | 39 |
| 4.3.2 Altura de la bifurcación.....                            | 41 |
| 4.3.3 Número de hojas.....                                     | 41 |
| 4.3.4 Diámetro del tallo.....                                  | 42 |
| 4.4 Variables del rendimiento.....                             | 43 |
| 4.4.1 Número de fruto por planta.....                          | 43 |
| 4.4.2 Peso de fruto por planta.....                            | 46 |
| 4.4.3 Diámetro de fruto.....                                   | 48 |
| 4.5 Clasificación de frutos.....                               | 51 |
| 4.6 Variables de las propiedades organolépticas.....           | 57 |
| 4.7 Análisis Económico.....                                    | 62 |
| 5. Conclusiones.....   | 63 |
| 6. Recomendaciones.....  | 64 |
| 7. Bibliografía.....   | 65 |
| 8. Anexos.....   | 72 |

## **INDICE DE CUADROS**

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 1. Características de las variedades mutantes de tomate.....  | 7  |
| Cuadro 2. Características fenotípicas de frutos de tomate tipo Saladette de los 10 mejores rendimientos comerciales..... | 8  |
| Cuadro 3. Principales funciones de los nutrientes vegetales.....   | 15 |
| Cuadro 4. Soluciones nutritivas para especie de hortalizas.....  | 24 |
| Cuadro 5. Características físico-químico de los fertilizantes solubles utilizados en hidroponía.....                     | 24 |
| Cuadro 6. Compatibilidad de mezclas de fertilizantes.....  | 25 |
| Cuadro 7. Distribución de los factores y tratamientos en estudios.....   | 33 |
| Cuadro 8. ANVA diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial A*B.....  | 34 |
| Cuadro 9. Parámetros de clasificación por categoría de peso de fruto.....  | 36 |

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 10. Etapas fenológicas de las cinco variedades en estudio .....   | 38 |
| Cuadro 11. Altura de la planta y crecimiento en cm/día con base a de las variedades de tomate.....                                     | 40 |
| Cuadro 12. Clasificación de frutos variedad Domi con base a categorías y tipos de podas. .51   |    |
| Cuadro 13. Clasificación de frutos variedad Dodel con base a categorías y tipos de podas.....  | 53 |
| Cuadro 14. Clasificación de frutos variedad Decia con base a categorías y tipos de podas.....  | 54 |
| Cuadro 15. Clasificación de frutos variedad Magine con base a categorías y tipos de podas...   | 55 |
| Cuadro 16. Clasificación de frutos variedad Carrucha con base a categorías y tipos de podas .....                                      | 56 |
| Cuadro 17. Matriz de correlación entre variables originales y componentes; variabilidad explicada por los componentes principales..... | 57 |
| Cuadro 18. Correlación de Pearson.....   | 60 |
| Cuadro 19. Evaluación económica del proyecto en estudio. UES-CCAA 2022. ....   | 62 |

### **INDICE DE FIGURAS**

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.Podas de chupones. ....   | 10 |
| Figura 2.Poda de despunte.....   | 10 |
| Figura 3. Clasificación del color del fruto de tomate.....   | 16 |
| Figura 4. Sistema de riego por goteo de baja presión por gravedad. ....                            | 30 |
| Figura 5. Sistema de riego.....  | 30 |
| Figura 6. Poda de un eje.....  | 32 |
| Figura 7. Poda de dos ejes .....   | 32 |
| Figura 8. Plano de campo.....  | 33 |
| Figura 9. En condición de invernadero, temperatura y humedad relativa por mes. ....                | 38 |
| Figura 10. Etapas fenológicas del cultivo de tomate de crecimiento semideterminado. ....           | 39 |
| Figura 11. Altura de la planta y crecimiento en cm/día con base a de las variedades de tomate..... | 40 |
| Figura 12. Altura de la bifurcación por planta en el cultivo de tomate.....                        | 41 |
| Figura 13. Interacción variedades y podas con diferentes números de hojas. ....                    | 42 |
| Figura 14. Diámetro del tallo (mm) con diferentes tipos de podas.....                              | 43 |
| Figura 15. Número de fruto por planta con respecto a cada variedad.....                            | 44 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 16. Número de fruto por planta con tres tipos de podas.....  | 44 |
| Figura 17. Variedades y tipos de podas con número de fruto por planta.....  | 45 |
| Figura 18. Peso del fruto en cinco variedades de tomate.....  | 46 |
| Figura 19. Peso del fruto en tres tipos de podas. ....  | 47 |
| Figura 20. Tipos de podas y variedades en la variable peso del fruto. ....  | 48 |
| Figura 21. Diámetro del fruto en cinco variedades de tomate. ....   | 49 |
| Figura 22. Diámetro del fruto para diferentes tipos de poda.....  | 50 |
| Figura 23. Variedades y tipos de podas en la variable diámetro del fruto.....   | 51 |
| Figura 24. Porcentaje de categorías de la variedad Domi. a) poda a un eje, b) poda a dos ejes<br>y c) poda testigo. ....    | 52 |
| Figura 25. Porcentaje de categorías de la variedad Dodel. a) poda a un eje, b) poda a dos ejes<br>y c) poda testigo. ....   | 53 |
| Figura 26. Porcentaje de categorías de la variedad Decia. a) poda a un eje, b) poda a dos ejes<br>y c) poda testigo. ....   | 54 |
| Figura 27. Porcentaje de categorías de la variedad Magine. a) poda a un eje, b) poda a dos<br>ejes y c) poda testigo.....   | 55 |
| Figura 28. Porcentaje de categorías de la variedad Carrucha. a) poda a un eje, b) poda a dos<br>ejes y c) poda testigo..... | 56 |
| Figura 29. Análisis de componente principales de las variables calidad del fruto.....                                       | 60 |
| Figura 30. Correlación positiva de Pearson con el número de fruto y peso.....   | 61 |
| Figura 31. Correlación negativa de Pearson con número de fruto y Diámetro del fruto.....                                    | 61 |

## **INDICE DE ANEXOS**

|  |    |
|--|----|
| Cuadro A-1. Composición del tomate (100 g) .....   | 72 |
| Cuadro A-2. Cultivares de tomate de crecimiento determinado e indeterminado según su uso.<br>.....                             | 72 |
| Cuadro A-3. Categorías de firmeza para tomates.....  | 73 |
| Cuadro A-4. Características físicas y químicas de la roca volcánica .....  | 73 |
| Cuadro A-5. Características físicas y químicas de la fibra de coco. ....   | 74 |
| Cuadro A-6. Programa de riego y nutrición en el cultivo de tomate en hidroponía con base la<br>fenología CCAA-UES, 2022.....   | 75 |
| Cuadro A-7. Requerimiento del cultivo de tomate en ppm con base a etapa fenológica.....  | 76 |
| Cuadro A.8 Fertilizantes hidrosolubles utilizados para elaborar soluciones nutritivas a partir de<br>solución concentrada..... | 76 |

|  |    |
|--|----|
| Cuadro A-9. Cantidades de fertilizantes hidrosolubles con base a etapa fenológicas.....  | 77 |
| Cuadro A-10. Agroquímicos utilizados para la prevención y control de plagas y enfermedades que se presentaron en el cultivo de tomate..... | 77 |
| Cuadro A-11. Datos Promedios registrados de temperatura y humedad relativa del invernadero.....  | 78 |
| Cuadro A-12. Altura de la planta base con las etapas fenológicas en la variedad Domi. ....   | 78 |
| Cuadro A-13. Altura de la planta base con las etapas fenológicas en la variedad Dodel. ....  | 79 |
| Cuadro A-14. Altura de la planta en base con las etapas fenológicas en la variedad Decia. .  | 79 |
| Cuadro A-15. Altura de la planta en base con las etapas fenológicas en la variedad Magine.   | 79 |
| Cuadro.A-16. Altura de la planta en base con las etapas fenológicas en la variedad Carrucha.....   | 79 |
| Cuadro A-17. Resumen en la variable Diámetro del tallo.....  | 80 |
| Cuadro A-18. Número del fruto por planta. ....   | 81 |
| Cuadro A-19. Resume en la variable Número del fruto.....   | 82 |
| Cuadro A-20. Peso del fruto (g). ....  | 83 |
| Cuadro A-21. Resume en la variable Peso del fruto. ....  | 84 |
| Cuadro A-22. Diámetro del fruto por planta (mm). ....  | 85 |
| Cuadro A-23. Resume en la variable Diámetro del fruto. ....  | 86 |
| Cuadro A-24. Variables estadísticamente sobre la morfológicas y rendimiento. ....  | 87 |
| Cuadro A-25. Análisis de varianza para la variable altura de la bifurcación por planta.....  | 87 |
| Cuadro A-26. Prueba de Tukey en la variable Altura de la bifurcación en variedades de tomate. ....   | 87 |
| Cuadro A-27. Análisis de varianza para la variable número de hojas.....  | 88 |
| Cuadro A-28. Prueba de Tukey interacción de las variedades con tipos podas en la variable número de hojas. ....                            | 88 |
| Cuadro A-29. Análisis de varianza en la variable diámetro del tallo. ....  | 88 |
| Cuadro A-30. Prueba de Tukey en la variable diámetro del tallo en los tipos de podas. ....   | 89 |
| Cuadro A-31. Análisis de varianza para la variable número de fruto por planta. ....  | 89 |
| Cuadro A-32. Prueba de Tukey en la variable número de frutos en variedades de tomate. ..   | 89 |
| Cuadro A-33. Prueba de Tukey en la variable número de frutos en tipos de podas. ....   | 89 |
| Cuadro A-34. Medidas resumen de la variable peso de fruto por planta.....  | 89 |
| Cuadro A-35. Prueba de Tukey en la variable peso del fruto en variedades de tomate. ....   | 90 |
| Cuadro A-36. Prueba de Tukey en la variable peso del fruto en tipos de podas .....   | 90 |
| Cuadro A-37. Análisis de varianza para la variable diámetro de fruto del cultivo de tomate. .  | 90 |

|   |     |
|---|-----|
| Cuadro A-38. Prueba de Tukey en la variable diámetro del fruto en variedades de tomate. .                     | 90  |
| Cuadro A-39. Prueba de Tukey en la variable diámetro del fruto en diferentes podas. ....                      | 90  |
| Cuadro A-40. Variables sobre la calidad de los frutos del cultivo de tomate. ....                             | 91  |
| Cuadro A-41. Variables sobre la calidad de los frutos del cultivo de tomate. ....                             | 91  |
| Cuadro A-42. Variables sobre la calidad de los frutos del cultivo de tomate. ....                             | 92  |
| Cuadro A-43. Variables sobre la calidad de los frutos del cultivo de tomate. ....                             | 92  |
| Cuadro A-44. Variables sobre la calidad de los frutos del cultivo de tomate. ....                             | 92  |
| Cuadro A-45. Resumen en las variables sobre la calidad de los frutos de las diferentes variedades. ....       | 93  |
| Cuadro A-46. Evaluación económica del cultivo de tomate en un área de 50 m <sup>2</sup> . UES-CCAA. 2022..... | 93  |
| <br>  |     |
| Figura A-1. Planta de crecimiento determinado .....   | 94  |
| Figura A-2. Distribución de las hojas en una planta de crecimiento indeterminado.....                         | 94  |
| Figura A-3. Fases fenológicas.....  | 94  |
| Figura A-4 Síntoma característico de deficiencia de nitrógeno (N).....  | 95  |
| Figura A-5. Síntoma característico de deficiencia de potasio K en hojas.....                                  | 95  |
| Figura A-6. Síntoma característico de deficiencia de calcio (Ca) en frutos.....                               | 95  |
| Figura A-7. Las plagas del cultivo de tomate .....  | 95  |
| Figura A-8. Las enfermedades del cultivo de tomate.....   | 96  |
| Figura A-9. Altura por etapa variedad Domi en el cultivo de tomate.....                                       | 96  |
| Figura A-10. Altura por etapa variedad Dodel en el cultivo de tomate.....                                     | 97  |
| Figura A-11. Altura por etapa variedad Decia en el cultivo de tomate. ....                                    | 97  |
| Figura A-12. Altura por etapa variedad Magine en el cultivo de tomate. ....                                   | 98  |
| Figura A-13. Altura por etapa variedad Carrucha en el cultivo de tomate.....                                  | 98  |
| Figura A-14. Hidrotermógrafo. ....  | 99  |
| Figura A-15. Conductivímetro. ....  | 99  |
| Figura A-16. penetrómetro.....  | 100 |
| Figura A-17. Refractómetro.....   | 100 |
| Figura A-18. Cultivar de tomate. ....   | 101 |
| Figura A-19. Variedad Decia poda a un eje. ....   | 101 |
| Figura A-20. Variedad Decia poda a dos ejes.....  | 101 |
| Figura A-21. Variedad Decia poda testigo.....   | 101 |
| Figura A-22. Variedad Domi.....   | 102 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura A-23. Variedad Dodel.....  | 102 |
| Figura A-24. Variedad Decia.....  | 102 |
| Figura A-25. Variedad Magine .....  | 102 |
| Figura A-26. Variedad Carrucha .....  | 103 |
| Figura A-27. Variedad Domi con diferentes tipos de podas y tratamientos. ....     | 103 |
| Figura A-28. Variedad Dodel con diferentes tipos de podas y tratamientos. ....    | 104 |
| Figura A-29. Variedad Decia con diferentes tipos de podas y tratamientos.....     | 104 |
| Figura A-30. Variedad Magine con diferentes tipos de podas y tratamientos. ....   | 104 |
| Figura A-31. Variedad carrucha con diferentes tipos de podas y tratamientos. .... | 105 |
| Figura A-32. Variedad Domi por categorías. ....                                   | 105 |
| Figura A-33. Variedad Dodel por categorías. ....                                  | 106 |
| Figura A-34. Variedad Decia por categorías. ....                                  | 106 |
| Figura A-35. Variedad Magine por categorías.....                                  | 107 |
| Figura A-36. Variedad Carrucha por categorías.....                                | 107 |
| Figura A-37. deformidades genéticas en la variedad Decia. ....                    | 108 |
| Figura A-38. deformidades genéticas en la variedad Domi. ....                     | 108 |

## 1.INTRODUCCIÓN

En el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) de crecimiento semideterminado, las podas constituyen una práctica cultural indispensable. A través de ellas se obtienen plantas balanceadas y con mejores rendimientos. Las podas se clasifican en función del órgano a eliminar, estos pueden ser tallos, hojas, flores y frutos, Culajay 2017.

Según la FAO, citado por Fernández 2017. el tomate es la hortaliza que más se produce en el mundo, siendo por ello importante la realización de trabajos de investigación sobre la mejora en el manejo y producción de esta hortaliza.

La práctica de la poda en el cultivo de tomate es habitual (crecimiento indeterminado) en un sistema de producción bajo invernadero, sea esta de despunte, brotes laterales o dos axilares, lo que favorece al aumento del rendimiento del cultivo, Santos y Sánchez 2003. La poda de yemas y brotes laterales son importantes en un sistema de producción ya que reduce la competencia por agua, nutrientes y luz, Nuez 1995. La alternativa que toman los agricultores es la producción de tomates a doble eje, para obtener mejores rendimientos, y ciertamente lograr mayores producciones en número de libras cosechadas, pero los resultados en la calidad de frutos producidos descendió, perdiendo tamaño, firmeza y calidad en cuanto a características organolépticas, Culajay 2017.

Por lo anterior, la investigación tuvo como objetivo evaluar dos tipos de podas de formación en cinco variedades de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) con la finalidad de evaluar el rendimiento y calidad de fruto en condiciones de invernadero, mediante la técnica de hidroponía.



## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Importancia económica, social y nutricional del cultivo de tomate

El tomate es una de las hortalizas de mayor consumo a nivel nacional, se adapta a condiciones de clima cálido y templado; cultivándose entre los 100 a los 1,500 metros sobre el nivel del mar. Se puede sembrar todo el año, en lugares donde se cuenta con riego. Es considerado como una de las hortalizas de mayor importancia tanto por su valor económico como por su alto contenido de vitaminas y minerales, Larín *et al.* 2018.

Para el año 2021 - 2022 se cultivaron 603 manzanas de tomate, produciendo 506,368qq, con un rendimiento por manzana de 840.30qq/mz, equivalente a 1,680.60 cajas/50lb por otra parte, para ese año se importaron 1,255,229.75qq equivalente a \$18,563,456.00 dólares, MAG 2021.

El cultivo de tomate, desde el punto de vista alimenticio es una de las hortalizas que por su versatilidad de consumo es una de las más importantes. A nivel de Norte y Centroamérica, el consumo per cápita /año es alrededor de los 26. 9kg, Pérez *et al.* 2002.

Larín *et al.* 2018, expone que para cubrir la demanda aparente se requiere sembrar alrededor de 3,990 hectáreas. Esto requiere algunas líneas de acción como: a) La implementación de nuevas tecnologías con el uso de infraestructura protegido (microtunel, macrotunel, casa malla, invernadero), riego, fertirriego, hidroponía, agricultura orgánica, variedades tolerantes a plagas y enfermedades. b) incrementar las áreas de siembra. c) los productores dispongan de la tecnología.

#### 2.1.2. Valoración nutricional del tomate

El tomate está compuesto principalmente por agua y su macronutriente mayoritario son los hidratos de carbono, Cuadro A-1. Entre las vitaminas cabe destacar el contenido en vitamina A, básicamente en forma de carotenoides provitamina A y vitamina C. Una ración de tomate cubre el 61% de las ingestas recomendadas de vitamina C. Entre los carotenoides no provitamina A están los licopenos cuya cantidad depende de la variedad cultivada (mucho mayor en los de «tipo pera»), del grado de madurez (mayor en los maduros) y del modo de cultivo y forma de maduración (superior en los cultivados al aire libre y madurados en la planta). El tomate triturado o cocinado y su combinación con aceite, mejora la absorción del licopeno

en nuestro organismo. La acidez del jugo fluctúa entre un pH de 4 y 4.5. Los frutos pueden consumirse frescos, al natural, en pasta, salsas, jugos y en los diferentes platillos culinarios, proporcionando color y sabor, Larín *et al.* 2018.

## 2.2 Generalidades del cultivo

### 2.2.1 Origen e historia del tomate

El origen del tomate se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó, quizá porque crecía como mala hierba entre los huertos. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos. Los españoles y portugueses difundieron el tomate en Medio Oriente y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá, Fernández 2017.

### 2.2.2 Descripción morfológica del cultivo de tomate

El tomate cultivado pertenece a la familia de las Solanáceas, al género *Lycopersicon* y a la especie *esculentum*. Actualmente, se le clasifican como *Solanum lycopersicum* Se le cultiva como planta anual, de porte arbustivo. Se desarrolla de forma rastrera, semierecta o erecta, dependiendo de la variedad, Larín *et al.*, 2018.

**Sistema radical:** El sistema radical del tomate consta de una raíz principal típica de origen seminal que puede alcanzar hasta 60 cm de profundidad y numerosas raíces secundarias y terciarias, Garza 1985.

**Tallo principal:** Es anguloso, cubierto en toda su longitud de pelos perfectamente visibles, muchos de los cuales, al ser de naturaleza glandular, le confieren a la planta un olor característico. En un principio el porte del tallo es erguido, hasta que por el peso de los frutos se rastrea sobre el suelo. El desarrollo del tallo es variable en función a los distintos cultivares, existiendo dos tipos fundamentales de crecimiento, Maroto 2002.

**Hojas:** Las hojas son compuestas e imparipinnadas, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen

de forma alternada sobre el tallo. De la misma forma que el tallo, están recubiertas de pelos glandulares que confieren el olor característico de la planta de tomate se llama el olor tomatina, Maroto 2002.

**Flor:** La flor del tomate es perfecta. Consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo dispuestos de forma helicoidal y de igual número de estambres que se alternan con los pétalos. Los estambres están soldados por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. El ovario es bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias denominadas comúnmente como “racimos”, La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas, Monardes 2009.

**Fruto:** El fruto es una baya que puede tener un color amarillo, rosado o rojo debido a la presencia de licopeno y caroteno, en distintas y variables proporciones. Su forma puede ser redonda, achatada, o en forma de pera y su superficie lisa o asurcada, con tamaños variables según la variedad. En sección transversal se aprecian en el tomate la piel, la pulpa firme, el tejido placentario y la pulpa gelatinosa que envuelve a las semillas, el fruto está unido a la planta por un pedicelo con un engrosamiento articulado que contiene la cepa de abscisión. Por lo que la separación del fruto en la cosecha puede realizarse por la zona de abscisión o por la zona peduncular del fruto. En las variedades industriales la presencia de parte del pedicelo es indeseable, por lo que son preferibles los cultivares que se separan fácilmente por la zona peduncular, Nuez 2001.

**Semilla:** Es pequeña, con dimensiones de 5x4x2 mm. Su coloración es amarillenta con matiz grisáceo; su forma puede ser aplanada, alargada, en forma de riñón, redondeada y pubescente, INTA 1999.

### **2.2.3 Hábito de crecimiento del tomate**

Una de las clasificaciones del cultivo de tomate es por su hábito de crecimiento las cuales se dividen en:

**Plantas de crecimiento determinado:** Se produce cuando en el ápice del tejido meristemático apical vegetativo detiene el desarrollo del brote por la formación de dos inflorescencias consecutivas. Son plantas cuyos tallos principales y lateral detienen su crecimiento después de un determinado número de inflorescencias, según la variedad. Son de porte bajo y compacto y producen frutos durante un periodo relativamente corto. La cosecha puede realizarse de una a tres veces durante el ciclo de cultivo, Figura A-1, Torres 2017.

**Plantas de crecimiento indeterminado:** Son plantas cuyos tallo principal y laterales crecen en un patrón continuo, siendo la yema terminal del tallo la que desarrolla el siguiente tallo. La floración, la fructificación y la cosecha se extienden por periodos muy largos, por lo que son usualmente cultivadas en invernaderos o casas sombra con tutoreo. Poseen condiciones adecuadas para un crecimiento continuo, dado que forman hojas y flores de manera ilimitada. La aparición de flores en los racimos y su grado de desarrollo son escalonados: las primeras flores del racimo pueden estar totalmente abiertas, mientras que las últimas aún no se abren. El periodo de cosecha oscila entre tres a cuatro meses según cultivar, Figura A-2, López 2016.

**Plantas de crecimiento semideterminado:** Se caracterizan por la interrupción del crecimiento de sus tallos después de un determinado número de inflorescencias, usualmente en una etapa muy avanzada del ciclo del cultivo, López 2016.

### **2.2.4 Fisiología del cultivo**

Según Larín *et al.* 2018, señala que la planta de tomate no presenta ninguna necesidad de fotoperiodo, en cuanto a su capacidad para formar flores; sin embargo, sí es determinante para su crecimiento vegetativo. El incremento del crecimiento vegetativo se ve favorecido por el incremento de la luminosidad, como por la temperatura. Para fructificar normalmente necesita de temperaturas diurnas y nocturnas entre 23 -17°C. Una temperatura continua no permitiría el normal cuajado de los frutos. Las temperaturas nocturnas inferiores a 17°C provocan la

caída de flores; este proceso fisiológico puede evitarse con el agregado externo de reguladores de crecimiento (en este caso auxinas), que inducen la formación de frutos partenocarpicos. Las temperaturas nocturnas arriba de los 23°C provocan caída de flores debido a la escasa provisión de carbohidratos. La temperatura diurna no debe sobrepasar de los 35°C. La temperatura, la luz y la humedad juegan un papel determinante para que se produzca una correcta formación de polen, y que este pueda polinizar la mayor cantidad de flores. Además de la aplicación de fitorreguladores para la obtención de mejores resultados en el cuajado, se utilizan técnicas de agitación mecánica y de vibradores que buscan un mayor desprendimiento de polen con sus sacudidas.

La semilla de tomate no posee período de dormancia y conserva su viabilidad aproximadamente por cuatro años a temperaturas bajas (3° C a 5°C) y entre 5 a 10% de humedad, Larín *et al.* 2018.

### **2.2.5 Fenología y ciclo del cultivo**

El tomate tiene varias etapas de desarrollo en su ciclo de vida: fase vegetativa (germinación, plántula y desarrollo vegetativo) y la fase reproductiva comprende la floración, desarrollo de frutos, maduración y cosecha, Figura A-3. El tiempo de cada etapa está relacionada según el habito de crecimiento: determinado o indeterminado, cultivar, de las condiciones ambientales, entre otros.

**Fase inicial:** Comienza con la germinación de la semilla, a partir del primero hasta los veintiún días, Holwerda 2006.

**Fase vegetativa:** Es la continuación de la fase inicial, esta etapa termina con la floración, dura entre 22 a 40 días. Requiere de mayores cantidades de nutrientes para satisfacer las necesidades de las hojas y ramas en crecimiento y expansión., Bolaños 2001.

**Fase reproductiva:** La planta florece entre 51- 80 días, desde la fase inicial según el cultivar, la fructificación, dura entre 30 o 40 días, se caracteriza porque el crecimiento de la planta se detiene y los frutos extraen los nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración, Bolaños 2001.

## 2.3 Cultivares de tomate

### 2.3.1 Características de variedades de tomate

El tomate es una hortaliza con gran diversidad, hay variedades con distinto aspecto exterior (forma, tamaño, color) e interior (sabor, textura, dureza), entre otras, hay variedades destinadas para consumo fresco y otras para procesado industrial y dentro de este grupo, muchas especializaciones del producto, Alvarado 2009.

En el presente cuadro 1 se presenta información de trabajo de investigación realizado 2012 sobre las características morfoagronómicas de los cultivares en estudio.

Cuadro 1. Características de las variedades mutantes de tomate

| Variedades | Altura de la planta (cm) | N° frutos/planta | N° cortes | Diámetro fruto (cm) | Promedio de semillas/fruto. |
|------------|--------------------------|------------------|-----------|---------------------|-----------------------------|
| Carrucha   | 50                       | 19               | 4         | 5.46                | 140                         |
| Domi       | 90                       | 18               | 4         | 5.26                | 115                         |
| Magine     | 80                       | 13               | 5         | 4.97                | 66                          |
| Dodel      | 100                      | 8                | 3         | 7.0                 | 55                          |
| Decia      | 110                      | 4                | 2         | 7.3                 | 39                          |











**Fuente:** Hernández *et al.* 2012.

#### INTA Valle del Sébaco

Variedad con hábito de crecimiento determinado tipo saladette, de fruto cordiforme (forma de corazón) y tamaño mediano con desarrollo interno de cuatro lóculos, de color rojo intenso, con un peso promedio de fruto de 100,82 gramos. La floración y fructificación inician aproximadamente a los 30 y 37 días después del trasplante, respectivamente. Su excelente firmeza le confiere larga vida poscosecha, siendo su producción promedio de 6,5 kg/planta. Su producción se realiza en forma concentrada, por estratos o niveles de maduración. La época de siembra es todo el año, preferiblemente en verano. Es resistente a los Begomovirus y moderadamente resistente a la maya (*Ralstonia solanacearum*), Campos 2016.

Por otra parte, En el cuadro 2 se presenta información de cultivares comerciales de tomate sobre las características fenotípicas de frutos de tomate tipo Saladette.

Cuadro 2. Características fenotípicas de frutos de tomate tipo Saladette de los 10 mejores rendimientos comerciales.

| Cultivar y características  |  | Cultivar y características  |  |
|---|--|---|--|
| <b>Percherón</b>  |  | <b>WPS- 1503</b>  |  |
|    | RC: 106 t.ha <sup>-1</sup><br>P: 166 g<br>D: 55 mm<br>L: 84 mm |    | RC: 102 t.ha <sup>-1</sup><br>P: 170 g<br>D: 59 mm<br>L: 84 mm |
| <b>Valerio</b>  |  | <b>Orna</b>   |  |
|    | RC: 102 t.ha <sup>-1</sup><br>P: 88 g<br>D: 47 mm<br>L: 67 mm  |    | RC: 100 t.ha <sup>-1</sup><br>P: 125 g<br>D: 57 mm<br>L: 66 mm |
| <b>SV 8579 TF</b>   |  | <b>Namib</b>  |  |
|    | RC: 95 t.ha <sup>-1</sup><br>P: 135 g<br>D: 56 mm<br>L: 73 mm  |    | RC: 94 t.ha <sup>-1</sup><br>P: 119 g<br>D: 56 mm<br>L: 64 mm  |
| <b>SV 3543 TF</b>   |  | <b>Bullseye F1</b>  |  |
|   | RC: 94 t.ha <sup>-1</sup><br>P: 136 g<br>D: 59 mm<br>L: 67 mm  |   | RC: 93 t.ha <sup>-1</sup><br>P: 161 g<br>D: 63 mm<br>L: 68 mm  |
| <b>Pony Express F1</b>  |  | <b>Perseo F1</b>  |  |
|  | RC: 91 t.ha <sup>-1</sup><br>P: 105 g<br>D: 54 mm<br>L: 57 mm  |  | RC: 87 t.ha <sup>-1</sup><br>P: 142 g<br>D: 60 mm<br>L: 66 mm  |

**Fuente:** FHA 2018. (RC = rendimiento comercial; P = peso, D = diámetro y L = longitud de frutos).

#### INTA-41

Variedad precoz con hábito de crecimiento determinado un fruto tipo cherry, redondo, alargado, de color amarillo, con tres lóculos. La floración y fructificación inician aproximadamente a los 22 y 30 días después del trasplante, respectivamente. Su peso promedio de fruto es de 16,25g. Posee una firmeza excepcional debido al desarrollo de pulpa gruesa que le confiere larga vida poscosecha, de sabor dulce, con fruta que fácilmente se desprende de la planta. Su producción promedio es de 6,03 kg/planta. Esta variedad se puede sembrar en cualquier época del año, Campos 2016.

## **2.4 Poda**

Consiste en la eliminación de cierta parte de la planta, hojas, tallos y órganos reproductivo con la finalidad de permitir una mejor sanidad fitosanitaria en cada una de la etapa fenológica del cultivo Pérez 2018.

### **2.4.1 Tipos de poda**

#### **Poda sanitaria.**

Consiste en la eliminación de hojas que han llegado a su madurez fisiológica, enfermas; las cuales se encuentran cercanas al suelo ubicadas por debajo del primer racimo floral. con ello se favorece la aireación de la planta y se evita la incidencia de enfermedades de y otras partes vegetativas. Se recomienda realizar esta práctica en ambas épocas del año, Pérez 2018.

#### **Poda de formación**

Mediante esta poda se decide el número de tallos que va a tener la planta. Lo aconsejable para variedades de crecimiento indeterminado es la poda a un solo tallo, ya que la planta es más vigorosa y se facilita su tutorado y manejo.

En caso de que se tome la decisión de dejar dos tallos en la planta, se deben escoger los dos tallos más vigorosos. El tallo más vigoroso es el principal y el segundo tallo es aquél que aparece inmediatamente por debajo de la primera inflorescencia, Escobar *et al.* 2015.

#### **Poda de yemas o chupones**

Las yemas axilares, también llamadas chupones, son pequeños brotes que crecen en el punto de inserción entre el tallo principal y los pecíolos de las hojas y que se deben eliminar manualmente antes de que se desarrollen demasiado (< 5cm), Figura 1. Esto evitará que tomen parte de los nutrientes que son importantes para el fruto. Además, al eliminarlos cuando aún son pequeños, se reduce el tamaño de las heridas y así la probabilidad de ataque de hongos, especialmente de *Botrytis cinerea*. Para evitar la eliminación accidental del punto de crecimiento de la planta al confundirlo con un chupón, únicamente se deben eliminar los chupones que están por debajo del último racimo floral que se ha formado. A medida que el cultivo se desarrolla, la proliferación de chupones disminuye y su control se puede hacer con menos frecuencia, Escobar *et al.* 2015.



## Despunte

Este manejo es utilizado para detener el crecimiento de la planta a través de la eliminación del ápice de crecimiento cortando el brote apical del eje principal. Ayuda a controlar la altura de la planta y la cantidad de racimos que se desea producir. Además, para incrementar y homogenizar calibre, como también adelantar la maduración del fruto (precocidad). El despunte se realiza en una o dos hojas sobre el último racimo con el objetivo de evitar el daño por golpe de sol, Figura 2, Martínez. & Salinas 2017.



Figura 1. Podas de chupones.

Fuente: Martínez. & Salinas. 2017.



Figura 2. Poda de despunte.

Fuente: Martínez. & Salinas. 2017.

En variedades comerciales indeterminadas cultivadas al aire libre, se hace este manejo desde el octavo hasta el décimo racimo dependiendo del estado de la planta. Se pueden despuntar al quinto o al décimo octavo racimo, Martínez. & Salinas. 2017.

## Podas de producción

### Poda de flores y frutos

La poda de flores y frutos ayuda a balancear el crecimiento vegetativo con el generativo, para optimizar el número y el tamaño de los frutos en el racimo y a lo largo de la planta, Escobar *et al.* 2015. Sin embargo, este manejo se realiza para homogenizar e incrementar calibre de los frutos, ya que los racimos podrían producir más de seis flores (potenciales frutos). El criterio para eliminar o ralear las flores de un racimo es eliminar las flores menos vigorosas (distales) dejando las más grandes. De esta forma se regula una carga para lograr el rendimiento adecuado de acuerdo al estado fisiológico de la planta. En sistema al aire libre se recomienda

no dejar más de 5 frutos/racimo, para obtener mejor calibre y, por consiguiente, mayor calidad comercial (precio más elevado), Martínez & Salinas 2017.

#### **2.4.2 Importancia de la poda.**

La importancia de la poda radica en que en ocasiones un crecimiento rápido de algún órgano puede competir con las hojas por nutrimentos que fácilmente se pueden traslocar, lo que provoca senescencia foliar y reducción en su capacidad fotosintética. Asimismo, existe competencia entre los órganos cuyo crecimiento y desarrollo son simultáneos; tal es el caso del crecimiento del ápice con la diferenciación floral, proceso que ocurre a muy temprana edad en muchas plantas. El crecimiento resultante de una poda es bastante rápido porque se altera temporalmente la relación raíz/parte aérea. Además, la remoción del follaje y ramas reduce la cantidad de carbohidratos almacenados y, lo que es aún más importante, reduce el área foliar disponible para su producción, Bures 2014.

En términos generales, la poda puede influir en el número y cantidad de las flores y los frutos. Por ejemplo, si se reduce el número de frutos, los remanentes serán de mayor tamaño y calidad. Por otra parte, una poda terminal excesiva estimula el crecimiento vegetativo y puede suprimir la floración, ya que, al remover los ápices, los meristemas laterales dispondrán de mayor abastecimiento de agua, nitrógeno y otros elementos vitales para el crecimiento vegetativo, Vargas 2014.

Pérez, citado por Vargas 2014, determinó que en el sistema de producción intensivo de tomate la poda de hojas es obligada. De no realizarse esta práctica se genera un microambiente de alta humedad relativa en la parte inferior de las plantas que, por un lado, es propicio para el desarrollo del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y botritis (*Botrytis cinerea*), y por otro, disminuye la penetración de la luz que retarda la maduración de los frutos.

#### **2.4.3 Beneficios de la poda en el cultivo**

Vargas 2014. argumenta que con la poda racional se consiguen los siguientes beneficios:

- ✓ Distribuir las plantas según el marco de plantación elegido, orientando la producción, la precocidad y calidad, según las preferencias del agricultor.

- ✓ Se facilita la realización de prácticas culturales, mejorando la sanidad del cultivo por una mejor ventilación y control de plagas y enfermedades.
- ✓ La recolección se realiza con mayor comodidad, obteniendo frutos de tamaño mayor y de mejor calidad.
- ✓ Se mantiene en sus justos límites la vegetación exuberante del tomate, evitando pérdida de savia en alimentar órganos no productivos.
- ✓ Se controla la altura de la planta según convenga al agricultor.
- ✓ El único inconveniente es la mano de obra que esta práctica necesita.

## **2.5 Requerimientos climáticos**

### **Humedad relativa**

La humedad es la masa de agua en unidad de volumen, o en unidad de masa de aire.

Existe una relación inversa de la temperatura con la humedad por lo que elevadas temperaturas, aumenta capacidad de contener vapor de agua y por lo tanto disminuye la humedad relativa. Con temperatura baja, el contenido en humedad relativa aumenta.

La humedad relativa (HR) óptima, que se ubica entre 55% y 75%, favorece el desarrollo normal de la polinización y garantiza una buena producción. El exceso las plantas reducen la transpiración y disminuye, se produce abortos florales por apelmazamiento del polen y un mayor desarrollo de enfermedades por el contrario si es muy baja, las plantas transpiran en exceso, pudiendo deshidratarse, además de los comunes problemas de mal cuaje, Portillo 2010.

### **Temperatura**

Las temperaturas optima es 20°C – 30°C, la temperatura superior 30 a 35°C afectan fructificación, por el mal desarrollo de óvulos y al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular. Las temperaturas inferiores a 12 a 15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta. A temperaturas superiores a 25°C e inferiores a 12°C la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente a la precocidad como la coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C y superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas, Portillo 2010.

### **Altitud**

El tomate puede cultivarse desde los 20 a los 2000 msnm, tomando en cuenta la capacidad de adaptación de cada variedad o híbrido, Larín *et al.* 2018.

### **Radiación**

Este factor climático se encuentra altamente ligado a la temperatura, es luz transformada en energía y la energía a su vez en calor. Sin este factor un invernadero no podría cumplir su función que es la absorción de energía calorífica en el día mediante plásticas mallas y estructura metálica del invernadero para ser liberada por la noche cuando las temperaturas se reducen, Portillo 2010.

El tomate es un cultivo insensible al fotoperiodo, aunque requiere de una buena iluminación. Iluminaciones limitadas originan reducción en la fotosíntesis neta e implican mayor competencia por los productos asimilados, con incidencia en el desarrollo y en la producción. Valores de radiación total diaria alrededor de 0,85 MJ m<sup>-2</sup>, son los umbrales considerados mínimos para la floración y cuajado, siendo preferible mayor iluminación en menor período de tiempo que iluminaciones bajas durante un mayor tiempo, Chaverría *et al.* 2012.

### **Ventilación**

La ventilación es un aspecto fundamental en la producción de cultivos protegidos, ya que facilita la entrada de aire fresco y elimina el aire caliente que se acumula dentro de la malla sombra, también ayuda a renovar los niveles de oxigenación por lo que es indispensable que la orientación de la malla sombra permita buena circulación del aire con el objeto de renovar el que se encuentra en el interior y bajar la humedad relativa para evitar problemas de enfermedades, Chaverría *et al.* 2011.

### **Luminosidad**

El tomate es exigente en luminosidad; requiere de días soleados y entre 8 a 16 horas de luz, para un buen desarrollo de la planta y poder lograr una coloración uniforme en el fruto. La baja luminosidad afecta los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta, y reduce la absorción de agua y nutrientes, Jaramillo *et al.* 2006.

## **2.6 Requerimientos hídricos**

La cantidad de agua que requiere el cultivo de tomate depende de varios factores como: las condiciones climáticas del sitio geográfico (radiación, humedad relativa, temperatura y vientos), estado de desarrollo de la planta, tipo de suelo, del cultivar, época del año. Por otra parte, el consumo diario de agua por planta adulta de tomate oscila entre 1.5 a 2.5 litros/día, aplicándose un promedio de 30 a 40m<sup>3</sup> de agua/mz./día en riego por goteo, Corpeño 2008.

Así mismo, la mayor sensibilidad o periodo crítico de agua en el cultivo, se presenta en el momento del trasplante y durante la fase de floración y crecimiento del fruto, siendo menos afectada en los periodos de crecimiento vegetativo y maduración.

Razón por la cual, Jaramillo 2007, menciona que el exceso de agua provoca la presencia de enfermedades fungosas en la parte radicular como follaje, disturbios fisiológicos en el fruto, favorece la caída de flores, retarda la maduración de los frutos e induce a un crecimiento acelerado en las plantas.

## **2.7 Requerimientos nutricionales del cultivo**

En las plantas cultivadas se han descrito 16 elementos, denominados esenciales, para que estas puedan completar adecuadamente su desarrollo, Alvarado 2009.

La materia seca de la planta está constituida por elemento esenciales son carbono, oxígeno, y hidrógeno. El resto de los elementos las plantas los toman desde el suelo en distintas cantidades por ello, se les agrupa en macroelementos para referirse a aquellos que las plantas los requieren en mayor cantidad, como es el caso del nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S); y microelementos cuando son requeridos en pequeñas cantidades, como hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn) boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl), Holwerda 2006. En el cuadro 3 se presenta las funciones fisiológicas principales de cada elemento en la planta.

Cuadro 3. Principales funciones de los nutrientes vegetales.

| Nutrientes     | Funciones  |
|----------------|--|
| Nitrógeno (N)  | Síntesis de proteínas (crecimiento y rendimiento).   |
| Fósforo (P)    | División celular y formación de estructuras de transferencia de energía.   |
| Potasio (K)    | Transporte de azúcares, control estomático, cofactor de muchas enzimas, reduce la susceptibilidad de la planta a enfermedades. |
| Calcio (Ca)    | Forma parte de la pared celular y reduce la susceptibilidad de la planta a enfermedades  |
| Azufre (S)     | Síntesis de aminoácidos esenciales como cistina y metionina.   |
| Magnesio (Mg)  | Forma parte central de la molécula de la clorofila.  |
| Hierro (Fe)    | Síntesis de la clorofila   |
| Manganeso (Mn) | Participa en los procesos de la fotosíntesis.  |
| Boro (B)       | De pared celular. Germinación y elongación del tubo polínico. Participa en el metabolismo y transporte de azúcares.            |
| Zinc (Zn)      | Síntesis de auxinas  |
| Cobre (Cu)     | Influencia en el metabolismo de nitrógeno y carbohidratos.   |
| Molibdeno (Mo) | Componente del nitrógeno reductasa y enzimas nitrogenasa.  |

**Fuente:** Smadar 2014.

### Síntomas de deficiencias de nutrientes

El tomate es especialmente sensible a excesos o deficiencias de ambos macro y micro nutrientes. Las deficiencias más comunes, particularmente en cultivos sin suelo, algunos afectan a otros nutrientes; la deficiencia de potasio afecta la calidad del fruto, la deficiencia de calcio afecta la calidad del fruto, la deficiencia de magnesio está presente en suelos ácidos en presencia de altos niveles de potasio; y deficiencias de B, Fe y Mn se da en suelos calcáreos, Smadar 2014.

## 2.8 Plagas y enfermedades en el cultivo de tomate

El manejo de plagas y enfermedades es mantener los niveles de daño debajo del límite económico aceptable; combinando prevención y estrategias de control, mediante tácticas: culturales, mecánicas, biológicas y químicas, Jiménez 2009.

Por tanto, las tácticas son métodos de implementación de acciones particulares dentro de una estrategia de manejo de plagas y enfermedades, Figura A-7,8 Jiménez 2009.

## 2.9 Propiedades organolépticas

propiedades organolépticas, son particularidades que se miden a través del análisis sobre las sensaciones que producen. Es decir, son las propiedades de los alimentos que son percibidas por los sentidos. Este análisis sensorial parte de cuatro parámetros básicos: color, sabor, textura y aroma, Gemma *et. al.* 2008.

### Color

Durante la maduración el tomate pasa por diferentes colores, desde el verde hasta el rojo, pasando por el amarillo, dependiendo de la influencia que tengan en ellos las clorofilas y caroteno (color verde) o el licopeno (color rojo). Con el tiempo la influencia de las clorofilas disminuye, mientras que aumenta la del licopeno, haciendo el fruto más maduro. El color también depende de si la luz es muy intensa, lo que hace que predominen las clorofilas y el caroteno, Reina 1998.

1. Verde (Green). Significa que la piel está completamente verde claro a oscuro.
2. Quebrando o Verde Rosa (Breakers). Significa que hay una interrupción distinta en el color verde hasta amarillo, rosado o rojo en no más del 10% de la piel.
3. Rayado o Rayando (Turning). Significa que entre el 10% y 30% de la superficie del tomate muestra un cambio definido del color verde hasta amarillo, rosado o rojo, o una mezcla de éstos.
4. Rosa (Pink). Significa que entre el 30% y el 60% de la superficie del tomate, muestra un color rosado o rojo.

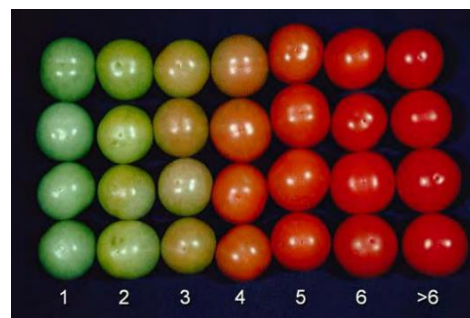


Figura 3. Clasificación del color del fruto de tomate.

5. Rojo claro (Light Red). Significa que entre el 60% y el 90% de la superficie tiene color rosado o rojo.
6. Rojo (Red). Significa que más del 90 % de la superficie muestra color rojo, Igno 2010.

### **Grados Brix**

Los hidratos de carbono sufren cambios bioquímicos durante la maduración. La degradación de los polisacáridos de las membranas celulares, ejercen una contribución importante sobre el aumento en contenido de azúcares. El contenido de sólidos solubles se determina mediante una muestra de jugo y se expresa en grados Brix a través del refractómetro, Reina 1998.

En términos generales el rango oscila entre 3 a 5 de sólidos solubles, dependiendo de la madurez de cosecha y el cultivar, CODEX 2013.

### **Textura**

Es un término general de calidad, que describe la percepción en la boca, las características que tienen que ver con el sentido del tacto, propiedades de manifestación de las propiedades reológicas, es decir que dependen de su variedad, estado de madurez, concentración de jugo/pulpa y variación de temperatura, Barreiro & Ruiz 1996.

### **Índice de Madurez**

La madurez hortícola es la fase en la cual un producto ha alcanzado un estado suficiente de desarrollo como para que después de la cosecha y del manejo postcosecha (incluyendo la maduración comercial si se requiere), su calidad sea, por lo menos, la mínima aceptable, Reina 1998. Por ende, es un parámetro indirecto determinado a partir de la cuantificación del contenido total de sólidos solubles y la acidez valorable. Pero su importancia es grande ya que puede ser un indicativo bastante preciso para determinar la calidad organoléptica de frutos, es decir, conociendo podemos estimar el sabor de un determinado fruto o como nos alejamos del mismo. También puede ser muy interesante en la evolución postcosecha de la calidad de frutos expresión del índice de madurez (IM) = proporción azúcar/acido, Domene & Rodríguez 2014.

### **Medición de la firmeza**

La firmeza depende del estado de madurez y del tipo y variedad de tomate. Es una característica decisiva en la producción de daños durante todas las etapas de la cadena, desde cosecha hasta el consumidor; incide marcadamente en la calidad y vida comercial de los frutos. En general, tanto para el manejo del producto como para el consumidor, es conveniente que



el fruto permanezca firme, Cuadro A-3, CODEX 2013. Por lo tanto, se mide por el principio de resistencia a una presión que ejercen los tejidos del fruto; utilizándose instrumentos de medida como los tenderómetros, fibrómetro o penetrómetro. La textura de las frutas y hortalizas depende de la turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células, y de la composición de la planta, Reina 1998.

### **Tamaño y forma del fruto**

El calibre hace referencia al diámetro ecuatorial del fruto. En términos generales y según el calibre del fruto, los tomates pueden clasificarse como grandes, cuando su calibre es mayor a 82mm, medianos con calibre entre 57 y 81mm, y pequeños, los de calibre inferior a 56mm.

En cuanto a la forma, los frutos de tomate pueden ser generalmente globulares, redondos o achatados. Estas características determinan en gran medida el mercado y tipo de empaque para la comercialización; por ejemplo, para la presentación en bandejas se requieren frutos achatados y de tamaño mediano, Escobar 2009.

## **2.10 Cultivo protegidos**

### **Invernadero**

El invernadero es una estructura cerrada cubierta por materiales transparentes que permite obtener condiciones favorables de microclima para darle las condiciones de crecimiento y desarrollo a las plantas con la finalidad de obtener altos rendimientos y de calidad fuera de las épocas normales de cosecha.

El diseño de los invernaderos se fundamenta en dos aspectos constructivos: primero la forma y estructura de soporte y segundo el material de cobertura. Sin embargo, los invernaderos son diseñados que se fundamenta en dos aspectos constructivos la forma de su estructura: capilla (a una o dos aguas), curvo, parral, inflables, torre, tipo diente de sierra y de techumbre curvada. La estructura de soporte puede utilizar madera, metal (acero, aluminio, etc.), hormigón, o una combinación de estos materiales y el material de cobertura puede ser: rígidos y flexibles. Los rígidos se refiere a la placa de vidrio y policarbonatos y los flexibles se refiere a los plásticos de baja o de alta densidad con o sin aditivos (polietileno, cloruro de polivinilo) y por otra parte los equipos tecnológicos que lo conforman es el sistema de bombeo y sus accesorios (filtros, manómetros y válvula de paso), sistema de riego por goteo, los

nebulizadores, programadores digitales, equipo meteorológico, ventilación forzada, entre otros, Miserendino & Astorquizaga 2014.

### **Microclima dentro del invernadero.**

Unos de los factores más complejos de manejar en el interior del invernadero son las condiciones climáticas que se generan, siendo el principal la temperatura aumentando de tres a cuatro grados de temperatura con relación al medio exterior lo que afecta directa o inversamente al resto de las variables ambientales; siendo ellos los siguientes parámetros:

La temperatura promedio requerida para las plantas al interior de un invernadero es de 18-30°C, fuera de este rango son perjudiciales para el normal desarrollo de las plantas con respecto a la humedad relativa. Interviene en el crecimiento, en la transpiración, la fecundación de las flores y en el desarrollo de enfermedades; cuando es excesiva favorece la proliferación de enfermedades y cuando la humedad es baja ocurre un estrés hídrico. La mayoría de las plantas prefieren una humedad relativa del aire entre el 40 y el 80%. Esta la ventilación es un intercambio de aire entre la atmósfera interior y exterior y cumple las siguientes funciones: El intercambio de Oxígeno y CO<sup>2</sup>, la radiación solar es la fuente de energía para el crecimiento y desarrollo de las plantas es el proceso de la fotosíntesis. Se utilizan para cultivos de porte alto, como tomate, pepino, pimentón, melón, flores y otras, Jaramillo *et al.* 2006.

Ventajas.

son los gastos de operación y se necesita de personal calificado con conocimiento sobre operación, nutrición y manejo del cultivo, Valverde 1998.

### **2.11 Hidroponía**

La palabra hidroponía se deriva de las palabras griegas hydro (agua) y ponos (labor o trabajo) y significa literalmente "trabajo en agua". En algunos casos, el término "hidroponía" es usado solo para describir sistemas basados en agua, pero en el sentido más amplio es cultivo sin suelo. Es una técnica que permite cultivar en pequeña o gran escala, sin necesidad de suelo como sólido, incorporando los nutrientes (soluciones nutritivas) que la planta necesita para crecer a través del riego y efectivizar el cultivo, Vargas 2014.

Las ventajas de la hidroponía es que son cultivos sanos en sustratos limpios y libres de contaminación, mayor eficiencia en el uso del agua, apropiados para ocupar los espacios

pequeños, mayor cantidad de plantas por superficie y es una técnica fácil de aprender y de bajo costo, FAO 2003.

Las desventajas de la hidroponía es que se requiere de conocimiento técnico combinado con la comprensión de los principios de fisiología vegetal, química orgánica y nutrición vegetal para formular los requerimientos del cultivo, Guzmán 2004.

### **2.11.1 Clasificación de sistema hidropónico**

Las clasificaciones se fundamentan con relación al medio donde las plantas están sostenidas: medio líquido (agua) y medio sólido (sustratos orgánicos e inorgánicos).

#### **Clasificación en medio líquido.**

##### **Sistema de Raíz flotante**

El cultivo en agua, por definición, se le conoce como el auténtico cultivo hidropónico en el que las raíces de las plantas están suspendidas en un medio líquido (solución nutritiva), mientras que, a partir del cuello, las plantas se mantienen suspendidas sobre un material liviano en medio inerte, se recomienda para cultivo de hojas y cultivo aromático lechuga. Acelga, apio, espinaca, cilantro, albahaca, perejil, menta, orégano. Este sistema debe de cumplir los siguientes requisitos:

##### **Aireación de las raíces**

**Para ello existen dos modalidades.** La primera, forzando la aireación (con una bomba o compresor) y se utiliza para hacer burbujear el aire dentro de la solución de nutrientes a través de una tubería perforada que se coloca en el fondo de la bancada del contenedor. La segunda consiste en hacer que circule la solución de nutrientes por medio de una bomba a través de las bancadas donde están las plantas y luego la solución retorna al tanque, formando un circuito cerrado.

##### **Oscuridad en las raíces**

Las plantas pueden funcionar normalmente si sus raíces están expuestas a la luz del día siempre que se pueda conseguir el 100% de humedad relativa; no obstante, la luz dará lugar al crecimiento de algas, lo cual interferirá con el crecimiento de las plantas, puesto que originará una competencia por los nutrientes, reducirá la acidez de la solución, creará colores,

competirá con el oxígeno durante la noche e introducirá productos tóxicos a través de su descomposición, Resh 1992.

### **Soporte de las plantas**

Las plantas pueden ser sostenidas utilizando bandejas de malla o planchas de poliestireno expandido, de dos cm de espesor que se coloca sobre las bancadas. El sistema de raíz flotante es ideal para el cultivo de plantas de porte pequeño como las lechugas y algunas plantas aromáticas.

### **Sistema NFT (Técnica de la Película de Nutriente): NFT**

Es una técnica de cultivo en agua, en la cual las plantas crecen teniendo su sistema radicular sostenido por un tubo de PVC u otro material, a través del cual circula continuamente la solución de nutrientes, se recomiendan cultivo de lechuga siendo muy utilizado para acelga, fresa, Resh 1992.

### **Sistema Aeropónico**

Consiste en cultivos en contenedores completamente oscuros en donde las raíces crecen suspendidas en el aire y se encuentran en una atmósfera saturada de humedad (100%), mediante el cual se inyecta en forma continua o discontinua una mezcla de agua y nutrientes en forma de pequeñas gotas o nebulizaciones y que puede ser reciclada. No hay uso de sustratos sólidos para sostener las raíces, lo que permite mejorar su aireación y disminuir el impacto ambiental y costos de producción, se recomienda cultivos de hojas, papa y chile, Resh 1992.

### **Sistema de cultivo sin suelo: Sustrato orgánico y sustrato inorgánicos**

#### **Sistema de cultivo sin suelo (sustrato sólido)**

Es el sistema en el cual los cultivos crecen sobre un sustrato sólido sea este orgánico o inorgánico, o la combinación de ambos, y soporta a las plantas.

Entre los sustratos orgánicos se destacan los siguientes: fibra de coco, cascarilla de arroz, turba, aserrín, viruta de madera entre otros y entre los inorgánicos: escoria volcánica roja, piedra pómez, grava, arena y sustratos manufacturados (lana de roca, perlita, ladrillo troceado, vermiculita, entre otras) están los cultivos que se requieren tutorado como el tomate, pepino y

otros cultivos como pimentón, cebollín, berenjena, melón, sandía, brócoli, coliflor, remolacha, rábano, cebolla, zanahoria, Pérez 2018.

## **2.12 Sustratos**

Es aquel material sólido distinto del suelo que responde a naturalezas diversas: natural, residual, mineral u orgánico; colocado en forma pura o en mezcla permitiendo el anclaje del sistema radicular y soporte a la planta con la finalidad de proporcionar a la raíz el oxígeno y los nutrientes necesarios, Calderón & Cevallos 2002.

Los sustratos deben tener gran resistencia al desgaste o la meteorización, que no obtengan sustancias minerales solubles, además su granulometría debe ser mayor a 5mm y menor a 7mm, preferiblemente su color debe ser oscuro, que no se degraden o descompongan con facilidad y lo principal deben retener una buena cantidad de agua, Calderón & Cevallos 2002.

### **2.12.1 Características de sustratos**

#### **2.12.1.1 Sustratos inorgánicos**

##### **Escoria Volcánica**

Es un material rojizo, de origen volcánico, en el país este sustrato es utilizado con éxito, sin embargo, posee partículas muy pequeñas, las cuales deben ser eliminadas mediante lavados, para evitar el encharcamiento, el tamaño de las partículas debe ser entre 5 y 15 milímetros, Cuadro A-4, Quezada 2008.

##### **Piedra Pómez**

Es un material disponible en nuestro país, su origen es volcánico. Posee muy buena retención de humedad, se obtiene en distintas granulometrías, posee además buena estabilidad y durabilidad, desde el punto de vista biológico es completamente estéril siempre y cuando es velas no estén combinadas con otros materiales, Mora 1999.

##### **Arena**

De la gran variedad de arenas existentes, la de río ofrece las mejores características para ser empleados en cultivos sin suelos el tamaño de las partículas está comprendido entre 0.5 y 2mm. La procedencia de estas arenas debe ser de ríos no contaminados ni mezcladas con

materiales arcillosos, Un aspecto a tener en cuenta es que la arena de río no debe tener niveles altos de carbonato de calcio, pues alterarían la solución nutritiva, Mora 1999.

### **Grava**

La grava se define como tal por el tamaño de sus partículas, que miden de dos a cuatro centímetros de diámetro. El material puede ser basalto, granito, tezontle, piedra pómez, pedazos de ladrillo o carbón. grava. Evítese el uso de materiales que contengan elementos tóxicos y alcalinidad alta. Conviene seleccionar un material con buena retención de humedad y que no se pulverice fácilmente, Zarate 2014.

#### **2.12.1.2 Sustratos orgánicos**

##### **Fibra de coco**

Constituye un excelente sustrato, por su buena capacidad de retención de humedad, ofreciendo grandes ventajas para la mezcla con otros sustratos. La fibra de coco empleada en hidroponía debe tener una alta relación carbono/nitrógeno, para que se mantenga estable químicamente en el sustrato, Cuadro A-5, Mora 2012.

##### **Cascarilla de arroz**

Un sustrato utilizado para mezcla fundamentalmente con gravas, es liviano, de baja capacidad, retención de humedad, de los sustratos orgánicos una de las más lentas en descomponerse. La principal función de este en la mezcla es favorecer la oxigenación del sustrato. Cuando se utiliza cascarilla de arroz debe de mantenerse un proceso de desinfección química o anaeróbico, Mora 1999.

#### **2.13 Aspectos a considerar en la formulación de soluciones nutritivas.**

##### **2.13.1 Requerimiento del cultivo**

Según el autor, mencionan que los requerimientos del cultivo de tomate están en función de ciertos parámetros: del cultivar, etapa fenológica, condiciones climáticas y características física- química del sustrato, Smithers Oasis, sf.

Cuadro 4. Soluciones nutritivas para especie de hortalizas.

| Unidades | Meq.L <sup>-1</sup> |                              |   |                |                  |                  |                              | mg.L <sup>-1</sup> |                  |                  |                  |      |
|----------|---------------------|------------------------------|---|----------------|------------------|------------------|------------------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------|
|          | NO <sub>3</sub>     | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | PO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> <sup>-</sup> | K <sup>+</sup> | Ca <sup>++</sup> | Mg <sup>++</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> | Fe <sup>++</sup>   | Mn <sup>++</sup> | Cu <sup>++</sup> | Zn <sup>++</sup> | B    |
| Tomate   | 10.5                | 0.5                          | 1.5   | 7.0            | 3.75             | 1.0              | 2.5                          | 0.56               | 0.56             | 0.03             | 0.26             | 0.22 |

### 2.13.2 Características de los fertilizantes solubles en hidroponía.

Cuadro 5. Características físico-químico de los fertilizantes solubles utilizados en hidroponía.

| Fertilizante        | Riqueza      | Pureza (%) | Solubilidad soluto: agua g/l Temperatura 35°C | Reacción química |
|---------------------|--------------|------------|---|------------------|
| Ácido nítrico       | 22N          | 60         | Alta  | Acido            |
| Ácido fosfórico     | 32P          | 80         | Alta  | Acido            |
| Nitrato de calcio   | 15.5N, 19 Ca | 90         | 1760.0  | Acido            |
| Nitrato de amonio   | 33N          | 98         | 1923  | Acido            |
| Nitrato de potasio  | 13N, 38K     | 95         | 1923.0  | Acido / alcalina |
| Nitrato de magnesio | 11N, 9Mg     | 98         | 712   | Acido            |
| Fosfato monopotasio | 23 P, 28 K   | 98         | 230   | Acido            |
| Fosfato monoamonico | 27 P 12 N    | 98         | 626   | Acido            |
| Sulfato de potasio  | 45K 18S      | 92         | 110   | Acido /alcalina  |
| Sulfato de magnesio | 10Mg 13S     | 95         | 700   | Acido            |

Fuente: Smithers Oasis sf.

### 2.13.3 Compatibilidad.

Compatibilidad: es la capacidad que tiene cada fertilizante de ser mezclados y que ésta sea estable física y químicamente, con el propósito de lograr un adecuado aporte de nutrientes en los cultivos.

La compatibilidad es una propiedad que se debe tener muy en cuenta al momento de preparar las soluciones nutritivas o al realizar mezclas de fertilizantes, ya que de lo contrario se corre el riesgo de formación de compuestos insolubles que formarán precipitados. Como regla general, en la preparación de soluciones nutritivas concentradas, el ión sulfato es incompatible con el calcio y los fosfatos con el calcio y con el magnesio, Chaverría *et al.* 2011.

Cuadro 6. Compatibilidad de mezclas de fertilizantes.

|                    |                   |                   |      |                   |                   |                      |                 |              |                    |                 |                  |              |                       |                    |      |       |
|--------------------|-------------------|-------------------|------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------|--------------|--------------------|-----------------|------------------|--------------|-----------------------|--------------------|------|-------|
| Nitrato de potasio |                   |                   |      |                   |                   |                      |                 |              |                    |                 |                  |              |                       |                    |      |       |
| C                  | Nitrato de amonio |                   |      |                   |                   |                      |                 |              |                    |                 |                  |              |                       |                    |      |       |
| C                  | C                 | Nitrato de calcio |      |                   |                   |                      |                 |              |                    |                 |                  |              |                       |                    |      |       |
| C                  | C                 | C                 | urea |                   |                   |                      |                 |              |                    |                 |                  |              |                       |                    |      |       |
| C                  | C                 | I                 | C    | Sulfato de amonio |                   |                      |                 |              |                    |                 |                  |              |                       |                    |      |       |
| C                  | C                 | I                 | C    | C                 | Fosfato Diamónico |                      |                 |              |                    |                 |                  |              |                       |                    |      |       |
| C                  | C                 | I                 | C    | C                 | C                 | Fosfato Mono amónico |                 |              |                    |                 |                  |              |                       |                    |      |       |
| C                  | C                 | I                 | C    | C                 | C                 | C                    | Ácido Fosfórico |              |                    |                 |                  |              |                       |                    |      |       |
| C                  | C                 | I                 | C    | C                 | C                 | C                    | C               | Urea-Fosfato |                    |                 |                  |              |                       |                    |      |       |
| C                  | C                 | I                 | C    | C                 | C                 | C                    | C               | C            | Sulfato de potasio |                 |                  |              |                       |                    |      |       |
| C                  | C                 | C                 | C    | C                 | C                 | C                    | C               | C            | C                  | Cloruro potasio |                  |              |                       |                    |      |       |
| C                  | C                 | I                 | C    | C                 | I <sup>1</sup>    | C                    | C               | C            | C                  | C               | Sulfato Magnesio |              |                       |                    |      |       |
| C                  | C                 | C                 | C    | C                 | C                 | C                    | C               | C            | C                  | C               | C                | Ácido Bórico |                       |                    |      |       |
| C                  | C                 | I                 | C    | C                 | C                 | C                    | C               | C            | C                  | C               | C                | C            | Fosfato mono potásico |                    |      |       |
| C                  | C                 | C                 | C    | C                 | C                 | C                    | C               | C            | C                  | C               | C                | C            | C                     | Molibdato de sodio |      |       |
| C                  | C                 | C                 | C    | C                 | C                 | C                    | C               | C            | C                  | C               | C                | C            | C                     | C                  | EDTA |       |
| C                  | C                 | C                 | C    | C                 | C                 | C                    | C               | C            | C                  | C               | C                | C            | C                     | C                  | C    | EDDHA |

Fuente: Pérez 2018.

C=Compatibilidad I= Incompatibilidad I<sup>1</sup>: Incompatibilidad por su alto valor de pH, al agregarle ácido nítrico o fosfórico es compatible.

#### 2.13.4 Características del agua para uso de riego

Análisis de agua: es importante para las preparaciones de las soluciones nutritivas contienen normalmente cantidades apreciables de  $\text{CO}_3\text{HCa}$ ,  $\text{CO}_3\text{HMg}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$  y  $\text{NO}_3^-$ , pudiendo encontrarse también con frecuencia pequeñas cantidades de Fe, trazas de Mn, Zn y B. Otro factor importante a tener en cuenta es la alcalinidad del agua, o sea el equilibrio entre  $\text{CO}_3/\text{HCO}_3$ . Esta relación es importante para determinar la resistencia del agua a la acidificación, ya que será necesario agregar ácido para reducir el pH a valores cercanos a 5.3-5.5.



### 2.13.5 Salinidad

El tomate es relativamente tolerante a la salinidad, para no reducir su rendimiento potencial, la CE en el extracto saturado del suelo debe ser:  $CE < 2,5 \text{ mS/cm}$  y la CE del agua de riego  $< 1,7 \text{ mS/cm}$ . Por ejemplo, un  $CE = 3,5 \text{ mS/cm}$  reduce el rendimiento potencial en 10%. Sin embargo, en algunos casos se desea una CE más alta para mejorar el sabor, °Brix (ej. tomate cherry) y vida de post-cosecha, Fernández 2017.

### 2.13.6 pH y conductividad eléctrica (CE)

Se recomienda mantener el pH dentro del rango de 5.5 a 6.5 y la CE de  $1.1 \text{ dSm}^{-1}$  para la 1ª etapa que abarca del trasplante al 1º racimo de frutos,  $1.2 \text{ dSm}^{-1}$  para la 2ª etapa que comprende del 1º al 2º racimo,  $1.3 \text{ dSm}^{-1}$  para la 3ª etapa que comprende del 2º al 3º racimo,  $1.5 \text{ dSm}^{-1}$  para la 4ª etapa que abarca del 3º al 5º racimo y  $1.6 \text{ dSm}^{-1}$  para la última etapa que se extiende a partir del 5º racimo de frutos hasta el final del ciclo. Es conveniente señalar que la CE aquí señalada puede variar de acuerdo con la calidad de agua de que disponga para el riego, Chaverría *et al.* 2011.

## 2.14 Estudios de investigación

En la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, Fernández (2017) evaluó tres momentos de poda, en dos épocas de trasplante, en tomate (*Solanum lycopersicum* L) híbrido Matusalén. El mejor resultado de rendimiento comercial fue de  $45\ 942,38 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  y 7,2cm de longitud de fruto.

En la Universidad de Guayaquil, Ecuador, Vargas (2014), evaluó cuatro híbridos de tomate con dos tipos de poda de conducción cultivados bajo el Sistema Hidropónico. El resultado fue que los híbridos Daniela y Dominique presentaron las mejores características agronómicas de longitud del fruto, diámetro del fruto y peso del fruto; mientras que los híbridos Dominique, Daniela y Heatwave tuvieron el mejor peso de frutos/planta, rendimiento  $\text{kg}/\text{módulo}$  y rendimiento  $\text{kg}/\text{ha}$ . Además, los tratamientos con dos ejes de conducción presentaron el mayor rendimiento; y las características agronómicas: longitud del fruto, diámetro del fruto y peso del fruto, fueron mayores con aquellas plantas cultivadas con un tallo de conducción, en comparación con la de dos tallos. Económicamente el tratamiento más rentable fue el híbrido Heatwave, con un eje de conducción.

En la Universidad Autónoma Chapingo, México, Ponce *et al.* (2012) evaluaron densidad y poda en tres variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) cultivado en invernadero. Sus resultados indican que las podas no influyen significativamente en el rendimiento y calidad de fruto, pero la poda afectó la altura de la planta y longitud de la hoja. De las interacciones ocurridas entre los factores de estudio, sólo el diámetro ecuatorial del fruto fue afectado por la interacción poda-variedad.

En la Universidad El Zamorano, Honduras, Romero (1999) evaluaron agro-económica de tipos de tutorados, podas vegetativas, podas de frutos y dos variedades de tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill), en invernadero. Sus resultados indican que la podas a dos ejes en comparación a la poda a un eje tiene el doble de racimos de frutos/planta, pero tiene el efecto de reducir en casi un 50% el número de frutos totales y comerciales/racimo, además de reducir también en la misma proporción el peso total y comercial/racimo. Con la poda vegetativa a uno y a dos ejes se obtienen los mismos rendimientos por unidad de área.

Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Coatepeque, Barrios (2015) Evaluó sistemas de podas sobre el rendimiento de tomate; Catarina, San Marcos sus resultados fueron que el sistema de poda a 2 ejes produjo un mayor rendimiento, longitud y diámetro no tuvo respuesta significativa entre los diferentes sistemas de podas y el sistema de poda a un eje mostro tener una mayor rentabilidad en cuanto a la clasificación por la calidad.

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Descripción del estudio**

##### **3.1.1 Localización**

La investigación se realizó en el período comprendido de enero a junio del año 2021, en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador, ubicada en el municipio de San Salvador, departamento de San Salvador, a una elevación 730 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas latitud 13°43'7.68"N, longitud 89°12'1.53" O; y una presión atmosférica de 700.1 mm Hg, con una temperatura promedio de 24.2 °C, humedad relativa del aire del 75%, y una precipitación promedio anual de 1,695mm, MARN 2019.

#### **3.2 Metodología de campo**

##### **3.2.1 Descripción del invernadero**

La investigación se realizó en condiciones protegidas en un invernadero de forma semicircular de 5m de ancho por 10m de largo, con un área total de 50m<sup>2</sup>. La infraestructura consta de una altura lateral de 3.0m, y una altura central de 4.30m, con orientación de Este a Oeste, y una ventana cenital en la parte superior del techo; el cual está recubierto con un plástico de Etileno-vinilo de acetato (EVA) ultravioleta de 180 micrones ubicado en la parte superior junto con una tela sarán negro con calibre del 50% para reducir la incidencia de la radiación solar. En las partes laterales y frontal, recubierto de malla anti-virus de 120 mesh.

Por otra parte, consta de un sistema de riego por goteo y nebulizadores accionado por una bomba eléctrica de 0.5HP, y controlado por un juego de electroválvulas automáticas mediante un programador electrónico de riego. Dispone de un Hidrotermógrafo OAKON®, equipo que miden la temperatura en grados Celsius y la humedad relativa en porcentaje durante las 24 horas del día.

##### **3.2.2 Limpieza y desinfección del invernadero**

Para ello, se realizó una limpieza de las paredes laterales, frontales y el piso con agua y detergente; posteriormente se utilizó hipoclorito de sodio comercial (5% de concentración), haciendo una disolución del 1% para un volumen de 200 litros agua (10 ml de hipoclorito de sodio por litro de agua).

### **3.2.3 Descripción de las variedades**

Las cinco variedades mutantes de tomate fueron irradiadas con rayos gamma en el Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear en Cuba. Actualmente se han producido once ciclos del cultivo. Fueron proporcionadas por el departamento de Fitotecnia a través de la asignatura de horticultura.

### **3.2.4 Semillero**

Para la elaboración de plantines se utilizaron bandejas de polietileno de 84 alveolos los cuales se llenaron con sustrato comercial previamente humedecido; posteriormente se colocó una semilla por alveolo y se cubrió con un espesor de 2 a 3mm de sustrato.

Las variedades de tomate utilizadas en la investigación fueron: DOMI, DODEL, DECIA, MAGINE y CARRUCHA.

### **3.2.5 Manejo de los plantínes**

El mantenimiento de los plantínes en la fase de semillero consistió en la revisión diaria para garantizar su crecimiento uniforme y vigor de las plántulas entre ellas: regulación de la sombra, riego, el monitoreo de organismos dañinos y la nutrición respectiva.

En relación a la nutrición, se preparó una solución nutritiva mediante el uso de fertilizante hidrosoluble de inicio con la formulación 15-30-15+1MgO, utilizando el método físico-químico; con un pH en la solución de seis y una conductividad eléctrica (CE) de 1.0 mS/cm, parámetros medidos con el conductímetro. Para su aplicación se utilizó la técnica de subirrigación durante 5 minutos por día durante tres semanas después de emergido las plántulas.

### **3.2.6 Preparación de sustrato para llenado de macetas**

Para el establecimiento se utilizó macetas de polietileno con diámetro de 28cm y altura de 25cm, el sustrato fue mezclado de 40% fibra de coco y 60% escoria volcánica, para la desinfección se utilizó hipoclorito de sodio al 1%. Las macetas se distribuyeron en el invernadero con forme a los tratamientos según el diseño experimental.

### **3.2.7 Trasplante de la plántula**

Previo al trasplante, se humedeció a capacidad de campo el sustrato en cada maceta, trasplantándose a los 21 días de edad en horas frescas; para ello se humedeció las bandejas con la finalidad de separar el pilón de la superficie y se colocó una planta por maceta de las cinco variedades en estudio.

### 3.2.8 Manejo del cultivo

#### 3.2.8.1 Riego

Se utilizó el “Riego por Goteo de Baja Presión de 3 a 5 PSI”, por gravedad el cual consistió de un barril con una capacidad de 200 litros colocado a una altura de 1.75m sobre las cintas de riego. En cada una de las mangueras laterales de 16 mm de diámetro se insertaron los goteros Nein Flujo Turbulento con un caudal de 8 litros por hora, distanciados a 0.45m, controlado con una mini válvula al inicio de cada lateral para el paso de solución nutritiva, Figura 4 y 5.

Para ello, se realizó el aforo del sistema de riego con la finalidad de determinar el tiempo y la frecuencia de riego por día según el volumen empleado del sustrato por maceta.



Figura 4. Sistema de riego por goteo de baja presión por gravedad. Figura 5. Sistema de riego.

En Cuadro A-6, se presenta la programación de riego y nutrición realizada durante todo el ciclo del cultivo con base a la fenología.

#### 3.2.8.2 Fertilización

Los requerimientos del cultivo de tomate se fundamentan con base a las etapas fenológicas, Cuadro A-7. Para cubrir las necesidades, se consideró la riqueza de los fertilizantes comerciales en porcentajes y el aporte de iones del agua del riego, Cuadro A-8.

Para ello, se formuló y elaboro la solución nutritiva a partir de soluciones concentrada aplicando la metodología de los parámetros físico-químico (conductividad eléctrica  $CE=\mu S/cm$  y pH).

Para elaborar la solución nutritiva se consideraron dos principios:

Debe manejarse con un pH 6.00 y conductividad eléctrica no mayor a 2.5; este valor depende de la etapa fenológica iniciándose con 1.50 después del trasplante.

Se prepararon cuatro depósitos, a las que se denominó A, B, C y D respectivamente.

En el Cuadro A-9. Se presentan las cantidades totales de cada fertilizante para preparar 1000 litros de solución nutritiva; equivalente a 5 litros de solución concentrada (200 veces concentradas).

Para su verificación de los parámetros físicos- químico se utilizó un conductivimetro de precisión semanalmente.

La frecuencia fue de tres riegos por día, iniciando a las 8:00 am, 11:00 am y 2:00 pm. cubrir las necesidades del cultivo en todas sus fases fenológicas.

#### **3.2.8.3 Tutorio del cultivo de tomate**

Se realizó a los siete días después del trasplante; con esto se lograr mayor estabilidad de las plantas para dar soporte a las plantas evitar daños físicos como quebraduras de tallos y racimos, evitar que los frutos toquen el suelo y lograr la estabilidad del peso producido por los frutos, se colocó alambre galvanizados número 16 a una altura de 2 metros para fijar las pitas tutoras, a medida la planta va creciendo se va sujetando a la pita y se enrollara manualmente.

#### **3.2.8.4 Fitosanidad**

Se realizó un monitoreo semanal con el objetivo de verificar la presencia de plagas y enfermedades durante el ciclo del cultivo y se aplicó insecticida, fungicida y fertilizante foliar en forma preventiva, Cuadro A-10.

### 3.2.8.5 Podas

Se realizó dos tipos: Poda a un eje y Poda a dos. Se realizó de forma manual eliminando brotes y hojas con la yema de los dedos, cuando los brotes axilares tengan una longitud menor a 5 cm, dejando un tallo principal. Esto logra mayor aireación, mejora el color de los frutos y el desarrollo de los tallos axilares, Figura 6 y 7.

**Poda un eje:** Se deja crecer solo el tallo principal podando todos los brotes axilares.

**Poda a dos ejes:** Se dejó crecer el tallo principal y el segundo tallo fue el brote axilar entre la séptima y octava hoja. Se podan el resto brotes axilares de ambos tallos.



Figura 6. Poda de un eje



Figura 7. Poda de dos ejes

### 3.2.8.6 Monitoreo del micro clima en el invernadero

Para ello se tomaron datos de temperatura y humedad relativa cada hora de 8 am a 5 pm tres días por semana, desde el inicio del establecimiento del cultivo hasta la cosecha comprendiendo los meses de enero a junio 2021. Para su registro se utilizó, Cuadro A-11.

### 3.3 Metodología estadística

Para la organización, procesamiento y análisis de datos, se utilizó métodos estadísticos descriptivos e inferenciales. Dentro de los métodos estadísticos descriptivo se utilizó medidas resumen, representaciones gráficas y el análisis de componentes principales, y en los métodos inferenciales, se aplicó el diseño estadístico Completamente al Azar con arreglo bifactorial 2\*3 y prueba estadística de comparación múltiple de medias.

Cada bloque tenía 30 macetas (unidad experimental), en total fueron 150 unidades experimentales, que se manejaron de igual forma asegurándose que la variación del experimento se debiera únicamente a los tratamientos en estudio, Figura 8.

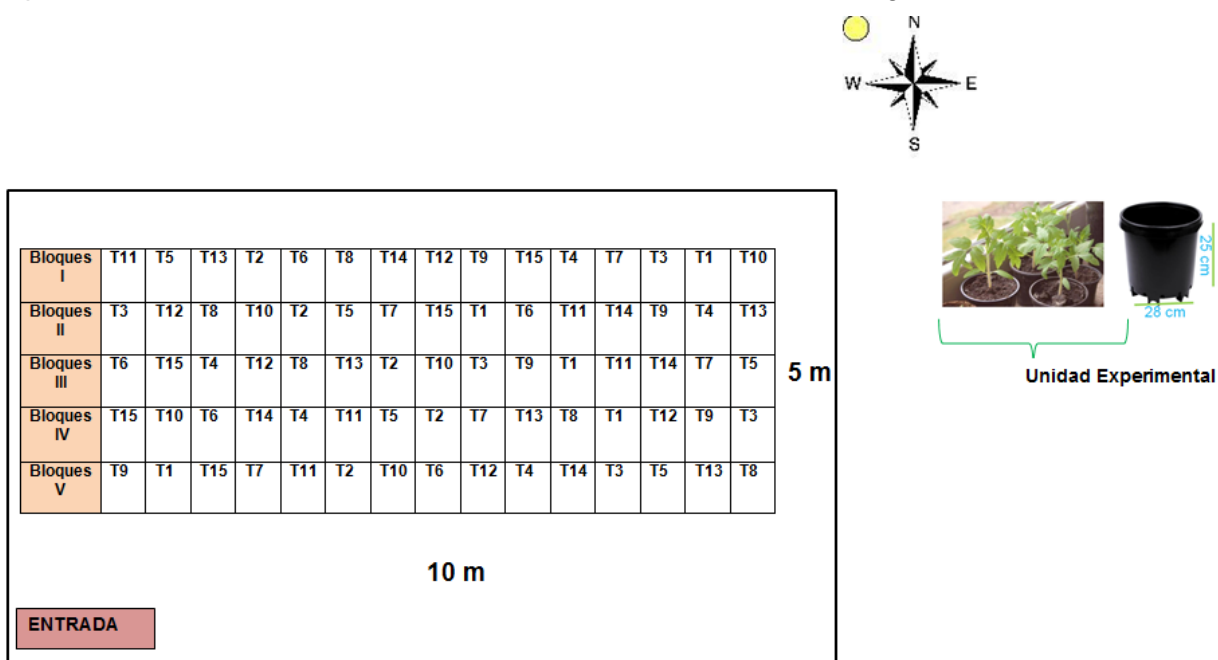


Figura 8. Plano de campo

### 3.3.1 Diseño estadístico

Se utilizó un diseño Completamente al Azar, con 5 repeticiones, con un arreglo bifactorial (3x5): 3 niveles para el factor A (2 podas + testigo) y 5 niveles para el factor B (variedades). Obteniendo un total de 15 tratamientos que resulta de la combinación de los niveles del factor A y los niveles del factor B, Cuadro 7.

Cuadro 7. Distribución de los factores y tratamientos en estudios.

| Factores en estudio |               | Podas                |                        |                         |
|---------------------|---------------|----------------------|------------------------|-------------------------|
|                     |               | P1 = poda con un eje | P2 = poda con dos ejes | P0 = sin poda (Testigo) |
| Variedades          | V1 = DOMI     | T1= P1 V1            | T6= P2 V1              | T11= P0 V1              |
|                     | V2 = DODEL    | T2= P1 V2            | T7= P2 V2              | T12= P0 V2              |
|                     | V3 = DECIA    | T3= P1 V3            | T8= P2 V3              | T13= P0 V3              |
|                     | V4= MAGINE    | T4= P1 V4            | T9= P2 V4              | T14= P0 V4              |
|                     | V5 = CARRUCHA | T5= P1 V5            | T10= P2 V5             | T15= P0 V5              |



### 3.3.2 Modelo Estadístico

El modelo estadístico correspondiente al diseño en bloques completos al azar, con arreglo bifactorial (dos factores), está dado por la siguiente expresión, Argüelles & Carvajal 2013.:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + A_j + B_k + (A*B)_{jk} + e_{ijk}$$

Donde,

$i = 1, 2, \dots, r$  Con **r** como el número de repeticiones o bloques.

$j = 1, 2, \dots, a$  Con **a**, como el número de niveles o modalidades del factor A.

$k = 1, 2, \dots, b$  Con **b**, como el número de niveles o modalidades del factor B.

$Y_{ijk}$  : Variable aleatoria observada.

$\mu$  : Media general.

$R_i$  : Efecto del i-ésimo bloque o repetición.

$A_j$  : Efecto del j-ésimo nivel o modalidad del factor A.

$B_k$  : Efecto de k-ésimo nivel o modalidad del factor B.

$(A*B)_{jk}$  : Efecto de la interacción de los factores A y B.

$e_{ijk}$  : Efecto del error experimental  $\sim N(0, \sigma^2)$  independiente

Se realizará un análisis de varianza para determinar si existe diferencia entre los tratamientos de estudio, Cuadro 8.

Cuadro 8. ANVA diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial A\*B.

| Fuentes de Variación | G.L.        | S.C.   | C.M.             | FC        |
|----------------------|-------------|--|------------------|-----------|
| <b>Bloques</b>       | r-1         | $\sum_i y^2_{i..} / ab - FC$                   | SCR/(r-1)        | CMR/CME   |
| <b>Factor A</b>      | a-1         | $\sum_j y^2_{.j.} / br - FC$                   | SCR/(a-1)        | CMA/CME   |
| <b>Factor B</b>      | b-1         | $\sum_k y^2_{..k} / ar - FC$                   | SCR/(b-1)        | CMB/CME   |
| <b>A*B</b>           | (a-1)(b-1)  | $\sum_j \sum_k y^2_{.jk} / r - FC - SCA - SCB$ | SCA*B/(a-1)(b-1) | CMA*B/CME |
| <b>Error</b>         | (ab-1)(r-1) | Diferencia                                     | SCE/(ab-1)(r-1)  |           |
| <b>Total</b>         | abr-1       | $\sum_i \sum_j \sum_k y^2_{ijk} - FC$          |                  |           |

Fuente: Argüelles & Carvajal 2013.

### 3.3.3 Población y muestra

La población de toda la investigación fueron 150 plantas, es decir 2 plantas por maceta. Con un total de 75 unidades experimentales, trabajando con un nivel de confianza del 95%.

### 3.3.4 Prueba estadística

Se utilizó el software InfoStat y la prueba estadística de medias de Tukey para identificar las diferencias significativas que se presentaron en la investigación y para el análisis respectivo de los resultados.

Variables fenológicas, morfológicas, rendimiento y propiedades organoléptica.

### 3.3.5 Variables Fenológica

A continuación, se especifica los tiempos en el que los datos fueron registrados.

**Días germinación:** para la prueba de germinación se colocaron 100 semillas de cada variedad en cajas Petri con papel toalla húmedo, estas se colocaron bajo la sombra y en condiciones ambientales revisando diariamente hasta lograr más del 50% de ellas.

**Días a floración:** para ello se consideró el 50% de la floración.

**Días a cosecha:** esta actividad se tomó en consideración los indicadores de cosecha entre ellos ciclo agrícola, madurez fisiológica y la escala de colores según la variedad.

### 3.3.6 Variables morfológicas

Las variables que se midieron fueron:

**Altura de la planta:** se midió con cinta métrica (cm), desde el nivel del sustrato hasta el ápice de la planta.

**Altura de la bifurcación:** se midió con cinta métrica (cm), desde el nivel del sustrato hasta llegar a la formación de bifurcación.

**Número de hojas:** Desde la primera hoja a nivel de sustrato hasta el ápice de la planta.

**Diámetro del tallo:** con un Pie de rey se midió el diámetro a una altura de 10cm desde el nivel del sustrato, (mm).

### 3.3.7 Variables rendimiento

Se realizó podas de frutos por plantas dejando cuatro frutos por clost excepto las plantas de testigo, se cortaron algunos frutos a la medida de 2-3mm, con el propósito de balancear el crecimiento vegetativo, para optimizar el número y el tamaño de los frutos en el racimo y a lo largo de la planta. Consiste en la eliminación de algunos frutos de cada racimo para permitir el desarrollo normal de estos. El número de frutos por racimo dependen del cultivar y el destino, sea este de cocina o ensalada. La poda se hizo como un cultivo destinado al tomate ensalada.

Las variables que se tomaron fueron:

**Número de fruto por planta:** se contaron todos los tomates que produjo cada planta.

**Peso de frutos por planta:** se pesaron los frutos de cada variedad con una balanza semianalítica (gramos).

**Diámetro del fruto:** se midió con Pie de rey el diámetro cada fruto con la unidad milímetro.

**Clasificación de frutos:** es según el peso del fruto por categoría establecido por mercado local, Cuadro 9.

Cuadro 9. Parámetros de clasificación por categoría de peso de fruto.

| Calidad | Peso (g)  |
|---------|-----------|
| PRIMERA | Mayor 120 |
| SEGUNDA | 119 - 80  |
| TERCERA | 79 - 40   |

Fuente: Culajay 2017.

### 3.3.8 Variables propiedades organoléptica.

**Sólidos solubles en fruto maduro:** se midió con refractómetro, en grados brix, colocando jugo de tomate en el lente para la lectura.

**Dureza en fruto maduro:** se midió en Kg/cm<sup>2</sup> utilizando un penetrómetro.

**Color del fruto:** se comparó el color del fruto con la tabla munsell y se registró el código correspondiente.

### 3.4 Metodología económica.

Se utilizó el modelo CATIE (1994) para la relación beneficio/costo (B/C). Dicha relación indica el margen de beneficio que se obtiene luego de cubrir los costos, mediante el cociente que resulta al dividir el precio de venta del producto entre los costos del ensayo, interpretándolo de la siguiente manera:

B/C>1: Los beneficios superan los costos, es decir que existe ganancia. El proyecto debe ser considerado.

B/C=1: Los beneficios son iguales que los costos.

B/C<1: Los costos son mayores que los beneficios, es decir que hay pérdidas. No se debe considerar el proyecto.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación se analizaron en cuatro partes: en la primera se registraron los datos climatológicos de temperatura y humedad relativa, posteriormente las fases fenológicas: días germinación, días a floración, días a cosecha; tercera variables morfológica: altura de la planta, altura de la bifurcación, diámetro del tallo, número de hojas, la otra parte consistió la fase reproductiva: número de fruto por planta, peso de frutos por planta, diámetro del fruto color del fruto y la clasificación de los frutos de acuerdo al peso en las diferentes categorías: primera, segunda y tercera. Finalmente, están las propiedades organolépticas: sólidos solubles en fruto maduro, dureza en fruto maduro, color y variedades son analizadas con base al análisis de componente principales. En relación a la regresión lineal se identificaron las correlaciones de Pearson: número de fruto, peso y diámetro. Para las variables morfológicas y rendimiento se aplicó la técnica del análisis de varianza con el fin de probar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las variedades, tipos de podas y su interacción sobre las variables morfológicas y de rendimiento. En caso de existir diferencias estadísticas se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias Tukey ( $p < 0.05$ ) con el propósito encontrar el mejor tratamiento según las variables descritas anteriormente. Los resultados de los análisis de varianza de los tratamientos en estudio en cada variable morfológica y rendimiento se detallarán en los apartados.

### 4.1 Medición de temperatura y humedad relativa.

En la Figura 9, se muestran los promedios mensuales de temperatura y humedad relativa registrados durante la investigación dentro del invernadero; explicando que la temperatura su rango óptimo oscila de 20°C a 30°C para su crecimiento y desarrollo según campos 2016. Los resultados obtenidos en el ensayo comprendieron de 28.05°C a 29.71°C; valores permitidos ideales para el desarrollo del cultivo.

En relación con humedad relativa menor a 55% dificulta la polinización siendo el valor óptimo de 55 a 75% según López 2016. Sin embargo, los valores obtenidos en el ensayo oscilaron de 49.10% a 62.61%. registrándose en la etapa de floración y fructificación un promedio de 51.10%. valores inferiores según López 2016.

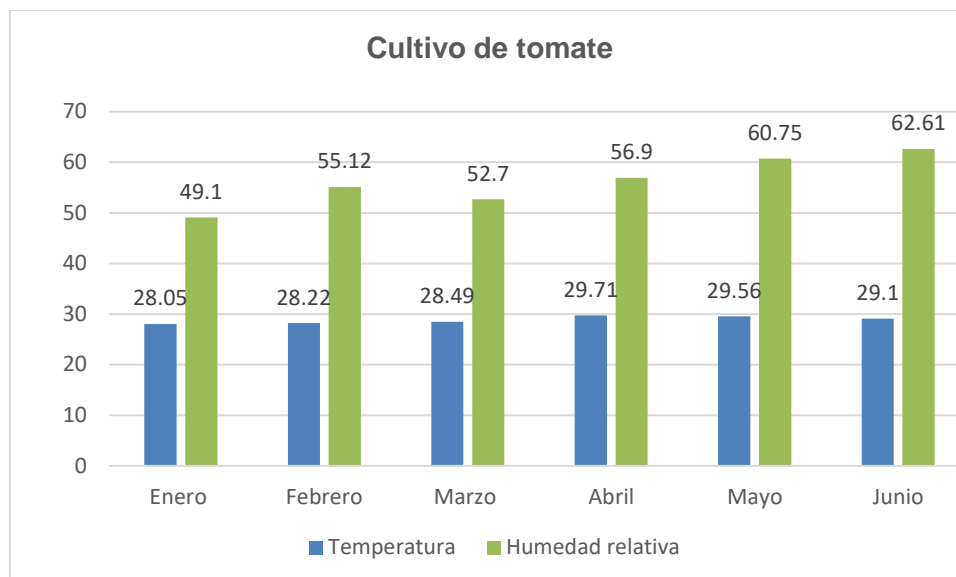


Figura 9. En condición de invernadero, temperatura (°C) y humedad relativa (%) por mes.

#### 4.2 Etapas fenológicas de las cinco variedades en estudio.

Cuadro 10. Etapas fenológicas de las cinco variedades en estudio.

| Fases                    | Días acumulados | Día por fase |
|--------------------------|-----------------|--------------|
| Siembra                  | 1               | -            |
| Emergencia               | 5 – 7           | 5 – 7        |
| Plántula                 | 18 – 22         | 13 – 15      |
| Vegetativa               | 35 – 42         | 17 – 20      |
| Floración                | 50 – 60         | 15 – 18      |
| Fructificación           | 65 – 80         | 30 – 35      |
| Cosecha                  | 95 – 105        | 55 – 70      |
| <b>Ciclo del cultivo</b> | 150 – 175       | 150 – 175    |

En el cuadro 10 y Figura 10, se presenta rangos de días acumulados de las variedades en cada una de las etapas fenológica del cultivo. Estos valores son similares a los obtenidos por Hernández *et al.* (2021).

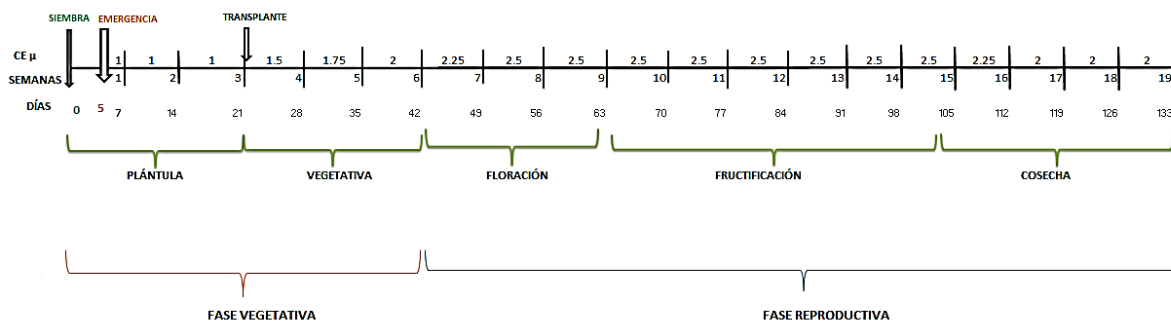


Figura 10. Etapas fenológicas del cultivo de tomate de crecimiento semideterminado.

### Días a germinación

Los resultados obtenidos en las variedades en estudios oscilaron entre cinco a siete días después de la siembra con un porcentaje promedio del 90 a 95%; dichos valores son similares a Hernández *et al.* (2021), reportando 91% Domi, 93% Decia, 96% Carrucha, 97% Magine y 99% Dodel.

### Días a floración

El parámetro de floración en la investigación para las variedades Decia, Magine, Domi, Dodel, y Carrucha presentaron un rango 50 -60 días, Cuadro 10. Sin embargo, dichos valores se encuentran en los rangos establecidos por Hernández *et al.* 2012, y Hernández *et al.* 2021, la etapa de floración comprendió entre 48 y 53 días de las cinco variedades en estudio.

### Días a cosecha

Para las variedades en estudio, los días a cosecha oscilaron entre 95 y 100 días; valores muy similares a los encontrados por Hernández *et al.* 2021.

## 4.3 Variables morfológicas

### 4.3.1 Altura de la planta

Para la medición de esta variable, se consideró la altura acumulada en cada una de las etapas fenológica para determinar el crecimiento en cm/día; obteniéndose que las variedades Domi, Dodel y Decia presentaron mayor crecimiento en la etapa de floración con valores de 2.35, 2.64 y 2.69 cm/día respectivamente. Con respecto a las variedades Magine y Carrucha expreso que el mayor crecimiento en cm/día correspondió en la fase vegetativa debido a su morfología estructural de crecimiento que representa mayor número de ramificaciones similar al estudio de Hernández *et al.* 2012. En relación a las alturas totales, registraron desde

104.33cm hasta 120.81cm. Determinado sé cómo materiales genéticos de crecimiento semideterminado, Cuadro 11 y Figura 11.

Cuadro 11. Altura de la planta y crecimiento en cm/día con base a de las variedades de tomate.

| Etapas                 | Domi   |        | Dodel  |        | Decia  |        | Magine |        | Carrucha |        |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|
|                        | Altura | cm/día | Altura | cm/día | Altura | cm/día | Altura | cm/día | Altura   | cm/día |
| Plántula               | 8.97   | 0.43   | 8.93   | 0.43   | 9.95   | 0.47   | 7.76   | 0.37   | 8.33     | 0.40   |
| Crecimiento vegetativo | 24.90  | 0.94   | 24.83  | 0.94   | 28.27  | 1.08   | 34.17  | 1.55   | 30.27    | 1.30   |
| Floración              | 41.33  | 2.35   | 43.30  | 2.64   | 47.10  | 2.69   | 44.33  | 1.45   | 37.97    | 1.10   |
| Fructificación         | 84.62  | 1.27   | 93.15  | 1.47   | 91.20  | 1.30   | 95.79  | 1.51   | 82.11    | 1.30   |
| Cosecha                | 106.63 | 0.24   | 114.1  | 0.23   | 112.07 | 0.23   | 120.81 | 0.27   | 104.33   | 0.24   |

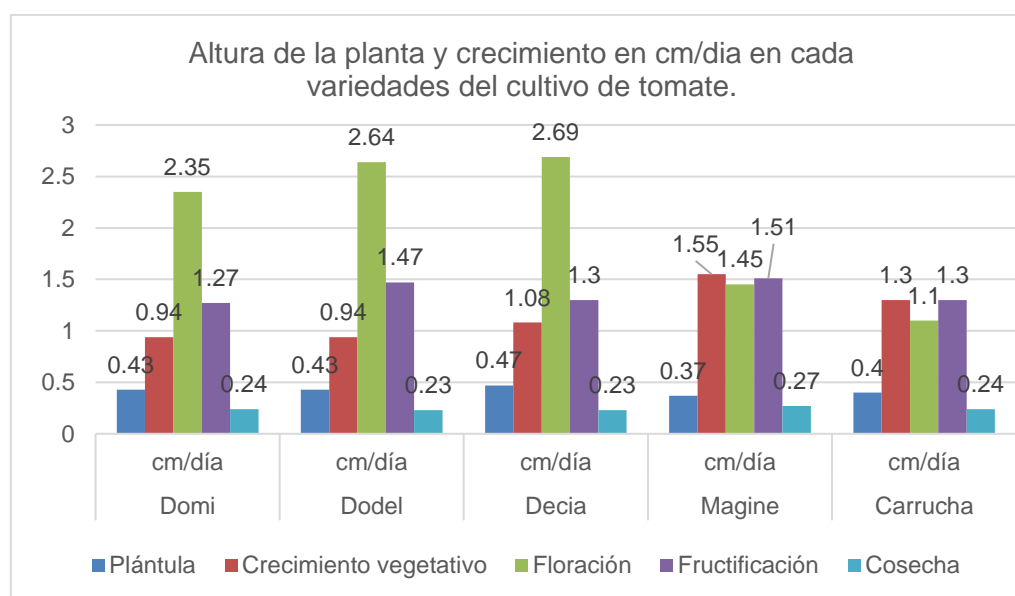


Figura 11. Altura de la planta y crecimiento en cm/día con base a de las variedades de tomate.

### 4.3.2 Altura de la bifurcación

Al aplicar el análisis de varianza el p-valor obtenido es menor que nivel de significancia y se concluye que las variedades Domi, Decia, Dodel, Magine y Carrucha presentaron diferencias altamente significativas en la variable altura de bifurcación por planta. Por lo tanto, se aplicó la prueba de comparación de medias Tukey, indicando que la variedad de tomate Dodel produce la mayor altura, no es estadísticamente distinta de la variedad Magine y Decía, mientras que la variedad Carrucha es la menor, pero no es estadísticamente distinta de la variedad Domi; la variedad Carrucha tiene menor altura que la variedad Decía, Magine y Dodel, Figura 12, la interpretación de estos datos es confiable debido a que presenta un coeficiente de variación de 11.22%. No obstante, la interacción variedades y podas no presenta diferencias estadísticas en la altura de bifurcación, Cuadro A-24.

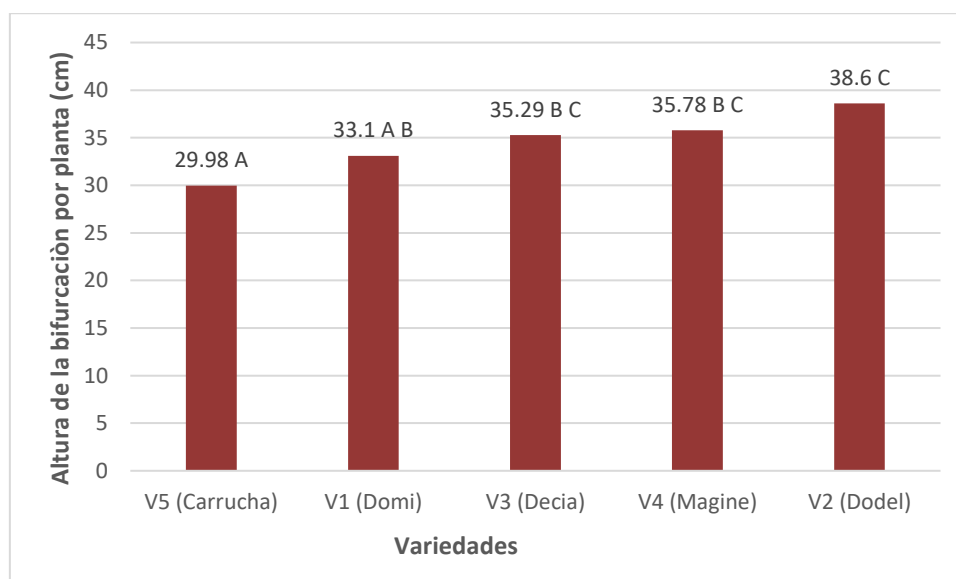


Figura 12. Altura de la bifurcación por planta en el cultivo de tomate. Letras iguales son no estadísticamente significativas  $p > 0.05$ .

### 4.3.3 Número de hojas

Al aplicar el análisis de varianza, las variedades de tomate y las podas Po, P1, P2 no presentaron diferencias estadísticamente, Cuadro A-24, en el número de hojas.

No obstante, la interacción de las variedades de tomate Domi, Decia, Dodel, Magine y Carrucha y podas Po, P1, P2 presentaron diferencias altamente significativas en la variable número de hojas por planta. Por lo tanto, se aplicó la prueba de comparación múltiple de



medias Tukey indicando que la interacción de la variedad Carrucha y la poda testigo obtuvieron mayor número de hojas por planta, y la interacción que tuvo menor número de hojas fue la variedad Decia y poda P1, Figura 13.

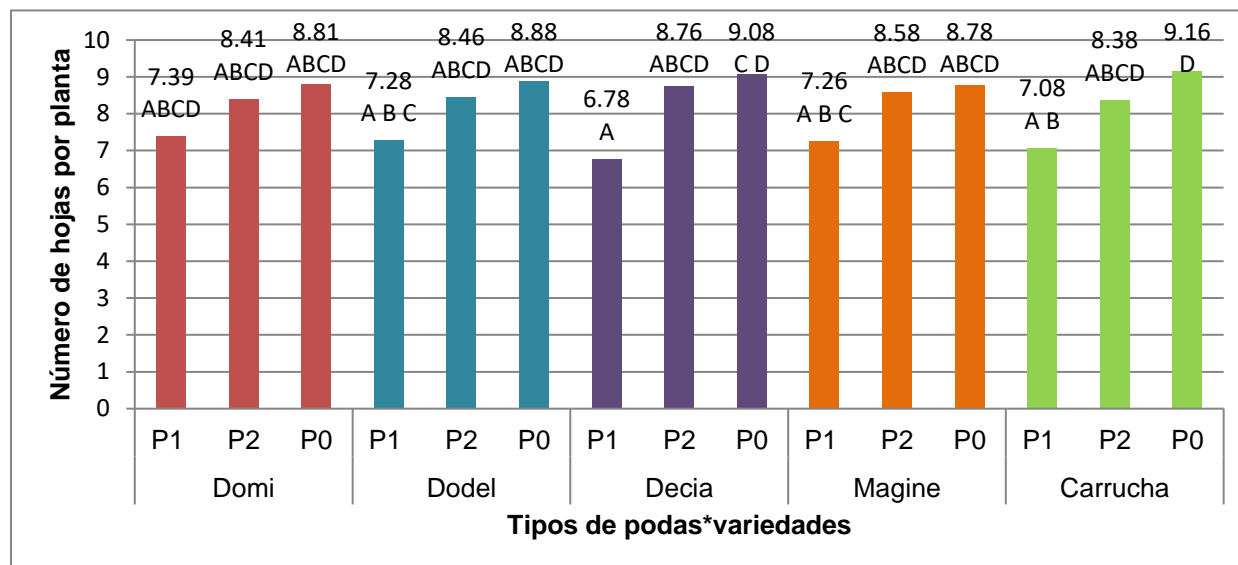


Figura 13. Interacción variedades y podas con diferentes números de hojas. Letras iguales son no estadísticamente significativas  $p > 0.05$ .

De acuerdo Barraza *et al.* 2004, se observaron los máximos valores en la poda testigo con mayor número de hojas es favorable para un mejor crecimiento y desarrollo de la planta, el cual contribuye a obtener más altos rendimientos, a medida que se desarrolla la planta de tomate, las hojas se vuelven más complejas y por lo tanto más funcionales, sugieren una mayor actividad fotosintética laminar, las plantas con mayor área foliar y ambiente favorable, son capaces de utilizar mejor la energía solar con una fotosíntesis más eficiente.

#### 4.3.4 Diámetro del tallo

Se aplicó el análisis de varianza al diámetro del tallo, Cuadro A-24. Las variedades de tomate y la interacción no presentaron diferencia estadísticamente significativa.

No obstante las podas en estudio presentan diferencias altamente significativas en el diámetro del tallo (mm), por lo que se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias Tukey indicando que: la P1 (poda a un eje) es la que produce mayor diámetro de tallo (mm) independiente de las variedades de tomate estudiadas, mientras que la P0 (testigo) es la que produce menor diámetro de tallo en mm, Figura 14.

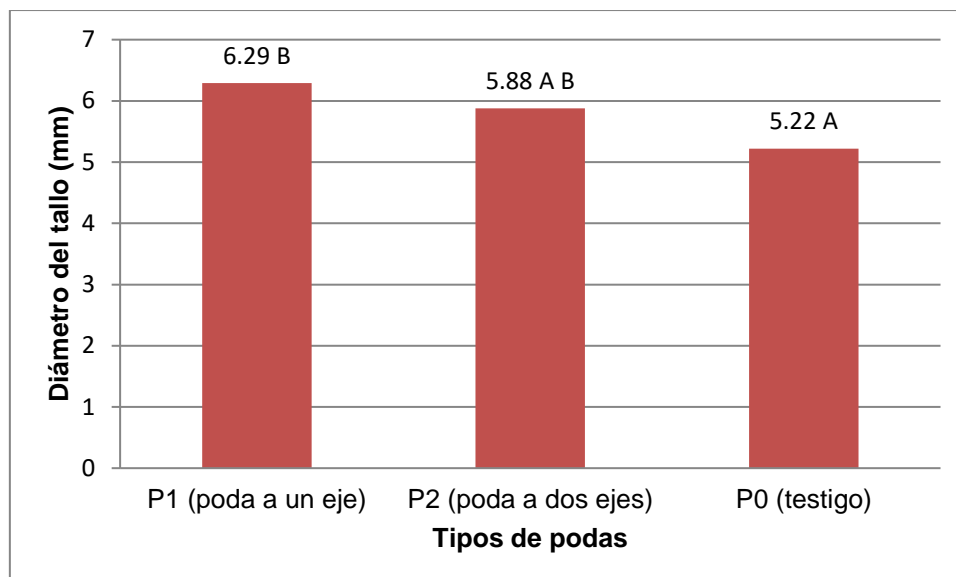


Figura 14. Diámetro del tallo (mm) con diferentes tipos de podas. Letras iguales son no estadísticamente significativas  $p > 0.05$ .

#### 4.4 Variables de rendimiento

##### 4.4.1 Número de fruto por planta

Las variedades tomate Domi, Decia, Dodel, Magine y Carrucha presentaron diferencias altamente significativas, cuadro A-24 en el número de fruto por planta. Por lo tanto, se aplicó la prueba de comparación de medias Tukey indicando que la variedad Carrucha produce mayor número de frutos por planta, mientras que la variedad Dodel es la que produce menor número de frutos por planta, Figura 15. Estos resultados coinciden con los reportados por Hernández et. al. (2012) y Hernández et. al. (2021), dando que la variedad Carrucha produce el mayor número de fruto por planta.

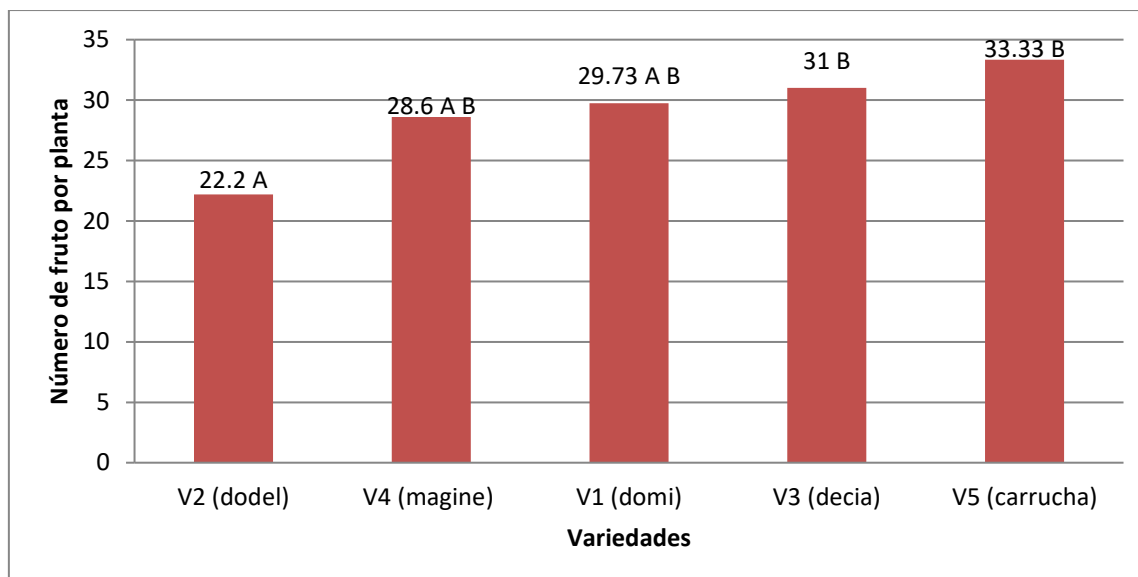


Figura 15. Número de fruto por planta con respecto a cada variedad.

Letras iguales son no estadísticamente significativas  $p > 0.05$ .

Las podas en estudio presentan diferencias altamente significativas, Cuadro A-24 en el número de fruto. Por lo tanto, se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias Tukey, indicando que: la P0 (poda testigo) y P2 (poda de dos ejes) producen el mayor número de frutos por planta, con un promedio de 33 frutos y la P1 (poda de un eje), en el menor número de frutos por planta, Figura 16.

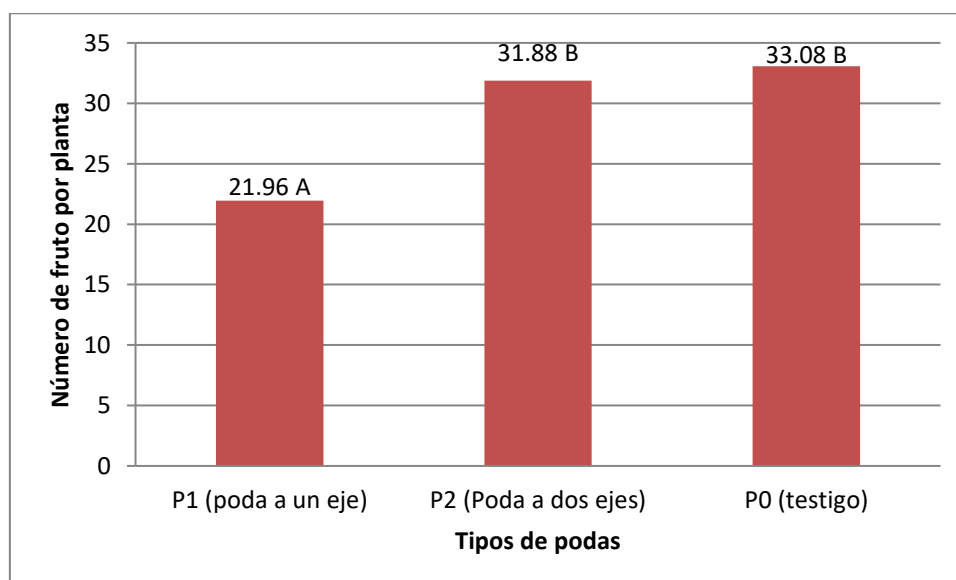


Figura 16. Número de fruto por planta con tres tipos de podas.

Letras iguales son no estadísticamente significativas  $p > 0.05$ .

De acuerdo Coronel 2017. La poda a un eje y la poda a dos ejes presento similares efectos en los números de frutos siento que la poda testigo obtuvo mayor número de frutos. “Siendo este experimento en suelo”

Según Castañeda. 1998, la poda a un eje presento menor número de fruto que la poda a dos ejes y la poda testigo promueve la producción de una mayor cantidad de frutos, pero pequeños, de inferior calidad, obtuvo similar resultado con la investigación.

No se presentó diferencia significativa, Cuadro A-24 en la interacción entre variedades de tomate y poda, por lo que se puede concluir que el comportamiento del número de fruto por planta es similar en las interacciones. Sin embargo, se realiza un análisis descriptivo de la interacción con la gráfica de barra, Figura 17.

En la investigación de Castañeda. 1998. No hubo diferencias significativas en la interacción variedad por poda, tan poco en el bloqueo.

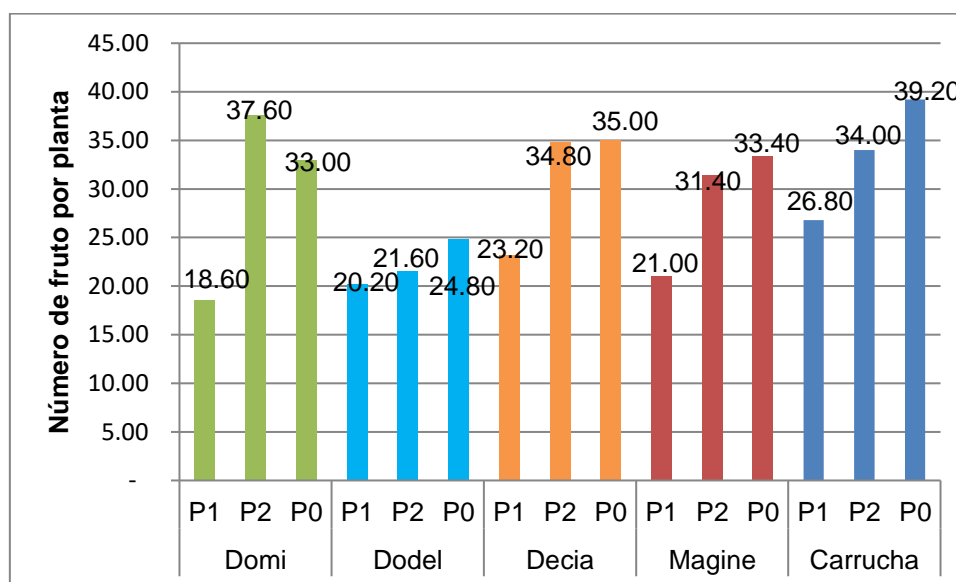


Figura 17. Variedades y tipos de podas con número de fruto por planta.

Se puede observar en la Figura 17 las variedades y tipos de poda que producen el mayor número de frutos son: la variedad Carrucha y la poda testigo (P0) obtuvo 39 frutos, la variedad Domi y la poda de dos ejes (P2) obtuvo 37, la variedad Decia con la poda testigo (P0) y poda de dos ejes (P2) obtuvo 35 frutos; la variedad Carrucha y poda de dos ejes (P2), variedad

Magine y poda testigo (P0), variedad Domi y poda testigo (P0), variedad Magine y poda de dos ejes (P2), se obtuvieron 34, 33 y 31 frutos, la variedad Carrucha y poda de un ejes (P1) obtuvo 27; la variedad Dodel y las podas testigo (P0) obtuvo 25, la poda de dos ejes (P2) obtuvo 22, poda de un eje (P1) obtuvo 20, variedad Decia y poda de un eje (P1) obtuvo 23, variedad Magine y poda de un eje (P1) obtuvo 21, y la variedad Domi y poda de un eje (P1) obtuvo 18, siendo esta la última interacción la que produce el menor número de fruto por planta.

#### 4.4.2 Peso de frutos por planta

Las variedades tomate Domi, Decia, Dodel, Magine y Carrucha presentaron diferencias altamente significativas, cuadro A-24 en el peso de fruto por planta. Por lo tanto, se aplicó la prueba de comparación de medias Tukey indicando que la variedad Dodel produce mayor peso en los frutos en gramos que las variedades Domi, Magine, Decia y Carrucha, estas cuatro últimas variedades producen similares efectos en los pesos de frutos por planta, Figura 18.

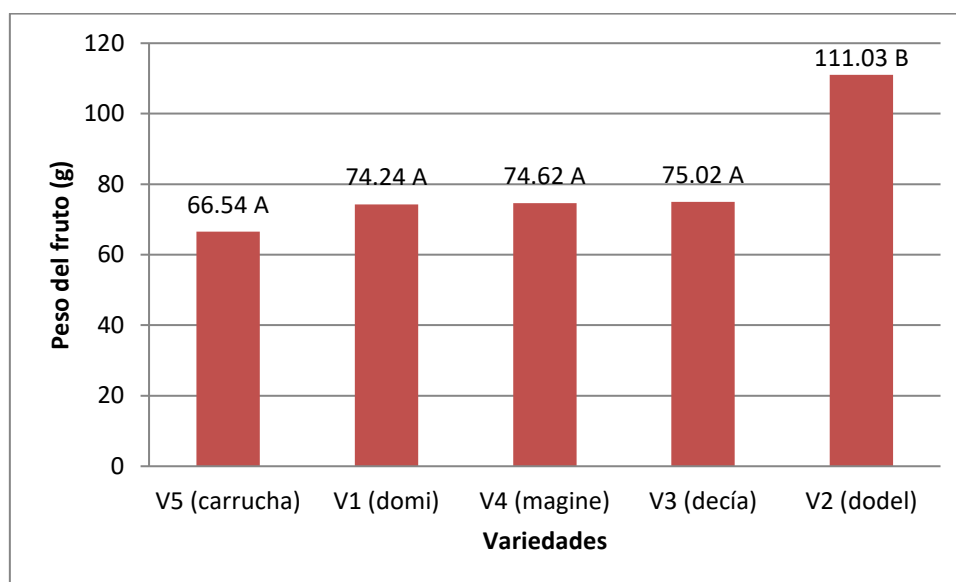


Figura 18. Peso del fruto en cinco variedades de tomate. Letras iguales son no estadísticamente significativas  $p > 0.05$ .

De acuerdo en la investigación de Hernández *et al.* (2021) se observa diferentes comportamientos en el peso promedio por fruto. La variedad Dodel obtuvo el mejor peso promedio con 67.16g, las variedades Decia, Domi y Magine obtuvieron resultado similar de

33.88g, 35.39 g y 34.23g respectivamente, y la variedad Carrucha obtuvo el resultado más bajo en comparación a las anteriores de 29.41g.

Se aplicó el análisis de varianza a las podas el p-valor obtenido es menor que el nivel de significancia, cuadro A-24 y se concluye: que las podas en estudio presentan diferencias altamente significativas en el número de fruto. Por lo tanto, se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias Tukey indicando que: la P1 (poda a un eje) y P2 (poda a dos ejes) producen similares efectos en los pesos de los frutos con 86.39 g y mejores que P0 (testigo) producen menor peso en los frutos con 81.30g, Figura 19.

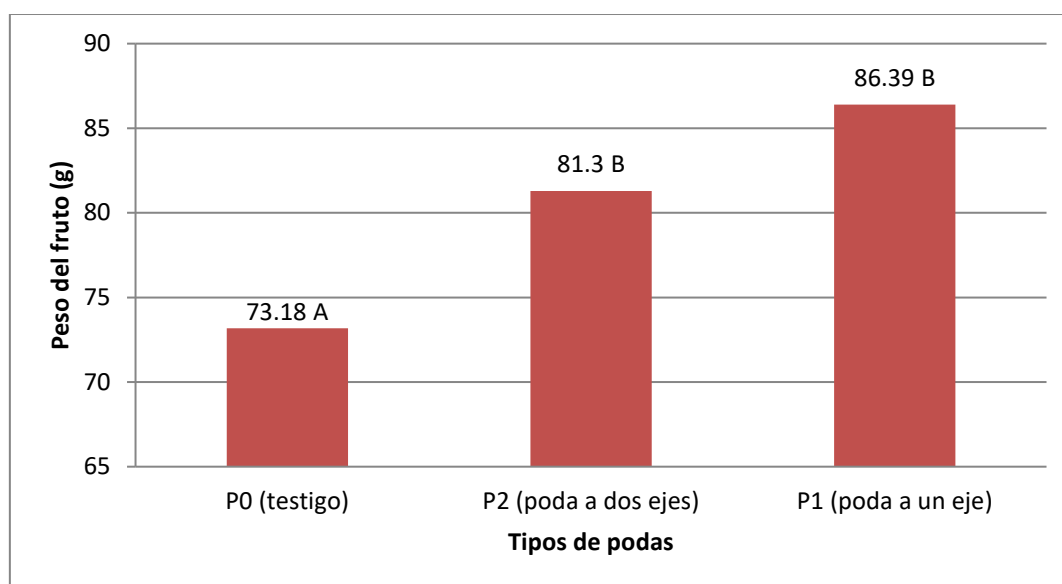


Figura 19. Peso del fruto en tres tipos de podas.  
Letras iguales son no estadísticamente significativas  $p > 0.05$ .

De Acuerdo Vargas 2014, la poda a un eje presentó mayor peso en los frutos a comparación con la poda a dos ejes. Con lo cual se llegó al mismo resultado en esta investigación.

Según Castañeda. 1998, la poda a un eje presentó mayor peso de fruto seguido la poda a dos ejes y la poda testigo presentó menor peso de frutos, obtuvo similar resultado con la investigación.

La interacción entre variedades de tomate y poda al aplicar el análisis de varianza Cuadro A-24 el p-valor obtenido es mayor que el nivel de significancia expresar que las variedades de tomate e interacción variedades y podas no presentaron diferencias significativas en la variable

peso del fruto. Es decir, que las variedades y las podas actúan de forma independiente con respecto al peso del fruto en gramos. A continuación, se realiza un análisis descriptivo de la interacción con el gráfico de barras, Figura 20.

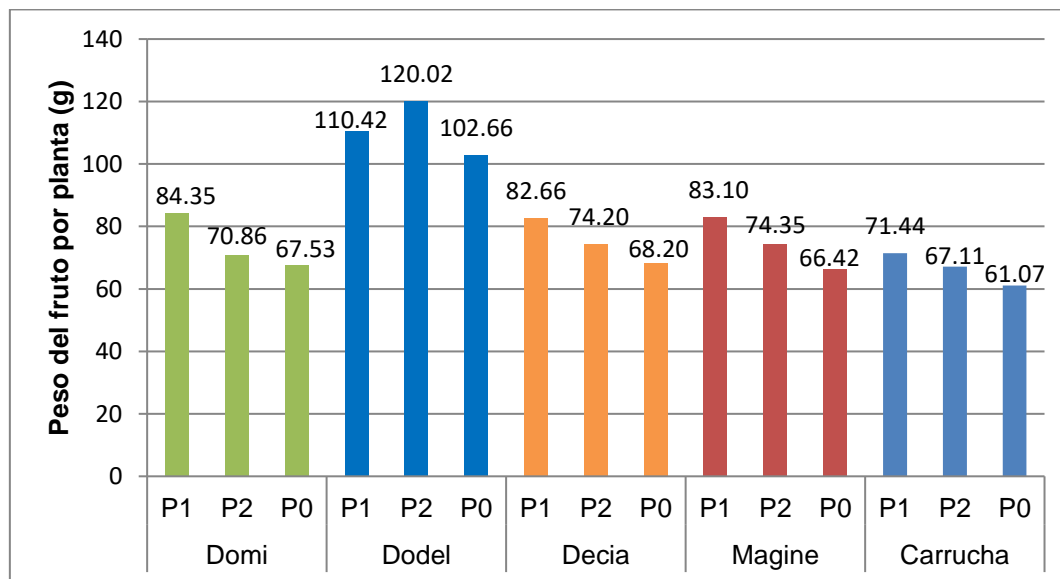


Figura 20. Tipos de podas y variedades en la variable peso del fruto.

En la Figura 20 se observa que la variedad Dodel tuvo mayor peso del fruto en los tipos de podas dada a la poda a dos ejes (P2) tiene 120.02g, poda a un eje (P1) 110.42g y poda testigo (P0) 102.66g, en la variedad Domi dando mayor peso en la poda a un eje con 84.35g, poda a dos ejes (P2) 70.86 g, pero menor peso en la poda testigo (P0) 67.53g, similares peso del fruto por planta en la variedad Decia la poda a un eje (P1) tiene mayor peso 82.66g, poda a dos ejes (P2) 74.20g y poda testigo (P0) fue de 68.20g por planta, parecidos pesos del fruto con la variedad Magine la poda a un eje (P1) tiene mayor peso 83.10g, poda a dos ejes (P2) 74.35g y poda testigo (P0) fue de 66.42g por planta pero menores peso del fruto por planta en la variedad carrucha con los tipos de podas.

En la investigación de Castañeda. 1998. No hubo diferencias significativas en la interacción variedad por poda, tan poco en el bloqueo.

#### 4.4.3 Diámetro del fruto

Las variedades tomate Domi, Decia, Dodel, Magine y Carrucha presentaron diferencias altamente significativas, cuadro A-24. En el diámetro del fruto (mm). Por lo tanto, se aplicó la

prueba de comparación de medias Tukey indicando que la variedad Dodel produce mayor diámetro en los frutos que las variedades Domi, Magine, Decia y Carrucha, está últimas cuatro variedades producen similares efectos en el diámetro de frutos por planta, Figura 21.

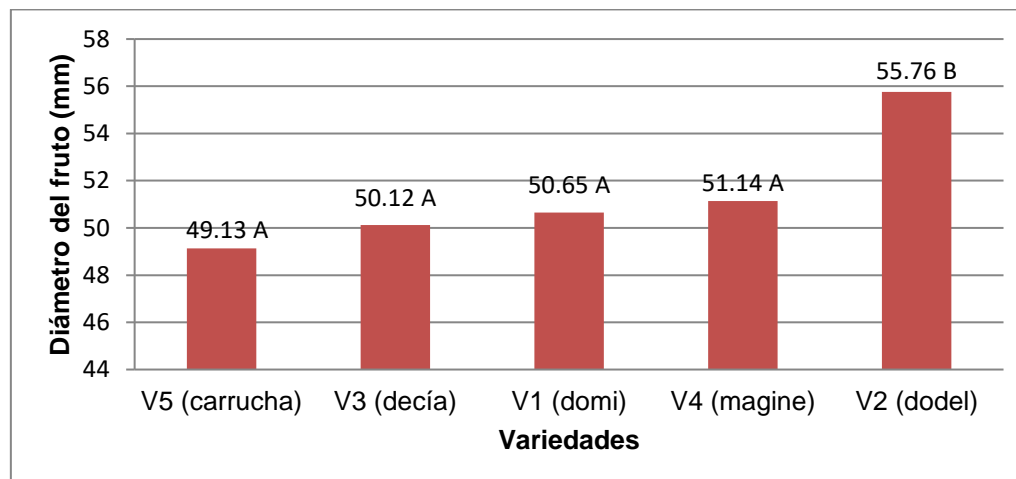


Figura 21. Diámetro del fruto en cinco variedades de tomate. Letras iguales son no estadísticamente significativas  $p > 0.05$ .

De acuerdo en la investigación de Hernández *et al.* (2012), son similares resultados Dodel con un diámetro de 7cm, magine 4.97cm, decia 7.3cm, Domi 5.26cm, y Carrucha 5.46cm. Según los resultados obtenidos en las diferentes variedades de tomate, la variedad Dodel presento el mayor diámetro del fruto con 55.76mm, la variedad magine tuvo el diámetro de fruto 51.14mm, mientras que las variedades Decia y Domi obtuvo similar diámetro de 50mm y la variedad Carrucha tiene menor diámetro con 49.13mm en los frutos, Figura 21 En términos generales el rango oscila entre 50mm a 70mm, en la calidad del tomate para mesa, CODEX 2013.

Se aplico el análisis de varianza a las podas, cuadro A-24 el p-valor obtenido es menor que el nivel de significancia, que las podas en estudio presentan diferencias altamente significativas en el diámetro del fruto (mm). Por lo tanto, se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias Tukey indicando que: la P1 (poda a un eje) y P2 (poda a dos ejes) producen los mayores diámetros, pero similares efectos con respecto a los pesos de los frutos con medias 52.97mm, 51.9mm y P0 (testigo) producen el menor diámetro del fruto con media 49.2mm, Figura 22.



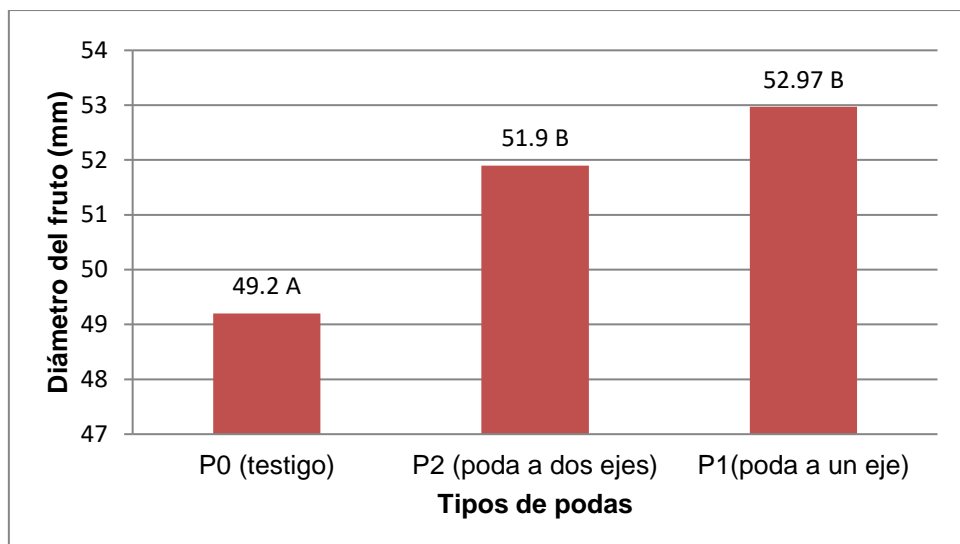


Figura 22. Diámetro del fruto para diferentes tipos de poda. Letras iguales son no estadísticamente significativas  $p > 0.05$ .

De acuerdo Vargas 2014, la poda a un eje presentó mayor diámetro en los frutos a comparación con la poda a dos ejes, obteniéndose el mismo resultado en esta investigación bajo la técnica de hidroponía. En otra investigación de Castañeda. 1998, la poda a un eje presentó mayor Diámetro de fruto seguido la poda a dos ejes y la poda testigo presentó menor Diámetro de frutos, obtuvo similar resultado con la investigación.

La interacción entre las variedades de tomate y podas no presentaron diferencias significativas, cuadro A-24 en la variable diámetro del fruto (mm). Es decir, que las variedades de tomate y podas actúan en forma independiente con respecto al diámetro del fruto. A continuación, se realiza un análisis descriptivo de la interacción con el gráfico de barras, Figura 23.

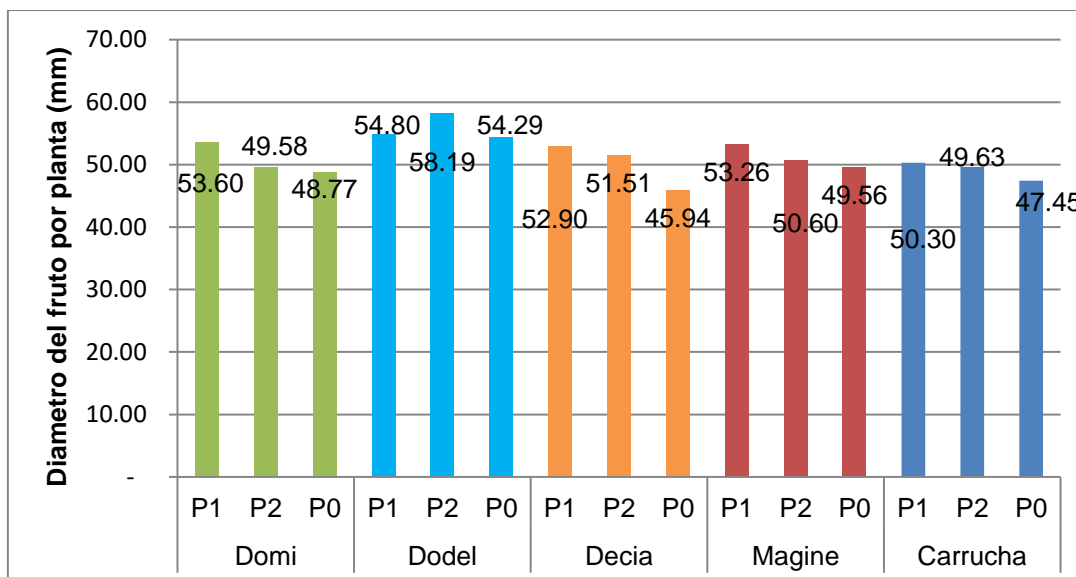


Figura 23. Variedades y tipos de podas en la variable diámetro del fruto.

En la Figura 23, se observa los tres tipos de podas aplicadas a la variedad Dodel presentan el mayor diámetro del fruto, con medias de 54.80mm, 58.19mm y 54.29mm; a su vez P1 en las variedades Domi, Decia, Magine y Carrucha posee mayor diámetro del fruto que la P2 y P0.

#### 4.5 Clasificación de frutos.

Los parámetros de pesos se clasifican por categorías.

Cuadro 12. Clasificación de frutos variedad Domi con base a categorías y tipos de podas.

| Tipos de podas | Poda a un eje   |                | Poda a dos ejes |                | Testigo         |                |
|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
|                | Número de fruto | Porcentaje (%) | Número de fruto | Porcentaje (%) | Número de fruto | Porcentaje (%) |
| 1° Mayor >120g | 17              | 9.29           | 6               | 1.61           | 8               | 2.45           |
| 2° 119g – 80g  | 90              | 49.18          | 134             | 35.92          | 92              | 28.13          |
| 3° 79g – 40g   | 76              | 41.53          | 233             | 62.47          | 227             | 69.42          |
| <b>Total</b>   | 183             | 100            | 373             | 100            | 327             | 100            |

En el cuadro 12 y figura 24 a, b y c expresa los porcentajes de los frutos con base a las categorías en peso (g), y poda a un eje para la variedad Domi; agrupando las dos primeras

categorías por su aceptabilidad al consumidor representando un valor del 58%, significa que el peso promedio de esta variedad es mayor o igual a 80g y un 42% representa la categoría tres.

Al analizar la misma variedad para la poda a dos ejes la categoría tres posee un valor a 62.47%; siendo este mayor al comparar con la primera y segunda categoría del 37.53%. Razón por la cual, la categoría tres desde el punto de vista fenotípico presenta mayor biomasa, esto significa que la producción de asimilados fotosintético tiene que distribuirlo en una mayor cantidad de biomasa.

En relación al testigo (sin poda) tiene mayor dominio la categoría tres con un 69.42% esto significa que el peso de los frutos oscila entre los 40-79g, inferior a la categoría una y dos que representan el 30.58%. Razón por la cual, la categoría tres presenta mayor biomasa, esto significa que la producción de asimilados fotosintético son distribuidos a una cantidad de biomasa.

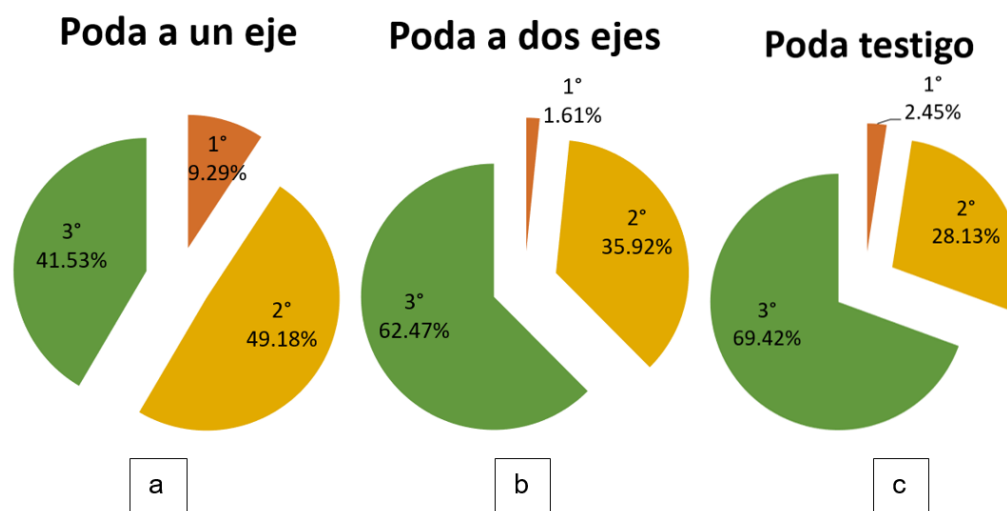


Figura 24. Porcentaje de categorías de la variedad Domi. a) poda a un eje, b) poda a dos ejes y c) poda testigo.

Cuadro 13. Clasificación de frutos variedad Dodel con base a categorías y tipos de podas.

| Tipos de podas | Poda a un eje   |                | Poda a dos ejes |                | Testigo         |                |
|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
|                | Número de fruto | Porcentaje (%) | Número de fruto | Porcentaje (%) | Número de fruto | Porcentaje (%) |
| 1° mayor >120g | 85              | 42.71          | 106             | 49.53          | 75              | 30.74          |
| 2° 119g – 80g  | 45              | 22.61          | 44              | 20.56          | 73              | 29.92          |
| 3° 79g – 40g   | 69              | 34.67          | 64              | 29.91          | 96              | 39.34          |
| <b>Total</b>   | 199             | 100            | 214             | 100            | 244             | 100            |

En el cuadro 13 y figura 25 a, b y c expresa los porcentajes con base a las categorías en peso (g), la poda a un eje y poda a dos ejes para la variedad Dodel representa la categoría uno con mayor porcentaje esto significa que el peso promedio de esta variedad es mayor a 120g superando a las otras categorías.

Mientras que el testigo (sin poda) la categoría tres tiene valor ascendente con el peso promedio que oscila 40 - 79g.

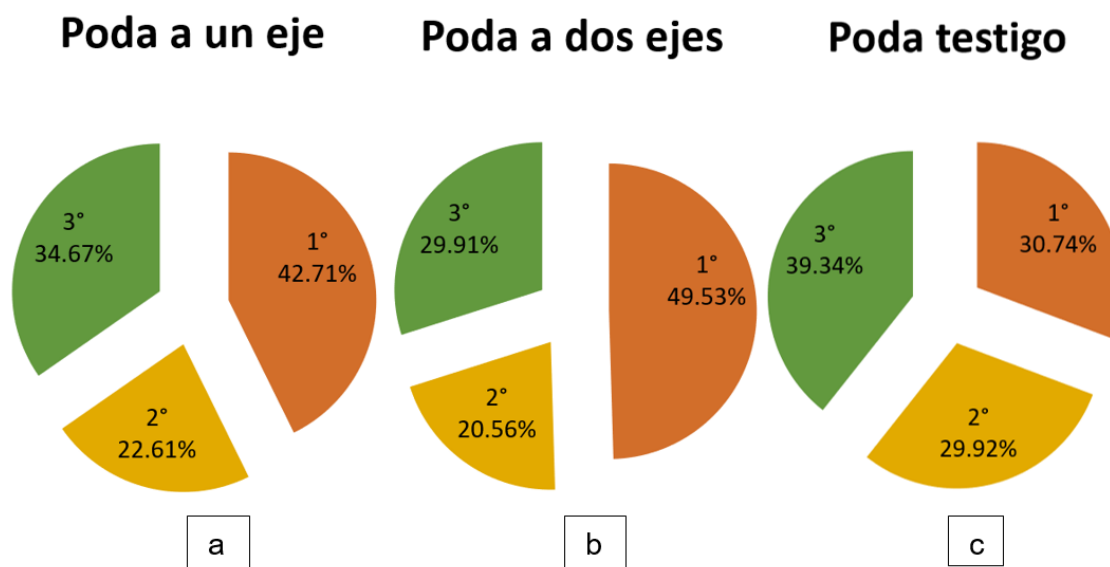


Figura 25. Porcentaje de categorías de la variedad Dodel. a) poda a un eje, b) poda a dos ejes y c) poda testigo.

Cuadro 14. Clasificación de frutos variedad Decia con base a categorías y tipos de podas.

| Variedad Decia |               |                 |                 |                 |                |                 |
|----------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| Tipos de podas | Poda a un eje |                 | Poda a dos ejes |                 | Testigo        |                 |
|                | Categorías    | Número de fruto | Porcentaje (%)  | Número de fruto | Porcentaje (%) | Número de fruto |
| 1° mayor >120g | 45            | 19.57           | 39              | 11.47           | 30             | 8.64            |
| 2° 119g – 80g  | 91            | 39.56           | 119             | 35              | 95             | 27.38           |
| 3° 79g – 40g   | 94            | 40.87           | 182             | 53.53           | 222            | 63.98           |
| <b>Total</b>   | 230           | 100             | 340             | 100             | 347            | 100             |

En el cuadro 14 y figura 26 a, b y c, se expresa los porcentajes con base a las categorías en peso (g), la poda a un eje de la variedad Decia se observa las categorías uno y dos con el peso promedio de 59.13% con un peso mayor a 80g resaltando a la categoría tres que los frutos tiene un de 40g a 79g.

Al realizar la poda a dos ejes, la categoría uno y dos tiene un porcentaje del 46.47 inferior a la categoría tres que es 53.53%; esto significa que el peso promedio de esta variedad es menor a 79g. Mientras que la poda testigo que no se realizó ninguna poda se observa mayor porcentaje en el peso promedio en la categoría tres, en la categoría uno y dos el 36.02% obtuvo menor porcentaje con un peso mayor a 80g.

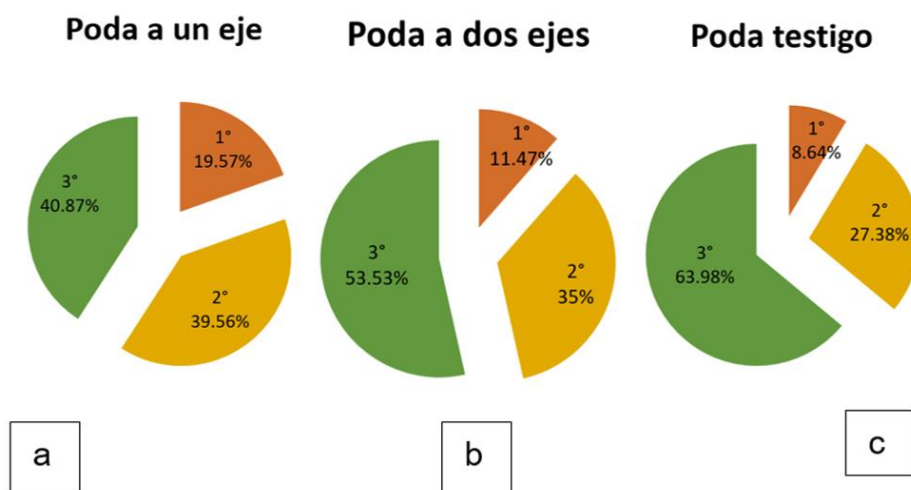


Figura 26. Porcentaje de categorías de la variedad Decia. a) poda a un eje, b) poda a dos ejes y c) poda testigo.

Cuadro 15. Clasificación de frutos variedad Magine con base a categorías y tipos de podas.

| Tipos de podas | Poda a un eje |                 | Poda a dos ejes |                 | Testigo        |                 |                |
|----------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
|                | Categorías    | Número de fruto | Porcentaje (%)  | Número de fruto | Porcentaje (%) | Número de fruto | Porcentaje (%) |
| 1° mayor >120g |               | 19              | 9.18            | 12              | 3.85           | 7               | 2.11           |
| 2° 119g – 80g  |               | 74              | 35.75           | 124             | 39.74          | 87              | 26.20          |
| 3° 79g – 40g   |               | 114             | 55.07           | 176             | 56.41          | 238             | 71.69          |
| <b>Total</b>   |               | <b>207</b>      | <b>100</b>      | <b>312</b>      | <b>100</b>     | <b>332</b>      | <b>100</b>     |

En el cuadro 15 y figura 27 a, b y c, se expresa los porcentajes con base a las categorías en peso (g), la poda a un eje de la variedad Magine se observa las categorías uno y dos con el peso promedio de 44.93% con un peso mayor a 80g, la categoría tres es la que predomina con un porcentaje de 55.07%. Mientras en la poda a dos ejes al relacionar la categoría uno y dos el 43.59% en el peso de frutos mayor a 80g, la categoría tres es 56.41%; esto significa que el peso promedio de los frutos de esta variedad es menor a 79g.

Por lo tanto, la poda testigo observa entre la categoría uno y dos el 28.31% inferior a la categoría tres que es 71.69%; esto significa que el peso promedio oscila de 40g a 79g.

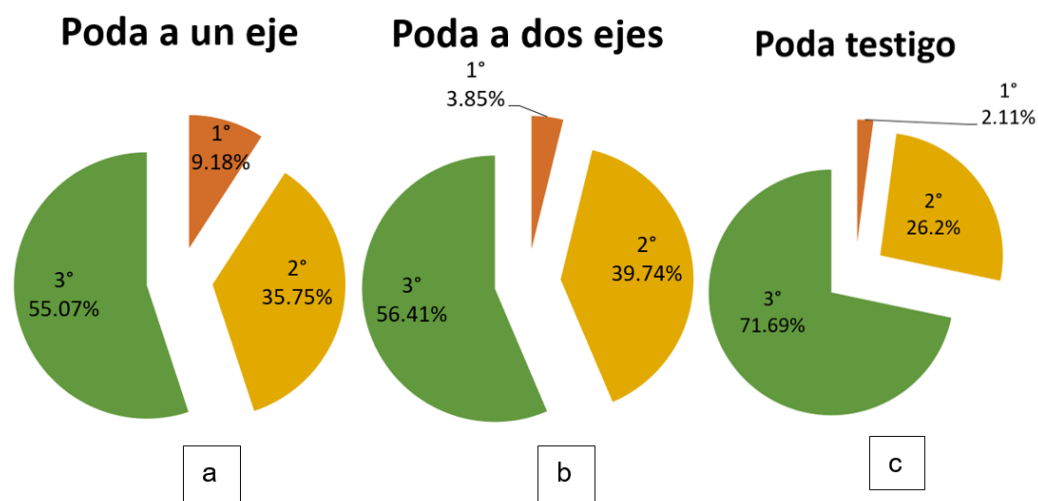


Figura 27. Porcentaje de categorías de la variedad Magine. a) poda a un eje, b) poda a dos ejes y c) poda testigo.

Cuadro 16. Clasificación de frutos variedad Carrucha con base a categorías y tipos de podas.

| Tipos de podas | Poda a un eje   |                | Poda a dos ejes |                | Testigo         |                |
|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
|                | Número de fruto | Porcentaje (%) | Número de fruto | Porcentaje (%) | Número de fruto | Porcentaje (%) |
| 1° mayor >120g | 15              | 5.66           | 11              | 3.25           | 5               | 1.29           |
| 2° 119g - 80g  | 100             | 37.74          | 103             | 30.47          | 76              | 19.54          |
| 3° 79g - 40g   | 150             | 56.60          | 224             | 66.27          | 308             | 79.17          |
| <b>Total</b>   | 265             | 100            | 338             | 100            | 389             | 100            |

En el cuadro 16 y figura 28 a, b y c, se expresa los porcentajes con base a las categorías en peso (g), la poda a un eje de la variedad Carrucha se observa las categorías uno mayor a 120g tiene el 5.66% y la poda a dos ejes con un peso promedio de 3.25%, la categoría tres es la que predomina con un porcentaje de 56.60%. Al analizar la poda a dos ejes al relacionar la categoría uno y dos el 33.72% en el peso de frutos mayor a 80g, la categoría tres es 66.27%; esto significa que el peso promedio de los frutos de esta variedad es menor a 79g.

Por lo tanto, la poda testigo observa entre la categoría uno y dos el 20.83% inferior a la categoría tres que es 79.17%; esto significa que el peso promedio oscila de 40g a 79g.

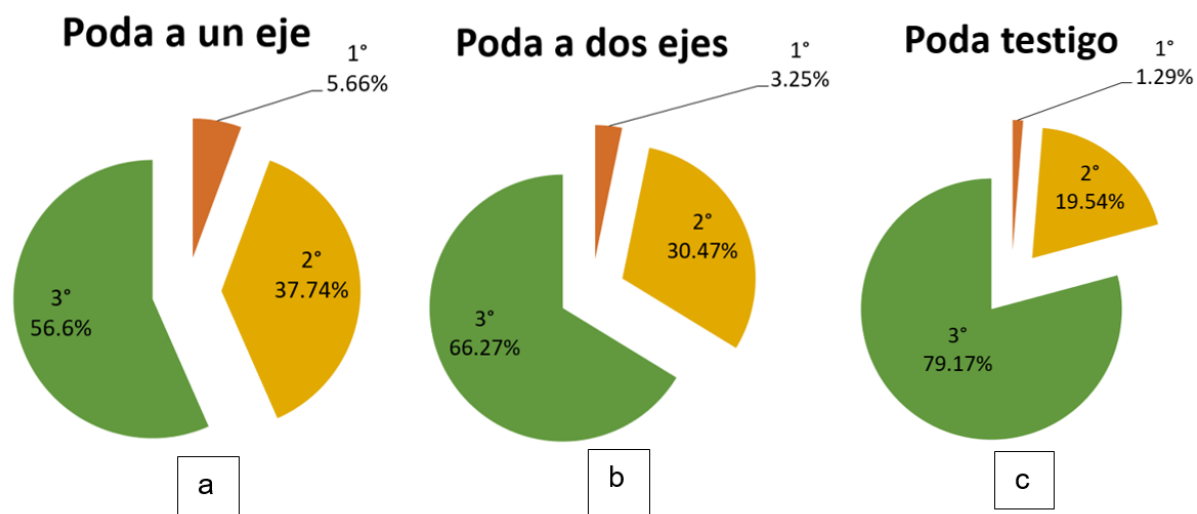


Figura 28. Porcentaje de categorías de la variedad Carrucha. a) poda a un eje, b) poda a dos ejes y c) poda testigo.

#### 4.6 Variables de las propiedades organolépticas.

Análisis de componentes principales (ACP) para características de la calidad del fruto

Con el fin de resumir las variables en estudio con una mínima pérdida de información se utilizó la técnica estadística análisis multivariante de datos análisis de componentes principales (ACP) que transforma las variables cuantitativas originales que están correlacionadas entre sí, en unas pocas variables independientes (ortogonales) a las cuales les denominamos componentes principales los resultados de dicha prueba fueron los plasmados en el cuadro 17.

Cuadro 17. Matriz de correlación entre variables originales y componentes; variabilidad explicada por los componentes principales.

| Variable               | PC 1     | PC 2     | CP | Eigen valor | % varianza |
|------------------------|----------|----------|----|-------------|------------|
| <b>Sólidos soluble</b> | 0.57632  | -0.58508 | 1  | 2.46994     | 82.331     |
| <b>Dureza total</b>    | 0.54179  | 0.79623  | 2  | 0.421324    | 14.044     |
| <b>Color</b>           | -0.61182 | 0.15395  | 3  | 0.108733    | 3.6244     |

En el cuadro 17 se indica que:

Las componentes principales 1 y 2 están construidas por la matriz de correlación, debido a que las variables están expresadas en diferentes unidades de medida; la componente principal 1 explica el 82.33 % de la variación de los datos, la componente principal 2 explica el 14.04 %, siendo la variación total acumulada explicada de las componentes 1 y 2 de 96.38%. Es decir, que las componentes principales 1 y 2, explican el 96.38% de la matriz de datos original, con una pérdida mínima de información relevante.

Las variables que más contribuyen a la construcción del componente principal 1, el componente principal 2, son aquellas que poseen mayor valor en valor absoluto, se detalla a continuación: a) En la componente principal 1 se tiene color con 0.61182, por ende, la componente principal 1 se encuentra caracterizada por el color. b) El componente principal 2 tiene los valores mayores en valor absolutos: dureza total (dt) con 0.79623 y los sólidos solubles (ss) con 0.58508, es decir, actúan en forma inversa, por lo que, la componente principal 2 se encuentra caracterizada por la dureza total y sólidos solubles.

Debido a que ya se hizo la reducción de la dimensión de variables de calidad a dos componentes principales por medio del ACP, y estas explican el 96.38% de la variación existen en los datos, por consiguiente, se procedió a interpretar el biplot de la Figura 29, donde se observa una agrupación de variedades de tomate Carrucha, Domi, Dodel y Decia



caracterizada por que poseen igual color (código) y la variedad Magine difiere en una unidad de escala en la tabla Munsell de color.

En Cuadro A-45. demuestra la variable Dureza total ( $\text{Kg/cm}^2$ ) del fruto maduro de las variedades de tomate, la variedad Dodel 1.53 ( $\text{Kg/cm}^2$ ), Domi 2.04 ( $\text{Kg/cm}^2$ ), Decia 2.10 ( $\text{Kg/cm}^2$ ), Carrucha 2.30 ( $\text{Kg/cm}^2$ ) y Magine 2.70 ( $\text{Kg/cm}^2$ ) esta variedad tiene mayor turgencia, cohesión forma y tamaño en las células que conforma la pared celular en resistencia en su pared celular la variedad Dodel. Los resultados de la investigación Hernández *et al.* (2021), se obtuvo diferentes resultados la variedad Dodel 4.12 ( $\text{Kg/cm}^2$ ), Domi 3.15 ( $\text{Kg/cm}^2$ ), Carrucha 2.81 ( $\text{Kg/cm}^2$ ), Decía 2.86 ( $\text{Kg/cm}^2$ ) y Magine 3.27 ( $\text{Kg/cm}^2$ ).

El comportamiento de la dureza del fruto con los grados de madurez, al observar este comportamiento se puede explicar que a medida el grado de madurez avanza las paredes celulares se degradan por lo que este fruto tiene una menor resistencia a la penetración la firmeza del fruto está relacionada con la estructura de la pared celular. La firmeza de las frutas y hortalizas depende de la turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células que conforman la pared celular, la presencia de tejidos de sostén o soporte y de la composición del fruto. Los componentes de las paredes celulares que contribuyen con la firmeza son la hemicelulosa, la celulosa y la pectina, Hernández *et al.* 2012. El Calcio es el responsable de la firmeza del fruto de tomate, Smadar 2014.

En otro estudio notaron Ortega *et al.* 2022, que los cultivares que en general, todos los híbridos evaluados presentaron buena firmeza de los frutos, esto estaría apoyando para su consumo fresco, es importante la firmeza. Asimismo, significaría que los frutos tuvieron pericarpios gruesos y cera epicuticular que inhibirían la pérdida de agua en frutos.

En Cuadro A-45. presenta la variable sólidos solubles (Brix%) de las variedades de tomate en los 6° estadios de madurez que se clasifican desde verdes hasta la madurez, pero el promedio de sólidos solubles fue en el estadio 6° que la variedad Dodel y Domi presenta 3.44°Brix, Decia 3.56° Brix, Carrucha 3.36° Brix y Magine 3.72°Brix esta variedad tiene mayor cantidad de azúcares, pero menor cantidad de azúcares la variedad Carrucha. En términos generales el rango oscila entre 3 a 5 de sólidos solubles, dependiendo de la madurez de cosecha y el cultivar, CODEX 2013.

Los resultados de la investigación Hernández *et al.* (2021), se obtuvo similares resultados con el promedio de sólidos solubles en el 5º estadio fue de 3,98ºBrix Dodel, 4,18ºBrix Decia, 3,89ºBrix Magine, 3,86ºBrix Carrucha y 3,74ºBrix Domi. La variedad en estudio que obtuvo el mayor contenido de sólidos solubles fue Decia con un valor superior a los 4ºBrix. Los menores contenidos de sólidos estuvieron representados por la variedad Domi con un valor menor a 3,8ºBrix.

En referencia a los grados Brix, si bien no lo evaluaron en la investigación de Ortega *et al.* 2022, se puede señalar que existen reportes contradictorios como los de Fajardo & Mahecha 1992. que no observaron un incremento significativo de grados Brix en el tiempo, para dos cultivares comerciales evaluadas en anaquel, en dos estadios de madurez (verde y pintón). En cambio, Gabriel *et al.* 2013. presentaron incrementos significativos en los grados Brix. Según Ortega *et al.* 2022. Esto quiere decir, que cada cultivar puede expresar este carácter de acuerdo al lugar donde es cultivado. Esto tiene su importancia, debido a que la calidad del sabor en el tomate está ampliamente determinada por el contenido de azúcar (estimado a través del contenido de sólidos solubles o grados Brix) del fruto. De ahí, que los cultivares evaluados en la presente investigación muy probablemente presenten la misma calidad de fruto. Se debe mencionar que el cultivo de tomate puede ser todo el año, pero se debe tener en cuenta que las heladas y el calor excesivo pueden dificultar su buen desarrollo en esas épocas y para subsanar estos inconvenientes, es imprescindible la adopción de nuevas tecnologías, como cultivar en invernadero, uso de mallas plásticas que intercepten más del 50 % la luz del sol, y mejorar el sistema de riego

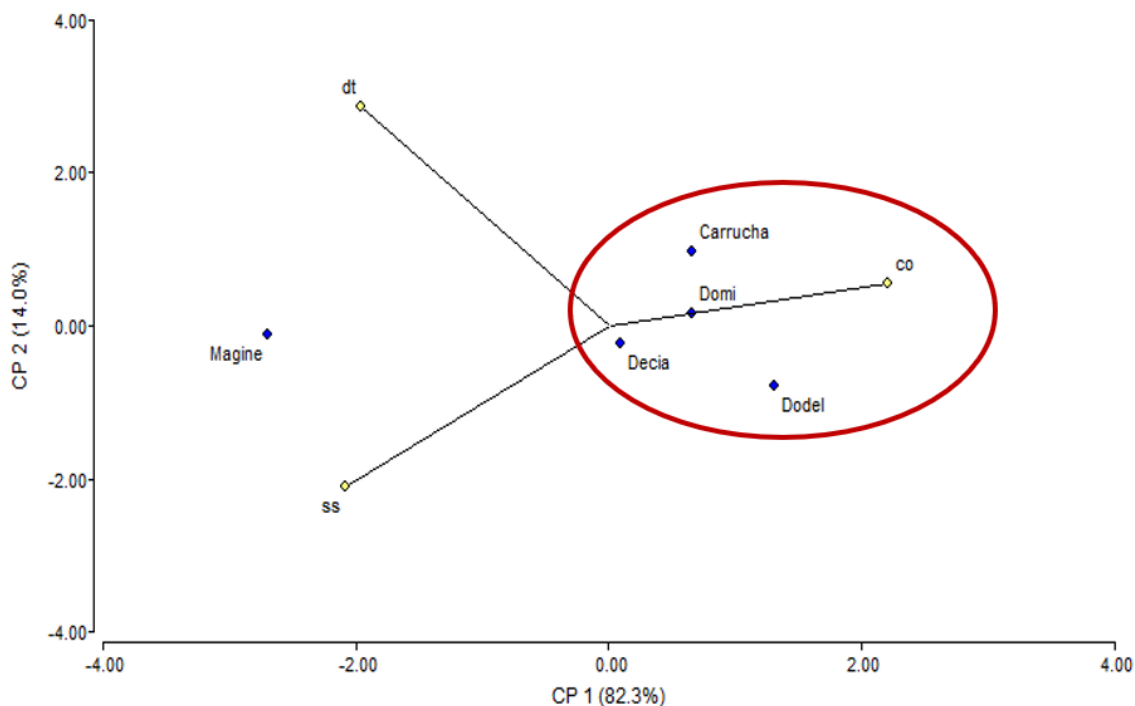


Figura 29. Análisis de componente principales de las variables calidad del fruto.

### Análisis de regresión lineal simple

Se realizó el análisis de correlación entre las variables número de frutos, peso del fruto (g) y diámetro del fruto (mm), existiendo una correlación positiva entre el diámetro del fruto (mm) y peso del fruto (g); correlación negativa peso del fruto (g) y número de fruto; correlación negativa entre el diámetro del fruto (mm) y número de fruto.

Cuadro 18. Correlación de Pearson.

| Variable (1)            | Variable (2)       | n  | Pearson | p-valor |
|-------------------------|--------------------|----|---------|---------|
| Peso del fruto (g)      | Diámetro del fruto | 75 | 0.85    | <0.0001 |
| Peso del fruto (g)      | Número de fruto    | 75 | -0.63   | <0.0001 |
| Diámetro del fruto (mm) | Número de fruto    | 75 | -0.68   | <0.0001 |

En el cuadro 18, la correlación de Pearson entre el peso del fruto (g) y el diámetro del fruto (mm), este indica que existe una correlación lineal positiva ( $R=0.85$ ) y esto se describe en la figura 30, por consiguiente, a mayor incremento del diámetro del fruto (mm) mayor incremento del peso del fruto (g).

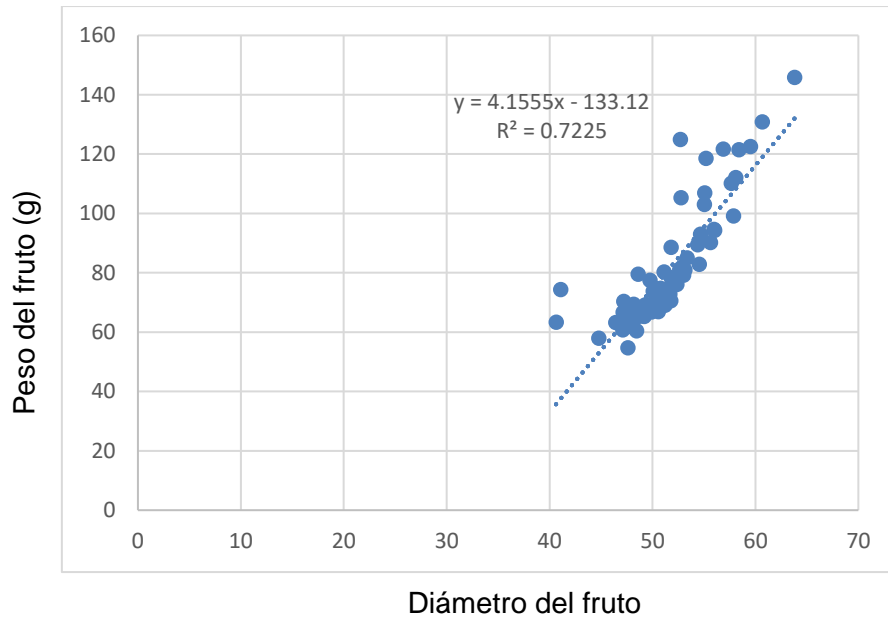


Figura 30. Correlación positiva de Pearson con el diámetro de fruto y peso.

En el cuadro 18, la correlación de Pearson entre diámetro del fruto (mm) y el número de fruto, también la correlación de Pearson número de fruto y peso del fruto esto indica que existe una correlación lineal negativa ( $R=-0.68$ ) y ( $R=-0.63$ ) esto se describe en la figura 31, por consiguiente, a mayor número de frutos menor diámetro del fruto (mm). Nos indica a mayor número de fruto menor peso en los frutos (g).

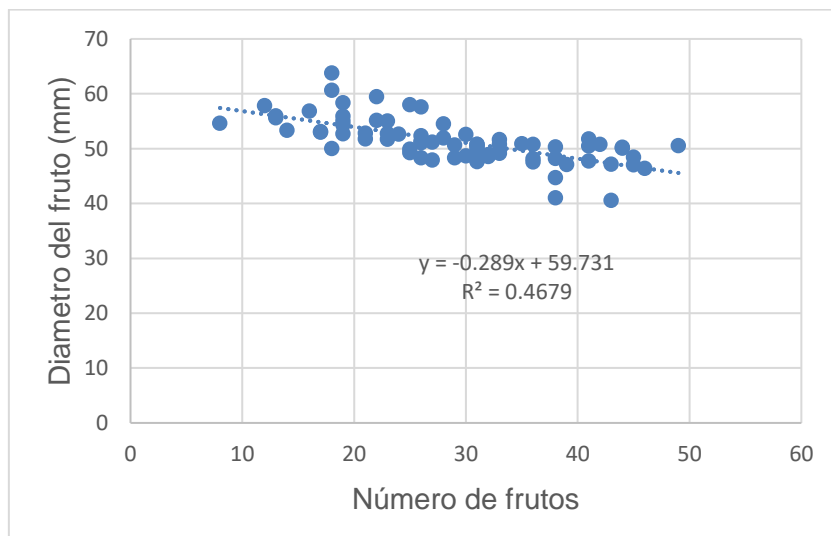


Figura 31. Correlación negativa de Pearson con número de fruto y Diámetro del fruto.

#### 4.7 Análisis Económico

Para realizar la evaluación económica se tomaron en consideración los costos de producción y los ingresos obtenidos de la investigación en su totalidad, además de la depreciación de la infraestructura, sistema de riego y equipo se consideró una vida útil de 8 años, cuadro A – 46.

##### Relación Beneficio/costo

La determinación de la relación beneficio/costo; de acuerdo con los valores obtenidos cuadro 19, demuestra que se puede recuperar la inversión utilizada, se calculó una relación beneficio/costo de \$ 1.15, lo que significa que por cada dólar invertido se genera \$ 0.15 en concepto de beneficio.

Cuadro 19. Evaluación económica del proyecto en estudio. UES-CCAA 2022.

| <b>Variables</b>                | <b>Monto \$</b>  |
|---------------------------------|------------------|
| Costo de inversión              | \$ 387.57        |
| Costos variables                | \$ 114.21        |
| Costos fijos                    | \$ 84.00         |
| <b>Costo total</b>              | <b>\$ 585.73</b> |
| Ingreso bruto                   | \$ 672.75        |
| Ingreso neto                    | \$ 87.02         |
| <b>Relación Beneficio/Costo</b> | <b>\$ 1.15</b>   |

## 5. CONCLUSIONES

- La variedad Dodel presento el mejor rendimiento en peso, tamaño y diámetro de fruto, al realizar poda de un eje.
- En la interacción variedades y tipos de podas el mayor número de fruto por planta lo presentó la variedad Domi con dos ejes.
- El mayor porcentaje de solidos solubles y dureza total correspondió a la variedad Magine
- En relación a la curva de crecimiento en cm/día de acuerdo al estado de desarrollo del cultivo, la etapa de floración presento el mayor crecimiento con valores de 2.35 a 2.69 cm/día.
- Al analizar la relación beneficio/costo nos indica que por cada dólar invertido se recuperan \$ 1.15; es decir \$ 0.15 de ganancia.

## 6. RECOMENDACIONES

- Tener conocimiento previo sobre la arquitectura de la planta antes de implementar cualquier tipo de poda sanitaria, formación o producción.
- La poda de producción debe realizarse para cultivares de tomate de crecimiento indeterminado, seleccionando uno o dos ejes.
- Formular soluciones nutritivas de acuerdo al estado de desarrollo de la planta.
- De los materiales genéticos en estudio debe cultivarse la variedad Magine por presentar una vida de anaquel más prolongada en relación a su firmeza.
- Al realizar este tipo de investigaciones debe considerarse los aspectos de la depreciación de la infraestructura, sistema de riego y equipo para su análisis económico.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado. P. 2009. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (en línea). Chile. Consultado 10 febrero 2020. Disponible en [http://www.hortyfresco.uchile.cl/docs/manuales/innova/Manual\\_cultivo\\_tomate.pdf](http://www.hortyfresco.uchile.cl/docs/manuales/innova/Manual_cultivo_tomate.pdf)
- Argüelles. J. & Carvajal. G. 2013. Estadística y diseño de experimentos Aplicaciones prácticas para diseño de experimentos en sistemas agropecuarios tropicales. 1 ed. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). Bogotá. Colombia. p.81, 83
- Barraza, V.; Gerhard. F; Cardona, E. 2004. Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle del Sinú medio, Colombia. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia.
- Barrios. J. 2015. Evaluación de sistemas de podas sobre el rendimiento de tomate; Catarina, San Marcos. Ingeniero Agrónomo. Universidad Rafael Landívar. Guatemala. Coatepeque. 50 p.
- Barreiro. P. Ruiz. M. 1996. Propiedades mecánicas y calidad de frutos, definiciones y medidas instrumentales. (en línea). Consultado en 26 de noviembre 2022. Disponible [https://oa.upm.es/5379/1/Barreiro\\_17.pdf](https://oa.upm.es/5379/1/Barreiro_17.pdf)
- Bolaños. H. 2001. Reproducción Vegetal, Fenología del Tomate. 2ª ed. San José. Editorial Trillas. Costa Rica.
- Bures, S. 2014. Esas podas divinas de antaño. La vanguardia. (en línea). Consultado el 20 de febrero del 2020. Disponible en <http://blogs.lavanguardia.com/plantas /esas-podas- divinas-deantano %e2%80%a6>
- Castañeda. O. 1998. Evaluación de podas de formación en dos variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en el Valle de Tenza. Ingeniero Agrónomo. Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales "U.D.C.A". Colombia.
- CATIE. (Centro agronómico tropical de investigación y Enseñanza, CR).1994. Fundamentos de análisis económicos. Guía para la investigación y extensión rural. p. 135-144



- Calderón, F; Cevallos, F. 2002. Los sustratos. (en línea). Consultado 13 marzo. 2020. Disponible en [http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los\\_Sustratos.htm.pdf](http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.htm.pdf)
- Chaverría, C; Martínez, M; Alpuche, A; Garza, E. 2011. Guía para cultivar jitomate en condiciones hidropónicas de invernadero en San Luis Potosí. México. p.7, 24.
- Chaverría, C; Martínez, M; Chávez, J; Ramírez, J; Garza, E. 2012. Guía para cultivar jitomate en condiciones de malla sombra en San Luis Potosí. México. 25 p.
- Campos. S. 2016. Guía para la producción de tomate en agricultura familiar. San José, Costa Rica. p. 7, 9,14.
- CODEX.2013. NORMA PARA EL TOMATE (CODEX STAN 293-2007). Disponible en: [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh\\_proxy/es/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B293-2008%252FCXS293s.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh_proxy/es/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B293-2008%252FCXS293s.pdf).
- Corpeño B. 2008. Manual del cultivo de tomate. Proyecto de Diversificación Agrícola, Programa de USAIUD para la Promoción de Oportunidades Económicas. Fintrac, Inc. San Salvador, El Salvador. 43 p.
- Coronel. W. 2017. Efecto de poda en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) híbrido WSX-2205-F-1, bajo condiciones agroecológicas en la provincia de Lamas. Ingeniero Agrónomo. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO, Perú.
- Culajay. E. 2017. Poda De Frutos En Tomate Híbrido Tabaré; San Raymundo. Ingeniero Agrónomo. Escuintla. Guatemala. Universidad Rafael Landívar. 20 p.
- Domene. M, Rodríguez. M. 2014. Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria. CAJAMAR ADN Agro. Negocio agroalimentario y cooperativo. (en línea). Consultado 10 diciembre 2022. Disponible en <https://www.cajamar.es/storage/documents/005-calidad-interna-1410512030-cc718.pdf>

- Escobar. H; Cooman. A; Fuentes. L. 2015. Manual de Producción de Tomate Bajo Invernadero. Segunda edición. Colombia.
- Escobar, H. 2009. Tomate cultivo. 2. Cultivos de invernadero Manual de producción de tomate bajo invernadero, ed. II. Lee, R. Bogotá, Colombia. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 180 p
- Fajardo. R, Mahecha. G. 1992. Seguimiento del proceso de maduración del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) y desarrollo de normas preliminares de calidad en las variedades chonto y milano. Colombia. P. 43-54.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Honduras). 2003. Hidroponía simplificada. (en línea). Consultado. 10 febrero. 2020. Disponible en <http://www.fao.org/pdf>.
- Fernández. R. 2017. Tres Momentos de Poda y en dos épocas de Trasplante en Tomate (*Solanum lycopersicum* L) Híbrido Matusalén, Bajo las Condiciones De Camana. Ingeniero Agrónomo. Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa. Perú. p. 3
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHA). 2018. Programa de hortalizas. (en Línea). La Lima, Cortés, Honduras, C.A. consultado 29 mayo 2020. Disponible en [http://www.fhia.org.hn/downloads/informes\\_tecnicos/Informe\\_Tecnico\\_2017\\_Programa\\_de\\_Hortalizas.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_tecnicos/Informe_Tecnico_2017_Programa_de_Hortalizas.pdf)
- Gabriel. J, Sanabria. D, Veramendi. S, Plata G, Angulo. A, Crespo. M. 2013. Resistencia genética de híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L. (Mill.) Al virus del bronceado (TSWV). Costa Rica p. 61
- Garza. L. 1985. Las hortalizas cultivadas en México, características botánicas. Chapingo, México.
- Guzmán. G. 2004. Hidroponía en casa. Una actividad familiar. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sistema Unificado de Información institucional. (en línea). Costa Rica. Consultado 10 febrero. 2020. Disponible en [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento\\_completo.pdf?sequence=1/.pdf](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1/.pdf).

- Gemma, J, López, L, Lara, I. 2008. La calidad organoléptica de las frutas. (en línea). Consultado 22 noviembre 2022. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/256309642>  
[La calidad organoleptica de la fruta.](#)
- Holwerda, H. 2006. Guía de manejo nutrición vegetal de especialidad Tomate. Australia. p. 40.
- Hernández, M; Pérez, M; Orellana, M. 2012. Proyecto de investigación docente: producción de semillas m6 de cinco variedades mutantes de tomate procedentes de cuba. San Salvador, El Salvador. p 10
- Hernández, C; Rodríguez, P; Rodríguez F. 2021. Caracterización Morfoagronómica de cinco variedades Mutantes de tomate (*Lycopersicon Esculentum* MILL) cultivadas mediante la técnica de hidroponía bajo condiciones de invernadero. Ingeniero Agrónomo Universidad de El Salvador.
- Igno, R. 2010. sistema para clasificación de jitomates basado en metrología laser y algoritmos computacionales. Consultado: 12 de mar. 2020. Disponible en: <https://biblioteca.cio.mx/tesis/14607.pdf>
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). 2007. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. 2 Ed. (en línea). Guatemala. Consultado 16 Mayo 2020. Disponible en: <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/TablaCAAlimentos.pdf> p.38
- INTA. 1999 (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Cultivo de tomate. Guía tecnológica del tomate. Managua, Nicaragua. p. 55.
- Jaramillo, J; Rodríguez, V; Guzmán, A; Zapata, M. 2006. El Cultivo de Tomate bajo Invernadero (*Lycopersicon esculentum*. Mill). Colombia. 10 p.
- Jaramillo, J. 2007. Manual de tomate. Colombia. 45 p.
- Jiménez, E. 2009. "Métodos de Control de Plagas" Carrera: Ingeniería en Sistemas de Protección Agrícola y Forestal. Managua, Nicaragua. 22 p.

- Larín. M; Díaz, L; Serrano, R. 2018. Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum*). Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”. El Salvador.
- Lardizabal, R.D. y Medicott, A.P. 2010. Compendio de manuales de producción de frutas y hortalizas. P 46,56
- López. M. 2016. Manual técnico del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*). San José Costa Rica. p. 17.
- López. F, Y zarra. W. 2004. Manual de observaciones fenológicas. Perú. P.62
- Maroto, V., 2002. Horticultura Herbácea Especial. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid-España.
- Martínez, J; Salinas, L. 2017. Manual de cultivo del tomate al aire libre. Santiago, Chile. p. 79,80
- MAG. (Ministerio de agricultura y ganadería) 2019. Anuario de estadísticas agropecuarias. San Salvador, El Salvador.
- Miserendino. E. Astorquizaga. R. 2014. Invernaderos: aspectos básicos sobre estructura, construcción y condiciones ambientales. Colombia. 23 p.
- Monardes. H. 2009. Manual de Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)(en línea). Chile. Consultado 10 febrero 2020. Disponible en [http://www.hortyfresco.uchile.cl/docs/manuales\\_innova/Manual\\_cultivo\\_tomate.pdf](http://www.hortyfresco.uchile.cl/docs/manuales_innova/Manual_cultivo_tomate.pdf)
- Mora, L. 2012. Sustratos para cultivos sin suelo o hidroponía. INDAGRO, (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 13 mar. 2020. Disponible en [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_xi/a50-6907-III\\_095.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_095.pdf)
- Mora. L. 1999. Sustratos para cultivos sin suelo o Hidroponía. INDAGRO. San Jose, Costa Rica. 93 p.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2019. Boletín climatológico, Anual 2019. El Salvador. 16 p.

- Nuez, F. 1995. El cultivo de tomate. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 190-219.
- Nuez, F. 2001. El cultivo de tomate. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 723 p.
- Ortega. J.; Cevallos. K.; Velázquez. R.; Piguave. C.; Campana. W.; López. G. 2022. Evaluación y selección de híbridos de tomate *Solanum lycopersicum* L. (Mill.) en Puerto la Boca, Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 2022, vol. 10, núm. 1, ISSN: 2308-3867.
- Ponce, J; Peña, A; Rodríguez, J; Mora. R.; Castro. R.; Magaña. N. 2012. Densidad y poda en tres variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) Cultivado en invernadero. *Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma. Chapingo, México.* p. 229-331
- Pérez. M. 2018. Principios básicos de Olericultura. Universidad de El Salvador-KOICA. San Salvador. El salvador. p. 95,96.
- Pérez. J, Hurtado. G, Aparicio. V, Argueta. Q, Larín. M. 2002. Guía técnica de tomate. CENTA Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. San salvador. El salvador.
- Portillo, MA. 2010. Manual de agricultura protegida 5 pilares. El Salvador. Fomilenio-Zamorano. P 10,13
- Reina, G. 1998. Manejo postcosecha y evaluación de la calidad de tomate (*Lycopersicum Esculetum* Mill) que se comercializa en la ciudad de Neiva. (en línea). Consultado: 12 de mar. 2020. Disponible en: [http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4693/1/Manejo %20poscosecha%20y %20evaluacion%20de%20la%20calidad%20en%20Tomate.pdf](http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4693/1/Manejo%20poscosecha%20y%20evaluacion%20de%20la%20calidad%20en%20Tomate.pdf)
- Resh, H. 1992. Cultivos Hidropónicos. 3 ed. Madrid, España. Mundi- Prensa. 369 p.
- Romero. M. 1999. Evaluación agroeconómica de tipos de tutorados, podas vegetativa, podas de frutos y dos variedades de tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill), en invernadero. *Ingeniero Agrónomo. Universidad El Zamorano. Honduras. El Zamorano.* 63 p.
- Quezada J. 2008. Respuesta de cultivo de tomate en sustrato de lana de roca a la oxigenación de la solución nutritiva. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Almería. España. 10 p.

- Santos, M. Sánchez, F. 2003. Densidades de población, arreglos de dosel y despunte en jitomate cultivado en hidroponía bajo invernadero. Rev. Fitotec. MX. 26(4): 257-263.
- Smadar 2014.Recomendaciones nutricionales para tomate en campo abierto, acolchado o túnel e invernadero. Haifa ploneering the future. P 9, 13,14,16.
- Smithers Oasis sf. Manual de Hidroponía. México. 12 p.
- Torres. A. 2017.Tomate en invernadero. (en línea). La cruz. Chile Consultado 31 mayo 2020 Disponible en <https://www.inia.cl/wpcontent/uploads/Pautasde Chequeo/12.%20Pauta% 20de %20chequeo%20Tomate%20Invernadero.pdf>
- Valverde, J. 1998. Fertilización del cultivo de papa. INIAP. (en línea). Quito, Ecuador. Consultado 13 mar. 2020. Disponible en <http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/.pdf>
- Vargas. S. 2014. “Evaluación de Cuatro Híbridos de Tomate con dos tipos de Poda de Conducción Cultivados bajo el Sistema Hidropónico”. Ingeniero Agrónomo. Guayaquil, Ecuador. Universidad de Guayaquil. p. 6,7, 11
- Zarate. M. 2014. Manual de Hidroponía. México. 19 p.

## 8. ANEXOS

Cuadro A-1. Composición del tomate (100 g).

| Componente                | Cantidad | Componente                         | Cantidad |
|---------------------------|----------|------------------------------------|----------|
| Agua %                    | 93.8     | Vit A (mcg)                        | 42       |
| Energía Kcal              | 21       | Ácidos grasos mono insaturados (g) | 0.05     |
| Proteína (g)              | 0.8      | Ácidos grasos poli insaturados(g)  | 0.14     |
| Grasa total (g)           | 0.3      | Ácidos grasos saturados(g)         | 0.05     |
| Carbohidratos (g)         | 4.6      | Colesterol (mg)                    | 0        |
| Fibra dietética total (g) | 1.2      | Potasio (mg)                       | 237      |
| Ceniza (g)                | 0.5      | Sodio (mg)                         | 5        |
| Calcio (mg)               | 7        | Zinc (mg)                          | 0.17     |
| Fósforo (mg)              | 24       | Magnesio (mg)                      | 20       |
| Hierro (mg)               | 0.6      | Vit B6 (mg)                        | 0.08     |
| Tiamina (mg)              | 0.06     | Vit B12 (mcg)                      | 0        |
| Riboflavina (mg)          | 0.05     | Ac fólico (mcg)                    | 0        |
| Niacina (mg)              | 0.7      | Folato (mcg)                       | 15       |
| vit C(mg)                 | 23       | fracción comestible (%)            | 0.98     |

Fuente: INCAP 2007.

Cuadro A-2. Cultivares de tomate de crecimiento determinado e indeterminado según su uso.

| COCINA            |                    | ENSALADA        |                      |
|-------------------|--------------------|-----------------|----------------------|
| VARIEDAD          | HIBRIDO            | VARIEDAD        | HIBRIDO              |
| *Butte (D)        | *Tolstoi (I)       | Daniella (I)    | Francesca (I)        |
| Cubano (D)        | *Sheriff (D)       | Tres cantos (I) | Alboran (I)          |
| Tara (D)          | *Gem Pride (D)     | Marglobe (I)    | Big Beef (I)         |
| Sevaco (I)        | Gem Star (D)       |                 |                      |
| Sta Cruz kada (I) | Trinity Pride (I)  |                 | Beverly (I)          |
| Rosita (D)        | Tequila F1 (I)     |                 | Heatmaster(D)        |
| *Roma (D)         | Boshara F1 (I)     |                 | Jenna (I)            |
| <b>HIBRIDO</b>    | Hibrido 61         |                 | Staccato (D)         |
| Toyoto F1(D)      | Pony Expres F1 (D) |                 | Halyana F1 (I)       |
| Suria F1 (D)      | Loreto F1 (I)      |                 | Amai (I)<br>(Cherry) |
| Maya F1 (D)       | *Elios F1 (D)      |                 |                      |
| Mónica F1 (D)     | Super Óptimo(I)    |                 |                      |
| Valerio (D)       | Villa (I)          |                 |                      |
| Charger (D)       |                    |                 |                      |

D = Crecimiento determinado, I = Crecimiento indeterminado. \*Cultivares para industrialización.

Fuente: Pérez 2018.

Cuadro A-3. Categorías de firmeza para tomates.

| <b>Categoría Firmeza (N) expresada como</b> | <b>fuerza a la compresión (5 mm)</b> |
|---|--------------------------------------|
| Muy firme                                   | 30 – 50                              |
| Firme                                       | 20 – 30                              |
| Moderadamente firme                         | 15 – 20                              |
| Moderadamente blando                        | 10 – 15                              |
| Blando                                      | 10                                   |

**Fuente:** CODEX 2013.

Cuadro A-4. Características físicas y químicas de la roca volcánica

| <b>Características físicas</b>          | <b>Valores</b> | <b>Características Químicas</b> | <b>Valores</b> |
|---|----------------|---------------------------------|----------------|
| Porosidad total (% vol.)                | 50-60          | pH                              | 8.4            |
| Densidad aparente (g/ cm <sup>3</sup> ) | 0.7-0.8        | Nitrógeno Nítrico               | 35 ppm         |
| Agua fácilmente asimilable (%)          | 4-5            | Fósforo                         | 104.45 ppm     |
| Agua de reserva (%)                     | Menor a 2.0    | Potasio                         | 38.75 ppm      |
| Agua difícilmente disponible (%)        | 5-7            | Calcio                          | 602.5 ppm      |
| Capacidad de retención de agua          | 10-15          | Magnesio                        | 70.0 ppm       |
| Porosidad ocluida (%)                   | 8-13           | Hierro                          | 31.5 ppm       |
| Capacidad de aireación (%)              | 30-40          | Manganeso                       | 23.75 ppm      |
|   |                | Zinc                            | 2.18 ppm       |
|   |                | Cobre                           | 1.0 ppm        |
|   |                | Boro                            | 0.41ppm        |
|   |                | Sodio                           | 60 ppm         |
|   |                | Azufre                          | 6.0ppm         |
|   |                | CIC (meq/100g)                  | 5              |
|   |                | Tampón                          | Bajo           |

**Fuente:** Mora 2012.



Cuadro A-5. Características físicas y químicas de la fibra de coco.

| <b>Características físicas</b>                   | <b>Valores</b> | <b>Características químicas</b> | <b>Valores</b>      |
|--|----------------|---------------------------------|---------------------|
| Índice de grosor (%)                             | 34             | pH                              | 5.6-6.9             |
| Densidad aparente (g/ cm <sup>3</sup> )          | 0.059          | Conductividad                   | 0.06-2.9 milisimens |
| Espacio poroso total (% vol.)                    | 96.1           | Nitrógeno.                      | 17 ppm              |
| Capacidad de aireación (% vol.)                  | 44.9           | Fósforo                         | 15 ppm              |
| Agua fácilmente disponible (% vol.)              | 19.9           | Potasio                         | 253 ppm             |
| Agua de reserva (%vol.)                          | 3.5            | Calcio                          | 70 ppm              |
| Capacidad de retención de agua.<br>(ml/sustrato) | 523            | Magnesio                        | 460 ppm             |
|  |                | Hierro                          | 25 ppm              |
|  |                | Manganeso                       | 1.1ppm              |
|  |                | Zinc                            | 0.7 ppm             |
|  |                | Cobre                           | 0.4 ppm             |
|  |                | Boro                            | 0.1 ppm             |
|  |                | Cloro                           | 26-1000ppm          |
|  |                | Aluminio                        | 1.0 ppm             |
|  |                | Lignina (%)                     | 60-70               |
|  |                | CiC (meq/100g)                  | 39-130              |

Fuente: Mora 2012

Cuadro A-6. Programa de riego y nutrición en el cultivo de tomate en hidroponía con base la fenología. CCAA-UES, 2022.

| Semanas               | Fases de la planta                        | Conductividad eléctrica (mS/cm) con base a la edad de la planta | N° de plantas | N° de riegos por día | Tiempo de riego (min) | Volumen por planta (ml) | Volumen por día (L) | Volumen por semana (L) | Volumen por etapa fenológica (L) |
|-----------------------|---|---|---------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|----------------------------------|
| 1                     | Fase Vegetativa                           | 1.5   | 150           | 3                    | 3                     | 100                     | 45                  | 315                    | <b>945</b>                       |
| 2                     |   | 1.75  | 150           | 3                    | 3                     | 100                     | 45                  | 315                    |                                  |
| 3                     |   | 2.00  | 150           | 3                    | 3                     | 100                     | 45                  | 315                    |                                  |
| 4                     |   | 2.25  | 150           | 3                    | 3                     | 100                     | 45                  | 315                    |                                  |
| 5                     | Fase Floración y 1° gajo de fruto formado | 2.50  | 150           | 3                    | 5                     | 167                     | 75                  | 525                    | <b>2,100</b>                     |
| 6                     |   | 2.50  | 150           | 3                    | 5                     | 167                     | 75                  | 525                    |                                  |
| 7                     |   | 2.50  | 150           | 3                    | 5                     | 167                     | 75                  | 525                    |                                  |
| 8                     |   | 2.50  | 150           | 3                    | 5                     | 167                     | 75                  | 525                    |                                  |
| 9                     |   | 2.50  | 150           | 3                    | 5                     | 167                     | 75                  | 525                    |                                  |
| 10                    | Fase Fructificación y cosecha             | 2.50  | 150           | 3                    | 7                     | 250                     | 105                 | 735                    | <b>8,820</b>                     |
| 11                    |   | 2.50  | 150           | 3                    | 7                     | 250                     | 105                 | 735                    |                                  |
| 12                    |   | 2.50  | 150           | 3                    | 7                     | 250                     | 105                 | 735                    |                                  |
| 13                    |   | 2.50  | 150           | 3                    | 7                     | 250                     | 105                 | 735                    |                                  |
| 14                    |   | 2.50  | 150           | 3                    | 7                     | 250                     | 105                 | 735                    |                                  |
| 15                    |   | 2.50  | 150           | 3                    | 7                     | 250                     | 105                 | 735                    |                                  |
| 16                    |   | 2.25  | 150           | 3                    | 7                     | 250                     | 105                 | 735                    |                                  |
| 17                    |   | 2.0   | 150           | 3                    | 7                     | 250                     | 105                 | 735                    |                                  |
| 18                    |   | 2.0   | 150           | 3                    | 7                     | 250                     | 105                 | 735                    |                                  |
| 19                    |   | 2.0   | 150           | 3                    | 7                     | 250                     | 105                 | 735                    |                                  |
| <b>Volumen total:</b> |   |   |               |                      |                       |                         |                     | <b>11,865 L</b>        |                                  |

Cuadro A-7. Requerimientos del cultivo de tomate en ppm con base a etapa fenológica.

| Elemento / Fenología              | N     | P    | K     | Ca  | Mg    | S  | Fe  | Mn   | CU   | Zn   | B   | Mo  |
|-----------------------------------|-------|------|-------|-----|-------|----|-----|------|------|------|-----|-----|
| <b>Vegetativa<sup>1</sup></b>     | 220   | 35   | 200   | 150 | 45    | 70 | 1.0 | 0.07 | 0.02 | 0.09 | 0.5 | 0.4 |
| <b>Floración<sup>2</sup></b>      | 170   | 50   | 200   | 150 | 45    | 70 | 1.0 | 0.07 | 0.02 | 0.09 | 0.5 | 0.4 |
| <b>Fructificación<sup>3</sup></b> | 150   | 35   | 250   | 150 | 45    | 70 | 1.0 | 0.07 | 0.02 | 0.09 | 0.5 | 0.4 |
| <b>Análisis/agua</b>              | 2.5   | 0.4  | 24.6  | 6   | 54.67 | 49 |     |      |      |      |     |     |
| <b>Aporte real<sup>1</sup></b>    | 217.5 | 34.6 | 175.4 | 144 | -9.67 | 21 | 1.0 | 0.07 | 0.02 | 0.09 | 0.5 | 0.4 |
| <b>Aporte real<sup>2</sup></b>    | 167.5 | 49.6 | 175.4 | 144 | -9.67 | 21 | 1.0 | 0.07 | 0.02 | 0.09 | 0.5 | 0.4 |
| <b>Aporte real<sup>3</sup></b>    | 147.5 | 49.6 | 225.4 | 144 | -9.67 | 21 | 1.0 | 0.07 | 0.02 | 0.09 | 0.5 | 0.4 |

Cuadro A-8. Fertilizantes hidrosolubles utilizados para elaborar soluciones nutritivas a partir de solución concentrada.

| Fertilizantes      | Formulación comercial   |
|--------------------|---|
| Nitrato de calcio  | 17%N + 33%CaO   |
| Nitrato de amonio  | 34.4%N  |
| Sulfato de potasio | 52%K <sub>2</sub> O+17%S  |
| Muriato de potasio | 62%K <sub>2</sub> O   |
| Ácido fosfórico    | 85%   |
| Micronutrientes    | MgO 1.2%, Boro 1.5%, Cobre 0.6% EDTA, Hierro 4.0% EDTA; Manganeso 3.0%EDTA, Molideno 0.05%, Zinc 4.0 %EDTA. |

Cuadro A-9. Cantidades de fertilizantes hidrosolubles con base a etapa fenológicas.

| Fertilizantes        | Etapas fenológicas |           |                          |
|----------------------|--------------------|-----------|--------------------------|
|                      | Vegetativa         | Floración | Fructificación y cosecha |
| <b>Tanque A</b>      |                    |           |                          |
| Nitrato de amonio    | 340g               | 189g      | 129g                     |
| Sulfato de potasio   | 138g               | 138g      | 138g                     |
| Muriato de potasio   | 140g               | 140g      | 240g                     |
| <b>Tanque B</b>      |                    |           |                          |
| Micronutrientes      | 25g                | 25g       | 25g                      |
| <b>Tanque C</b>      |                    |           |                          |
| Nitrato de calcio    | 680g               | 680g      | 680g                     |
| <b>Tanque D</b>      |                    |           |                          |
| Ácidos fosfórico 85% | 76 ml              | 109 ml    | 76 l                     |

Cuadro A-10. Agroquímicos utilizados para la prevención y control de plagas y enfermedades que se presentaron en el cultivo de tomate.

| Tipo de plagas y enfermedades | Ubicación        | Producto  | Dosis y aplicación                      |
|-------------------------------|------------------|---|---|
| Deficiencia de nitrógeno      | Follaje          | Nitrato de calcio<br>Nitrato de amonio  | 5ml /L<br>2 veces al Día                |
|                               |                  | Micronutrientes   | 2ml/ L<br>2 veces al Día                |
| Deficiencia de calcio         | Fruto            | Nitrato de calcio   | 5ml /L<br>2 veces al Día                |
| Plaga                         | Fruto            | Insecticida   | 10 ml/galón preventivo cada 8 a 15 días |
| Plaga y enfermedades          | Forma preventiva | Insecticida – neonicotinoide, piretroide thiacloprid, beta-cyfluthrin<br>Fungicida – carbamato,benzamidepropamocarb, fluopicolide<br>Foliveex fertilizante foliar | 10 ml/galón preventivo cada 8 a 15 días |

Cuadro A-11. Datos Promedios registrados de temperatura y humedad relativa del invernadero.

| <b>Mes</b> | <b>Semana</b> | <b>Temperaturas<br/>°C</b> | <b>Humedad Relativa<br/>%</b> |
|------------|---------------|----------------------------|-------------------------------|
| Enero      | 1             | 28.05                      | 49.10                         |
| Febrero    | 2             | 27.23                      | 50.14                         |
| Febrero    | 3             | 28.67                      | 56.18                         |
| Febrero    | 4             | 27.37                      | 58.14                         |
| Febrero    | 5             | 29.63                      | 50.30                         |
| Marzo      | 6             | 29.00                      | 47.90                         |
| Marzo      | 7             | 28.33                      | 49.11                         |
| Marzo      | 8             | 28.30                      | 51.60                         |
| Marzo      | 9             | 28.33                      | 52.18                         |
| Abril      | 10            | 30.53                      | 58.72                         |
| Abril      | 11            | 27.79                      | 58.80                         |
| Abril      | 12            | 30.89                      | 58.71                         |
| Abril      | 13            | 30.07                      | 57.26                         |
| Abril      | 14            | 29.29                      | 58.48                         |
| Mayo       | 15            | 28.11                      | 64.34                         |
| Mayo       | 16            | 29.92                      | 58.74                         |
| Mayo       | 17            | 29.48                      | 61.37                         |
| Mayo       | 18            | 29.74                      | 59.56                         |
| Junio      | 19            | 29.10                      | 62.61                         |

Cuadro A-12. Altura de la planta base con las etapas fenológicas en la variedad Domi.

| <b>Etapas</b>                 | <b>DDT</b> | <b>Altura (cm)</b> |                  |                |
|-------------------------------|------------|--------------------|------------------|----------------|
|                               |            | <b>Acumulada</b>   | <b>Por etapa</b> | <b>Por día</b> |
| <b>Plántula</b>               | 1          | 8.97               | 8.97             | 0.43           |
| <b>Crecimiento vegetativo</b> | 18         | 24.90              | 15.93            | 0.94           |
| <b>Floración</b>              | 25         | 41.33              | 16.43            | 2.35           |
| <b>Fructificación</b>         | 59         | 84.62              | 43.29            | 1.27           |
| <b>Cosecha</b>                | 150        | 106.63             | 22.01            | 0.24           |

Cuadro A-13. Altura de la planta base con las etapas fenológicas en la variedad Dodel.

| Etapa                  | DDT | Altura (cm) |           |         |
|------------------------|-----|-------------|-----------|---------|
|                        |     | Acumulad    | Por etapa | Por día |
| Plántula               | 1   | 8.93        | 8.93      | 0.43    |
| Crecimiento vegetativo | 18  | 24.83       | 15.90     | 0.94    |
| Floración              | 25  | 43.30       | 18.47     | 2.64    |
| Fructificación         | 59  | 93.15       | 49.85     | 1.47    |
| Cosecha                | 150 | 114.1       | 20.95     | 0.23    |

Cuadro A-14. Altura de la planta en base con las etapas fenológicas en la variedad Decia.

| Etapa                  | DDT | Altura (cm) |           |         |
|------------------------|-----|-------------|-----------|---------|
|                        |     | Acumulad    | Por etapa | Por día |
| Plántula               | 1   | 9.95        | 9.95      | 0.47    |
| Crecimiento vegetativo | 18  | 28.27       | 18.32     | 1.08    |
| Floración              | 25  | 47.10       | 18.83     | 2.69    |
| Fructificación         | 59  | 91.20       | 44.10     | 1.30    |
| Cosecha                | 150 | 112.07      | 20.87     | 0.23    |

Cuadro A-15. Altura de la planta en base con las etapas fenológicas en la variedad Magine

| Etapa                  | DDT | Altura (cm) |           |         |
|------------------------|-----|-------------|-----------|---------|
|                        |     | Acumulad    | Por etapa | Por día |
| Plántula               | 1   | 7.76        | 7.76      | 0.37    |
| Crecimiento vegetativo | 18  | 34.17       | 26.41     | 1.55    |
| Floración              | 25  | 44.33       | 10.16     | 1.45    |
| Fructificación         | 59  | 95.79       | 51.46     | 1.51    |
| Cosecha                | 150 | 120.81      | 25.02     | 0.27    |

Cuadro A-16. Altura de la planta en base con las etapas fenológicas en la variedad Carrucha.

| Etapa                  | DDT | Altura (cm) |           |         |
|------------------------|-----|-------------|-----------|---------|
|                        |     | Acumulad    | Por etapa | Por día |
| Plántula               | 1   | 8.33        | 8.33      | 0.40    |
| Crecimiento vegetativo | 18  | 30.27       | 21.94     | 1.30    |
| Floración              | 25  | 37.97       | 7.7       | 1.10    |
| Fructificación         | 59  | 82.11       | 44.14     | 1.30    |
| Cosecha                | 150 | 104.33      | 22.22     | 0.24    |

Cuadro A-17. Resumen en la variable Diámetro del tallo.

| Variedades | Podas | variable           | N° | Media | D.E  | E.E  | CV    | Min  | Máx  |
|------------|-------|--------------------|----|-------|------|------|-------|------|------|
| V1         | P0    | Diámetro del tallo | 5  | 5.21  | 0.90 | 0.40 | 17.21 | 3.92 | 6.29 |
| V1         | P1    | Diámetro del tallo | 5  | 6.88  | 1.13 | 0.51 | 16.48 | 5.46 | 8.37 |
| V1         | P2    | Diámetro del tallo | 5  | 5.96  | 0.84 | 0.37 | 14.06 | 4.57 | 6.68 |
| V2         | P0    | Diámetro del tallo | 5  | 5.49  | 1.11 | 0.50 | 20.19 | 4.01 | 6.65 |
| V2         | P1    | Diámetro del tallo | 5  | 5.96  | 1.65 | 0.74 | 27.62 | 3.34 | 7.67 |
| V2         | P2    | Diámetro del tallo | 5  | 5.25  | 0.79 | 0.35 | 14.98 | 4.52 | 6.46 |
| V3         | P0    | Diámetro del tallo | 5  | 4.80  | 0.98 | 0.44 | 20.40 | 3.53 | 5.88 |
| V3         | P1    | Diámetro del tallo | 5  | 6.27  | 1.07 | 0.48 | 17.03 | 4.67 | 7.25 |
| V3         | P2    | Diámetro del tallo | 5  | 5.83  | 1.15 | 0.51 | 19.67 | 4.70 | 7.31 |
| V4         | P0    | Diámetro del tallo | 5  | 5.32  | 1.26 | 0.56 | 23.65 | 4.10 | 7.31 |
| V4         | P1    | Diámetro del tallo | 5  | 6.55  | 1.37 | 0.61 | 20.67 | 5.07 | 8.63 |
| V4         | P2    | Diámetro del tallo | 5  | 5.83  | 0.68 | 0.30 | 11.65 | 4.94 | 6.72 |
| V5         | P0    | Diámetro del tallo | 5  | 5.27  | 0.91 | 0.41 | 17.26 | 4.04 | 6.46 |
| V5         | P1    | Diámetro del tallo | 5  | 5.79  | 1.75 | 0.78 | 30.16 | 4.18 | 8.69 |
| V5         | P2    | Diámetro del tallo | 5  | 6.54  | 1.60 | 0.72 | 24.48 | 4.83 | 8.56 |

Cuadro A-18. Número del fruto por planta.

| <b>Tratamientos</b>                 | <b>B1</b> | <b>B2</b> | <b>B3</b> | <b>B4</b> | <b>B5</b> | <b>suma</b> | <b>promedio</b> |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------------|
| T1 Domi<br>(poda con un eje)        | 19        | 26        | 21        | 14        | 13        | 93          | 18.6            |
| T2 Dodel<br>(poda con un eje)       | 26        | 19        | 21        | 19        | 16        | 101         | 20.2            |
| T3 Decia<br>(poda con un eje)       | 19        | 30        | 17        | 33        | 17        | 116         | 23.2            |
| T4 Magine<br>(poda con un eje)      | 41        | 12        | 8         | 13        | 31        | 105         | 21              |
| T5 Carrucha<br>(poda con un eje)    | 24        | 23        | 38        | 18        | 31        | 134         | 26.8            |
| T6 Domi<br>(poda con dos ejes)      | 31        | 38        | 42        | 36        | 41        | 188         | 37.6            |
| T7 Dodel<br>(poda con dos ejes)     | 31        | 18        | 18        | 22        | 19        | 108         | 21.6            |
| T8 Decia<br>(poda con dos ejes)     | 25        | 33        | 44        | 41        | 28        | 171         | 34.2            |
| T9 Magine<br>(poda con dos ejes)    | 29        | 26        | 33        | 26        | 43        | 157         | 31.4            |
| T10 Carrucha<br>(poda con dos ejes) | 44        | 25        | 25        | 31        | 45        | 170         | 34              |
| T11 Domi<br>(testigo)               | 36        | 26        | 32        | 32        | 39        | 165         | 33              |
| T12 Dodel<br>(testigo)              | 23        | 31        | 25        | 22        | 23        | 124         | 24.8            |
| T13 Decia<br>(testigo)              | 35        | 38        | 30        | 29        | 43        | 175         | 35              |
| T14 Magine<br>(testigo)             | 33        | 27        | 31        | 31        | 45        | 167         | 33.4            |
| T15 Carrucha<br>(testigo)           | 27        | 36        | 38        | 49        | 46        | 196         | 39.2            |
| Suma                                | 443       | 408       | 423       | 416       | 480       | 2170        | 434             |
| Promedio                            | 29.53     | 27.2      | 28.2      | 27.73     | 32        | 144.66      | 28.93           |



Cuadro A-19. Resume en la variable Número del fruto.

| Variedades | Podas | Variable         | Nº | Media | D.E   | E.E  | CV    | Min   | Máx   |
|------------|-------|------------------|----|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| V1         | P0    | Número del fruto | 5  | 33.00 | 4.90  | 2.19 | 14.85 | 26.00 | 39.00 |
| V1         | P1    | Número del fruto | 5  | 18.60 | 5.32  | 2.38 | 28.60 | 13.00 | 26.00 |
| V1         | P2    | Número del fruto | 5  | 37.60 | 4.39  | 1.96 | 11.68 | 31.00 | 42.00 |
| V2         | P0    | Número del fruto | 5  | 24.80 | 3.63  | 1.62 | 14.65 | 22.00 | 31.00 |
| V2         | P1    | Número del fruto | 5  | 20.20 | 3.70  | 1.66 | 18.32 | 16.00 | 26.00 |
| V2         | P2    | Número del fruto | 5  | 21.60 | 5.50  | 2.46 | 25.48 | 18.00 | 31.00 |
| V3         | P0    | Número del fruto | 5  | 35.00 | 5.79  | 2.59 | 16.54 | 29.00 | 43.00 |
| V3         | P1    | Número del fruto | 5  | 23.20 | 7.69  | 3.44 | 33.16 | 17.00 | 33.00 |
| V3         | P2    | Número del fruto | 5  | 34.80 | 7.40  | 3.31 | 21.25 | 28.00 | 44.00 |
| V4         | P0    | Número del fruto | 5  | 33.40 | 6.84  | 3.06 | 20.48 | 27.00 | 45.00 |
| V4         | P1    | Número del fruto | 5  | 21.00 | 14.27 | 6.38 | 67.93 | 8.00  | 41.00 |
| V4         | P2    | Número del fruto | 5  | 31.40 | 7.09  | 3.17 | 22.59 | 26.00 | 43.00 |
| V5         | P0    | Número del fruto | 5  | 39.20 | 8.20  | 3.89 | 22.20 | 27.00 | 49.00 |
| V5         | P1    | Número del fruto | 5  | 26.80 | 7.79  | 3.48 | 29.07 | 18.00 | 38.00 |
| V5         | P2    | Número del fruto | 5  | 34.00 | 9.90  | 4.43 | 29.12 | 25.00 | 45.00 |

Cuadro A-20. Peso del fruto (g).

| <b>Tratamientos</b>                 | <b>B1</b>   | <b>B2</b>   | <b>B3</b>   | <b>B4</b>   | <b>B5</b>   | <b>Suma</b> | <b>Promedio</b> |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| T1 Domi<br>(poda con un eje)        | 89.45       | 71.06       | 81.91       | 85.04       | 94.27       | 421.73      | 84.35           |
| T2 Dodel<br>(poda con un eje)       | 110.08      | 106.92      | 88.57       | 124.92      | 121.63      | 552.12      | 110.42          |
| T3 Decia<br>(poda con un eje)       | 94.63       | 81.12       | 80.88       | 77.48       | 79.18       | 413.29      | 82.66           |
| T4 Magine<br>(poda con un eje)      | 69.3        | 99.17       | 92.94       | 90.15       | 63.94       | 415.5       | 83.10           |
| T5 Carrucha<br>(poda con un eje)    | 79.8        | 70.54       | 66.03       | 73.80       | 67.05       | 357.22      | 71.44           |
| T6 Domi<br>(poda con dos ejes)      | 74.77       | 69.78       | 74.10       | 69.36       | 66.27       | 354.28      | 70.86           |
| T7 Dodel<br>(poda con dos ejes)     | 79.48       | 145.78      | 130.83      | 122.52      | 121.47      | 600.08      | 120.02          |
| T8 Decia<br>(poda con dos ejes)     | 82.88       | 65.27       | 67.64       | 78.35       | 76.86       | 371         | 74.2            |
| T9 Magine<br>(poda con dos ejes)    | 72.31       | 76.06       | 72.77       | 80.29       | 70.30       | 371.73      | 74.35           |
| T10 Carrucha<br>(poda con dos ejes) | 71.02       | 66.58       | 69.10       | 68.26       | 60.37       | 335.33      | 67.07           |
| T11 Domi<br>(testigo)               | 74.26       | 64.79       | 65.52       | 66.42       | 66.66       | 337.65      | 67.53           |
| T12 Dodel<br>(testigo)              | 103         | 74.47       | 112.04      | 118.55      | 105.24      | 513.3       | 102.66          |
| T13 Decia<br>(testigo)              | 72.8        | 74.30       | 65.47       | 65.14       | 63.28       | 340.99      | 68.20           |
| T14 Magine<br>(testigo)             | 68.98       | 69.00       | 71.4        | 61.94       | 60.79       | 332.11      | 66.42           |
| T15 Carrucha<br>(testigo)           | 62.60       | 54.70       | 57.96       | 66.91       | 63.18       | 305.35      | 61.07           |
| Suma                                | 1205.3<br>6 | 1189.5<br>4 | 1197.1<br>6 | 1249.1<br>3 | 1180.4<br>9 | 6021.6<br>8 | 1204.34         |
| Promedio                            | 80.36       | 79.30       | 79.81       | 83.28       | 78.70       | 401.45      | 80.29           |

Cuadro A-21. Resume en la variable Peso del fruto.

| <b>Variedades</b> | <b>Podas</b> | <b>variable</b> | <b>N°</b> | <b>Media</b> | <b>D.E</b> | <b>E.E</b> | <b>CV</b> | <b>Min</b> | <b>Máx</b> |
|-------------------|--------------|-----------------|-----------|--------------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| V1                | P0           | Peso del fruto  | 5         | 67.53        | 3.84       | 1.72       | 5.68      | 64.79      | 74.26      |
| V1                | P1           | Peso del fruto  | 5         | 84.35        | 8.77       | 3.92       | 10.39     | 71.06      | 94.27      |
| V1                | P2           | Peso del fruto  | 5         | 70.86        | 3.55       | 1.59       | 5.00      | 66.27      | 74.77      |
| V2                | P0           | Peso del fruto  | 5         | 102.66       | 16.90      | 7.56       | 16.46     | 74.47      | 118.55     |
| V2                | P1           | Peso del fruto  | 5         | 110.42       | 14.37      | 6.43       | 13.01     | 88.57      | 124.92     |
| V2                | P2           | Peso del fruto  | 5         | 120.02       | 24.66      | 11.03      | 20.55     | 79.48      | 145.78     |
| V3                | P0           | Peso del fruto  | 5         | 68.20        | 4.98       | 2.23       | 7.31      | 63.28      | 99.17      |
| V3                | P1           | Peso del fruto  | 5         | 82.66        | 6.85       | 3.06       | 8.29      | 77.48      | 94.63      |
| V3                | P2           | Peso del fruto  | 5         | 74.20        | 7.46       | 3.33       | 10.05     | 65.27      | 82.88      |
| V4                | P0           | Peso del fruto  | 5         | 66.42        | 4.74       | 2.12       | 7.13      | 60.79      | 71.40      |
| V4                | P1           | Peso del fruto  | 5         | 83.10        | 15.51      | 6.94       | 18.67     | 63.94      | 99.17      |
| V4                | P2           | Peso del fruto  | 5         | 74.35        | 3.91       | 1.75       | 5.26      | 70.30      | 80.29      |
| V5                | P0           | Peso del fruto  | 5         | 61.07        | 4.77       | 2.13       | 7.82      | 54.70      | 66.91      |
| V5                | P1           | Peso del fruto  | 5         | 71.44        | 5.59       | 2.50       | 7.82      | 66.03      | 79.80      |
| V5                | P2           | Peso del fruto  | 5         | 67.11        | 4.07       | 1.82       | 6.06      | 60.37      | 71.02      |

Cuadro A-22. Diámetro del fruto por planta (mm).

| <b>Tratamientos</b>                 | <b>B1</b> | <b>B2</b> | <b>B3</b> | <b>B4</b> | <b>B5</b> | <b>Suma</b> | <b>Promedio</b> |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------------|
| T1 Domi<br>(poda con un eje)        | 54.36     | 51.4      | 52.85     | 53.35     | 56.02     | 267.98      | 53.60           |
| T2 Dodel<br>(poda con un eje)       | 57.63     | 55.05     | 51.78     | 52.71     | 56.85     | 274.02      | 54.80           |
| T3 Decia<br>(poda con un eje)       | 55.95     | 52.63     | 53.14     | 49.75     | 53.02     | 264.49      | 52.90           |
| T4 Magine<br>(poda con un eje)      | 50.5      | 57.85     | 54.67     | 55.62     | 47.66     | 266.30      | 53.26           |
| T5 Carrucha<br>(poda con un eje)    | 52.67     | 51.76     | 48.25     | 50.05     | 48.78     | 251.51      | 50.30           |
| T6 Domi<br>(poda con dos ejes)      | 50.78     | 50.35     | 50.80     | 48.17     | 47.78     | 247.88      | 49.58           |
| T7 Dodel<br>(poda con dos ejes)     | 48.6      | 63.80     | 60.64     | 59.51     | 58.39     | 290.94      | 58.19           |
| T8 Decia<br>(poda con dos ejes)     | 54.54     | 49.19     | 50.11     | 51.78     | 51.94     | 257.56      | 51.51           |
| T9 Magine<br>(poda con dos ejes)    | 50.67     | 52.36     | 51.68     | 51.11     | 47.19     | 253.01      | 50.60           |
| T10 Carrucha<br>(poda con dos ejes) | 50.26     | 49.91     | 49.28     | 50.23     | 48.45     | 248.13      | 49.63           |
| T11 Domi<br>(testigo)               | 50.83     | 48.33     | 48.96     | 48.58     | 47.13     | 243.83      | 48.77           |
| T12 Dodel<br>(testigo)              | 55.04     | 50.38     | 58.06     | 55.18     | 52.77     | 271.43      | 54.29           |
| T13 Decia<br>(testigo)              | 50.92     | 41.07     | 48.72     | 48.35     | 40.62     | 229.68      | 45.94           |
| T14 Magine<br>(testigo)             | 50.83     | 51.20     | 50.83     | 47.84     | 47.09     | 247.79      | 49.56           |
| T15 Carrucha<br>(testigo)           | 47.96     | 47.59     | 44.76     | 50.54     | 46.41     | 237.26      | 47.45           |
| Suma                                | 781.54    | 772.87    | 774.53    | 772.77    | 750.1     | 3851.81     | 770.36          |
| Promedio                            | 52.10     | 51.52     | 51.64     | 51.52     | 50.01     | 256.79      | 51.36           |

Cuadro A-23. Resume en la variable Diámetro del fruto.

| Variedades | Podas | variable           | N° | Media | D.E  | E.E  | CV    | Min   | Máx   |
|------------|-------|--------------------|----|-------|------|------|-------|-------|-------|
| V1         | P0    | Diámetro del fruto | 5  | 48.77 | 1.34 | 0.60 | 2.75  | 47.13 | 50.83 |
| V1         | P1    | Diámetro del fruto | 5  | 53.60 | 1.72 | 0.77 | 3.22  | 51.40 | 56.02 |
| V1         | P2    | Diámetro del fruto | 5  | 49.58 | 1.48 | 0.66 | 2.98  | 47.78 | 50.80 |
| V2         | P0    | Diámetro del fruto | 5  | 54.29 | 2.88 | 1.29 | 5.30  | 50.38 | 58.06 |
| V2         | P1    | Diámetro del fruto | 5  | 54.80 | 2.54 | 1.13 | 4.63  | 51.78 | 57.63 |
| V2         | P2    | Diámetro del fruto | 5  | 58.19 | 5.73 | 2.56 | 9.84  | 48.60 | 63.80 |
| V3         | P0    | Diámetro del fruto | 5  | 45.94 | 4.75 | 2.13 | 10.35 | 40.62 | 50.92 |
| V3         | P1    | Diámetro del fruto | 5  | 52.90 | 2.20 | 0.98 | 4.16  | 49.75 | 55.95 |
| V3         | P2    | Diámetro del fruto | 5  | 51.51 | 2.05 | 0.92 | 3.98  | 49.19 | 54.54 |
| V4         | P0    | Diámetro del fruto | 5  | 49.56 | 1.93 | 0.87 | 3.90  | 47.09 | 51.20 |
| V4         | P1    | Diámetro del fruto | 5  | 53.26 | 4.11 | 1.84 | 7.72  | 47.66 | 57.85 |
| V4         | P2    | Diámetro del fruto | 5  | 50.60 | 2.01 | 0.90 | 3.97  | 47.19 | 52.36 |
| V5         | P0    | Diámetro del fruto | 5  | 47.45 | 2.13 | 0.95 | 4.49  | 44.76 | 50.54 |
| V5         | P1    | Diámetro del fruto | 5  | 50.30 | 1.89 | 0.85 | 3.76  | 48.25 | 52.67 |
| V5         | P2    | Diámetro del fruto | 5  | 49.63 | 0.77 | 0.34 | 1.54  | 48.45 | 50.26 |

Cuadro A-24. Variables estadísticamente sobre la morfológicas y rendimiento.

| Fuente de variación | Variable                 | p- valor | Significancia    | CV %  |
|---------------------|--------------------------|----------|------------------|-------|
| Variedades          | Altura de la bifurcación | 0.0003   | Significancia**  | 11.22 |
| Podas               |                          | 0.4248   | No significancia |       |
| Variedades*Podas    |                          | 0.6240   |                  |       |
| Variedades          | Número de hojas          | 0.1155   | No Significativa | 9.68  |
| Podas               |                          | 0.2477   |                  |       |
| Variedades*Podas    |                          | <0.0001  | Significancia**  |       |
| Variedades          | Diámetro del tallo (mm)  | 0.6028   | No significativa | 15.19 |
| Podas               |                          | 0.0003   | Significancia**  |       |
| Variedades*Podas    |                          | 0.3376   | No significancia |       |
| Variedades          | Número de fruto          | 0.0020   | Significancia*   | 25.34 |
| Podas               |                          | <0.0001  | Significancia**  |       |
| Variedades*Podas    |                          | 0.3949   | No significancia |       |
| Variedades          | Peso del fruto (g)       | <0.0001  | Significancia**  | 13.45 |
| Podas               |                          | 0.0003   |                  |       |
| Variedades*Podas    |                          | 0.5387   | No significancia |       |
| Variedades          | Diámetro del fruto (mm)  | <0.0001  | Significancia**  | 5.46  |
| Podas               |                          | <0.0001  |                  |       |
| Variedades*Podas    |                          | 0.0843   | No significancia |       |

Cuadro A-25. Análisis de varianza para la variable altura de la bifurcación por planta.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F calculada | Valor de probabilidad |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------|-----------------------|
| Modelo              | 565.24            | 13                 | 43.48            | 2.89        | 0.0059                |
| <b>Variedades</b>   | <b>414.80</b>     | <b>4</b>           | <b>103.70</b>    | <b>6.90</b> | <b>0.0003</b>         |
| Podas               | 9.79              | 1                  | 9.79             | 0.65        | 0.4248                |
| Variedades*podas    | 39.64             | 4                  | 9.91             | 0.66        | 0.6240                |
| Bloques             | 101.02            | 4                  | 25.25            | 1.68        | 0.1757                |
| Error               | 540.75            | 36                 | 15.02            |             |                       |
| Total               | 1106.00           | 49                 |                  |             |                       |

Cuadro A-26. Prueba de Tukey en la variable Altura de la bifurcación en variedades de tomate.

| Variedad      | Medidas | Número de valores | Error experimental |
|---------------|---------|-------------------|--------------------|
| V5 (Carrucha) | 29.98   | 10                | 1.23 A             |
| V1 (Domi)     | 33.10   | 10                | 1.23 A B           |
| V3 (Decía)    | 35.29   | 10                | 1.23 B C           |
| V4 (Magine)   | 35.78   | 10                | 1.23 B C           |
| V2 (Dodel)    | 38.60   | 10                | 1.23 C             |

Cuadro A-27. Análisis de varianza para la variable número de hojas.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F calculada | Valor de probabilidad |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------|-----------------------|
| Modelo              | 60.19             | 18                 | 3.34             | 5.30        | < 0.0001              |
| Variedades          | 4.91              | 4                  | 1.23             | 1.95        | 0.1155                |
| Podas               | 1.81              | 2                  | 0.90             | 1.43        | 0.2477                |
| Variedades*podas    | 45.63             | 8                  | 5.70             | 9.03        | < 0.0001              |
| Bloques             | 7.85              | 4                  | 1.96             | 3.11        | 0.0222                |
| Error               | 35.35             | 56                 | 0.63             |             |                       |
| Total               | 95.55             | 74                 |                  |             |                       |

Cuadro A-28. Prueba de Tukey interacción de las variedades con tipos podas en la variable número de hojas.

| Variedades    | Podas                | Medias | Número de valores | Error experimental |
|---------------|----------------------|--------|-------------------|--------------------|
| V3 (Decia)    | P1 (poda testigo)    | 6.78   | 5                 | 0.29 A             |
| V5 (Carrucha) | P1 (poda a dos ejes) | 7.08   | 5                 | 0.29 A B           |
| V4 (Magine)   | P1 (poda a un eje)   | 7.26   | 5                 | 0.29 A B C         |
| V2 (Dodel)    | P1 (poda a dos ejes) | 7.28   | 5                 | 0.29 A B C         |
| V1 (Domi)     | P1 (Poda a un eje)   | 7.39   | 5                 | 0.29 A B C D       |
| V5 (Carrucha) | P2 (poda testigo)    | 8.38   | 5                 | 0.29 A B C D       |
| V1 (Domi)     | P2 (poda testigo)    | 8.41   | 5                 | 0.29 A B C D       |
| V2 (Dodel)    | P2 (poda a un eje)   | 8.46   | 5                 | 0.29 A B C D       |
| V4 (Magine)   | P2 (poda testigo)    | 8.58   | 5                 | 0.29 A B C D       |
| V3 (Decia)    | P2 (poda a un eje)   | 8.76   | 5                 | 0.29 A B C D       |
| V4 (Magine)   | P0 (poda a dos ejes) | 8.78   | 5                 | 0.29 A B C D       |
| V1 (Domi)     | P0 (poda a dos ejes) | 8.81   | 5                 | 0.29 A B C D       |
| V2 (Dodel)    | P0 (poda testigo)    | 8.88   | 5                 | 0.29 A B C D       |
| V3 (Decia)    | P0 (poda a dos ejes) | 9.08   | 5                 | 0.29 C D           |
| V5 (Carrucha) | P0 (poda a un eje)   | 9.16   | 5                 | 0.29 D             |

Cuadro A-29. Análisis de varianza en la variable diámetro del tallo.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F calculada | Valor de probabilidad |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------|-----------------------|
| Modelo              | 65.11             | 18                 | 3.62             | 4.67        | < 0.0001              |
| Variedades          | 2.14              | 4                  | 0.53             | 0.69        | 0.6028                |
| Podas               | 14.68             | 2                  | 7.34             | 9.47        | 0.0003**              |
| Variedades*podas    | 7.21              | 8                  | 0.90             | 1.16        | 0.3376                |
| Bloques             | 41.08             | 4                  | 10.27            | 13.25       | < 0.0001              |
| Error               | 43.40             | 56                 | 0.78             |             |                       |
| Total               | 108.51            | 74                 |                  |             |                       |

Cuadro A-30. Prueba de Tukey en la variable diámetro del tallo en los tipos de podas.

| <b>Podas</b>         | <b>Medias</b> | <b>Número de valores</b> | <b>Error experimental</b> |
|----------------------|---------------|--------------------------|---------------------------|
| P0 (testigo)         | 5.22          | 25                       | 0.23 A                    |
| P2 (poda a dos ejes) | 5.88          | 25                       | 0.23 A B                  |
| P1 (poda a un eje)   | 6.29          | 25                       | 0.23 B                    |

Cuadro A-31. Análisis de varianza para la variable número de fruto por planta.

| <b>Fuente de variación</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F calculada</b> | <b>Valor de probabilidad</b> |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|------------------------------|
| Modelo                     | 3596.43                  | 18                        | 199.80                  | 3.71               | < 0.0001                     |
| <b>Variedades</b>          | <b>1045.68</b>           | <b>4</b>                  | <b>261.42</b>           | <b>4.85</b>        | <b>0.0020</b>                |
| <b>Podas</b>               | <b>1862.51</b>           | <b>2</b>                  | <b>931.25</b>           | <b>17.27</b>       | <b>&lt; 0.0001</b>           |
| Variedades*podas           | 462.96                   | 8                         | 57.87                   | 1.07               | 0.3949                       |
| Bloques                    | 225.28                   | 4                         | 56.32                   | 1.04               | 0.3926                       |
| Error                      | 3019.52                  | 56                        | 53.92                   |                    |                              |
| Total                      | 6615.95                  | 74                        |                         |                    |                              |

Cuadro A-32. Prueba de Tukey en la variable número de frutos en variedades de tomate.

| <b>Variedad</b> | <b>Medidas</b> | <b>Número de valores</b> | <b>Error experimental</b> |
|-----------------|----------------|--------------------------|---------------------------|
| V2 (Dodel)      | 22.20          | 15                       | 1.90 A                    |
| V4 (Magine)     | 28.60          | 15                       | 1.90 A B                  |
| V1 (Domi)       | 29.73          | 15                       | 1.90 A B                  |
| V3 (Decía)      | 31.00          | 15                       | 1.90 B                    |
| V5 (Carrucha)   | 33.33          | 15                       | 1.90 B                    |

Cuadro A-33. Prueba de Tukey en la variable número de frutos en tipos de podas.

| <b>Podas</b>         | <b>Medidas</b> | <b>Número de valores</b> | <b>Error experimental</b> |
|----------------------|----------------|--------------------------|---------------------------|
| P1 (poda a un eje)   | 21.96          | 25                       | 1.47 A                    |
| P2 (Poda a dos ejes) | 31.88          | 25                       | 1.47 B                    |
| P0 (testigo)         | 33.08          | 25                       | 1.47 B                    |

Cuadro A-34 Medidas resumen de la variable peso de fruto por planta

| <b>Fuente de variación</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F calculada</b> | <b>Valor de probabilidad</b> |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|------------------------------|
| Modelo                     | 21693.57                 | 18                        | 1205.20                 | 10.33              | < 0.0001                     |
| <b>Variedades</b>          | <b>18460.12</b>          | <b>4</b>                  | <b>4615.03</b>          | <b>39.56</b>       | <b>&lt; 0.0001</b>           |
| <b>Podas</b>               | <b>2222.56</b>           | <b>2</b>                  | <b>1111.28</b>          | <b>9.53</b>        | <b>0.0003</b>                |
| Variedades*podas           | 821.50                   | 8                         | 102.69                  | 0.88               | 0.5387                       |
| Bloques                    | 189.38                   | 4                         | 47.35                   | 0.41               | 0.8036                       |
| Error                      | 6532.10                  | 56                        | 116.64                  |                    |                              |
| Total                      | 28225.67                 | 74                        |                         |                    |                              |



Cuadro A-35. Prueba de Tukey en la variable peso del fruto en variedades de tomate.

| Variedad      | Medidas | Número de valores | Error experimental |
|---------------|---------|-------------------|--------------------|
| V5 (Carrucha) | 66.54   | 15                | 2.79 A             |
| V1 (Domi)     | 74.24   | 15                | 2.79 A             |
| V4 (Magine)   | 74.62   | 15                | 2.79 A             |
| V3 (Decía)    | 75.02   | 15                | 2.79 A             |
| V2 (Dodel)    | 111.03  | 15                | 2.79 B             |

Cuadro A-36. Prueba de Tukey en la variable peso del fruto en tipos de podas

| Podas                | Medidas | Número de valores | Error experimental |
|----------------------|---------|-------------------|--------------------|
| P0 (testigo)         | 73.18   | 25                | 2.16 A             |
| P2 (poda a dos ejes) | 81.30   | 25                | 2.16 B             |
| P1 (poda a un eje)   | 86.39   | 25                | 2.16 B             |

Cuadro A-37. Análisis de varianza para la variable diámetro de fruto del cultivo de tomate.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F calculada | Valor de probabilidad |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------|-----------------------|
| Modelo              | 740.63            | 18                 | 41.15            | 5.23        | < 0.0001              |
| Variedades          | 396.74            | 4                  | 99.18            | 12.61       | < 0.0001              |
| Podas               | 188.96            | 2                  | 94.48            | 12.01       | < 0.0001              |
| Variedades*podas    | 117.27            | 8                  | 14.66            | 1.86        | 0.0843                |
| Bloques             | 37.66             | 4                  | 9.42             | 1.20        | 0.3222                |
| Error               | 440.40            | 56                 | 7.86             |             |                       |
| Total               | 1181.03           | 74                 |                  |             |                       |

Cuadro A-38. Prueba de Tukey en la variable diámetro del fruto en variedades de tomate.

| Variedad      | Medidas | Número de valores | Error experimental |
|---------------|---------|-------------------|--------------------|
| V5 (Carrucha) | 49.13   | 15                | 0.72 A             |
| V3 (Decía)    | 50.12   | 15                | 0.72 A             |
| V1 (Domi)     | 50.65   | 15                | 0.72 A             |
| V4 (Magine)   | 51.14   | 15                | 0.72 A             |
| V2 (Dodel)    | 55.76   | 15                | 0.72 B             |

Cuadro A-39. Prueba de Tukey en la variable diámetro del fruto en diferentes podas.

| Podas                | Medidas | Número de valores | Error experimental |
|----------------------|---------|-------------------|--------------------|
| P0 (testigo)         | 49.20   | 25                | 0.56 A             |
| P2 (poda a dos ejes) | 51.90   | 25                | 0.56 B             |
| P1 (poda a un eje)   | 52.97   | 25                | 0.56 B             |

**Universidad de el salvador**  
**Facultad de Ciencias Agronómicas**  
**Departamento de Fitotecnia**

Fecha: 2-05-21 Variedad: Domi

Cuadro A-40. Variables sobre la calidad de los frutos del cultivo de tomate.

| <b>Variables</b>                        | <b>Fruto 1</b> | <b>Fruto 2</b> | <b>Fruto 3</b> | <b>Fruto 4</b> | <b>Fruto 5</b> |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>Sólidos solubles (Brix %)</b>        | 3.0            | 3.6            | 4.4            | 4.0            | 2.2            |
| <b>Dureza total (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | 1.8            | 2.9            | 1.2            | 1.9            | 2.4            |
| <b>N° de lóculos</b>                    | 6              | 7              | 4              | 5              | 5              |
| <b>N° de semillas</b>                   | 220            | 195            | 212            | 162            | 207            |
| <b>Peso de 100 semillas (g)</b>         | 0.33           | 0.28           | 0.25           | 0.31           | 0.23           |
| <b>Color</b>                            | 5/10 10R       | 5/10 10R       | 5/10 10R       | 5/10 10R       | 5/10 10R       |

Fecha: 17-05-21 Variedad: Dodel

Cuadro A-41. Variables sobre la calidad de los frutos del cultivo de tomate.

| <b>Variables</b>                        | <b>Fruto 1</b> | <b>Fruto 2</b> | <b>Fruto 3</b> | <b>Fruto 4</b> | <b>Fruto 5</b> |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>Sólidos solubles (Brix %)</b>        | 3.0            | 4.0            | 3.0            | 3.2            | 4.0            |
| <b>Dureza total (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | 1.20           | 1.50           | 1.15           | 1.7            | 2.1            |
| <b>N° de lóculos</b>                    | 5              | 5              | 5              | 6              | 6              |
| <b>N° de semillas</b>                   | 206            | 234            | 142            | 80             | 174            |
| <b>Peso de 100 semillas (g)</b>         | 0.31           | 0.31           | 0.42           | 0.40           | 0.36           |
| <b>Color</b>                            | 5/10 10R       | 5/10 10R       | 5/10 10R       | 5/10 10R       | 5/10 10R       |

Fecha: 17-05-21 Variedad: Decia

Cuadro A-42. Variables sobre la calidad de los frutos del cultivo de tomate.

| <b>Variables</b>                        | <b>Fruto 1</b> | <b>Fruto 2</b> | <b>Fruto 3</b> | <b>Fruto 4</b> | <b>Fruto 5</b> |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>Sólidos solubles (Brix %)</b>        | 4              | 3.2            | 4              | 3.2            | 3.4            |
| <b>Dureza total (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | 1.3            | 1.2            | 2.9            | 3.1            | 2.0            |
| <b>N° de lóculos</b>                    | 4              | 5              | 5              | 6              | 6              |
| <b>N° de semillas</b>                   | 234            | 63             | 186            | 78             | 120            |
| <b>Peso de 100 semillas (g)</b>         | 0.31           | 0.41           | 0.25           | 0.38           | 0.42           |
| <b>Color</b>                            | 5/10 10R       | 5/10 10R       | 5/10 10R       | 5/10 10R       | 5/10 10R       |

Fecha: 2-05-21 Variedad: Magine

Cuadro A-43. Variables sobre la calidad de los frutos del cultivo de tomate.

| <b>Variables</b>                        | <b>Fruto 1</b> | <b>Fruto 2</b> | <b>Fruto 3</b> | <b>Fruto 4</b> | <b>Fruto 5</b> |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>Sólidos solubles (Brix %)</b>        | 4.4            | 4.0            | 3.0            | 4.0            | 3.2            |
| <b>Dureza total (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | 3.40           | 3.40           | 2.5            | 1.8            | 2.4            |
| <b>N° de lóculos</b>                    | 4              | 4              | 6              | 5              | 4              |
| <b>N° de semillas</b>                   | 170            | 193            | 202            | 91             | 252            |
| <b>Peso de 100 semillas (g)</b>         | 0.30           | 0.37           | 0.29           | 0.33           | 0.33           |
| <b>Color</b>                            | 4/10 10R       | 4/10 10R       | 4/10 10R       | 4/10 10R       | 4/10 10R       |

Fecha: 17-05-21 Variedad: Carrucha

Cuadro A-44. Variables sobre la calidad de los frutos del cultivo de tomate.

| <b>Variables</b>                        | <b>Fruto 1</b> | <b>Fruto 2</b> | <b>Fruto 3</b> | <b>Fruto 4</b> | <b>Fruto 5</b> |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>Sólidos solubles (Brix %)</b>        | 3.2            | 4.0            | 4.0            | 2.6            | 3.0            |
| <b>Dureza total (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | 1.10           | 2.2            | 2.7            | 1.80           | 3.7            |
| <b>N° de lóculos</b>                    | 5              | 6              | 6              | 6              | 8              |
| <b>N° de semillas</b>                   | 170            | 299            | 288            | 174            | 283            |
| <b>Peso de 100 semillas (g)</b>         | 0.33           | 0.29           | 0.30           | 0.35           | 0.31           |
| <b>Color</b>                            | 5/10 10R       | 5/10 10R       | 5/10 10R       | 5/10 10R       | 5/10 10R       |

Cuadro A-45. Resumen en las variables sobre la calidad de los frutos de las diferentes variedades.

| Variables                               | Domi      | Dodel     | Decia     | Magine    | Carrucha  |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Sólidos solubles (Brix %)</b>        | 3.44      | 3.44      | 3.56      | 3.72      | 3.36      |
| <b>Dureza total (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | 2.04      | 1.53      | 2.10      | 2.70      | 2.30      |
| <b>N° de lóculos</b>                    | 4 -7      | 5 - 6     | 4 – 6     | 4 - 6     | 5 - 8     |
| <b>N° de semillas</b>                   | 189 - 209 | 157 - 177 | 126 - 146 | 172 - 192 | 233 - 253 |
| <b>Peso de 100 semillas (g)</b>         | 0.28      | 0.36      | 0.35      | 0.32      | 0.32      |
| <b>Color</b>                            | 5/10 10R  | 5/10 10R  | 5/10 10R  | 4/10 10R  | 5/10 10R  |

Cuadro A-46 Evaluación económica del cultivo de tomate en un área de 50 m<sup>2</sup>. UES-CCAA. 2022

| Concepto                         | Cantidad | Unidad  | Precio unitario (\$) | Total (\$)    |
|----------------------------------|----------|---------|----------------------|---------------|
| <b>Costos de inversión*</b>      |          |         |                      | <b>387.52</b> |
| Invernadero (50 m <sup>2</sup> ) | 1        | Unidad  | 221.89               | 221.89        |
| Sistema de riego y accesorios    | 1        | Unidad  | 115.63               | 115.63        |
| Equipos portátiles               | 1        | Unidad  | 50.00                | 50.00         |
| <b>Costos variables</b>          |          |         |                      | <b>114.21</b> |
| Macetas (5 litros) *             | 150      | Unidad  | 0.25                 | 37.50         |
| Bomba de mochila (17 l)          | 1        | Unidad  | 10                   | 10.00         |
| Bollo de naylon (10 lb)          | 2        | Unidad  | 3.00                 | 6.00          |
| Bandeja de 84 celdas             | 5        | Unidad  | 1.50                 | 7.50          |
| Sustrato escoria volcánica       | 3        | Saco    | 3.50                 | 10.50         |
| Sustrato fibra de coco           | 2        | Saco    | 10.00                | 20.00         |
| Semillas                         | 150      | Unidad  | 0.025                | 3.75          |
| Fertilizante foliar quelatado    | 1        | ¼ Litro | 4.50                 | 4.50          |
| Nitrato de calcio                | 10       | Libra   | 0.22                 | 2.10          |
| Nitrato de potasio               | 4        | Libra   | 0.60                 | 2.40          |
| Sulfato de magnesio              | 4        | Libra   | 0.14                 | 0.56          |
| Sulfato de potasio               | 2        | Libra   | 0.55                 | 1.10          |
| Ácido fosfórico                  | 1.5      | Litro   | 8.30                 | 8.30          |
| <b>Costos fijos</b>              |          |         |                      | <b>84.00</b>  |
| Mano de obra                     | 12       | D/H     | \$ 7                 | 84.00         |
| <b>Ingreso total</b>             |          |         |                      | <b>672.75</b> |
| Cajas de tomate                  | 23       | 50 lb   | \$ 29.25             | 672.75        |
| <b>Total de costos</b>           |          |         |                      | <b>585.73</b> |

\* La depreciación se calculó con base a vida útil de 8 años.

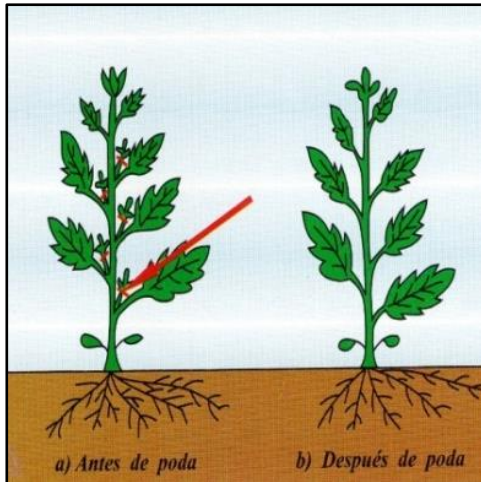


Figura A-1. Planta de crecimiento determinado.  
Fuente: CENTA-JICA 2003

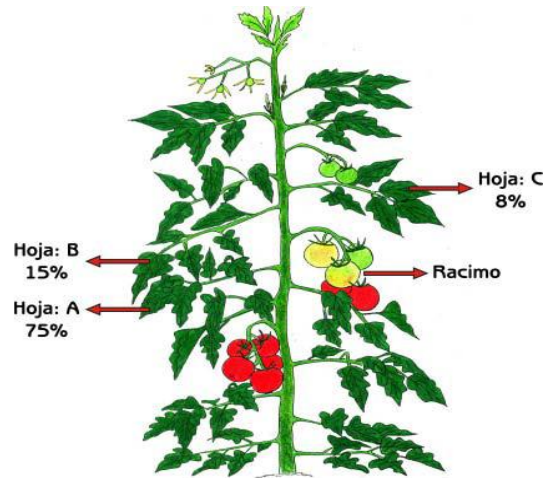


Figura A-2. Distribución de las hojas en una planta de crecimiento indeterminado.  
Fuente: (Jaramillo *et al.* 2006).

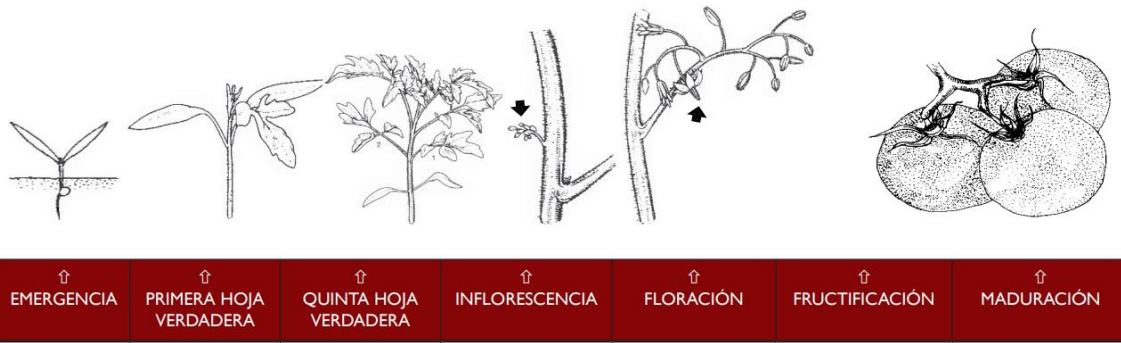


Figura A-3. Fases fenológicas Fuente: López 2004.

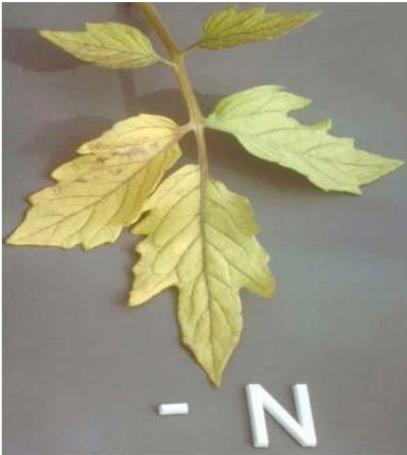


Figura A-4. Síntoma característico de deficiencia de nitrógeno (N).

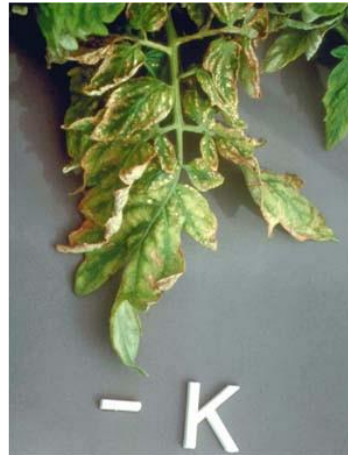


Figura A-5. Síntoma característico de deficiencia de potasio K en hojas.



Figura A-6. Síntoma característico de deficiencia de calcio (Ca) en frutos.

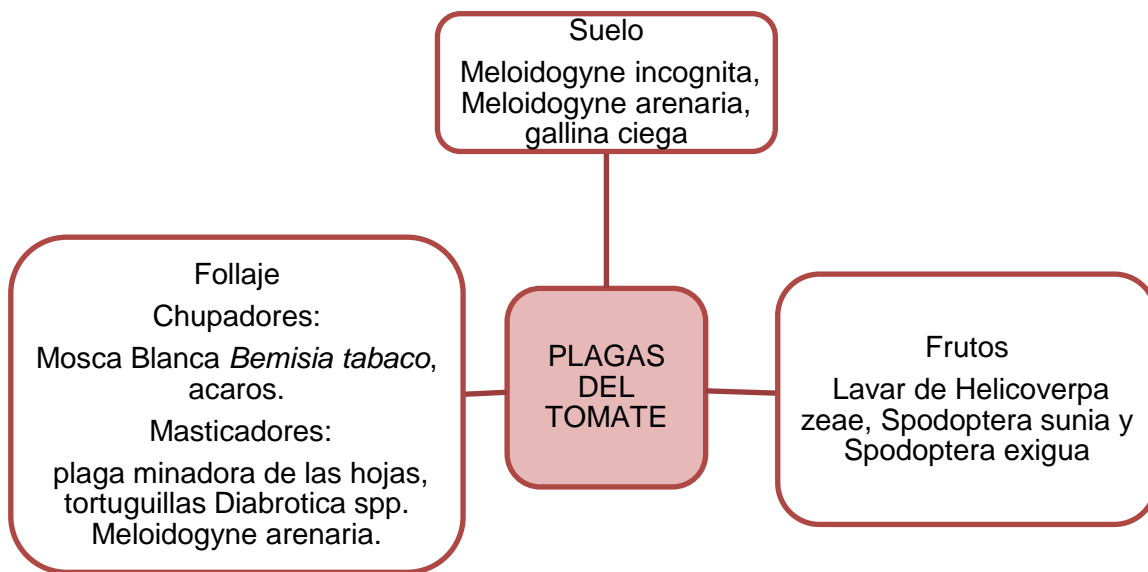


Figura A-7. Las plagas del cultivo de tomate Fuente: Lardizabal & Medicott 2010

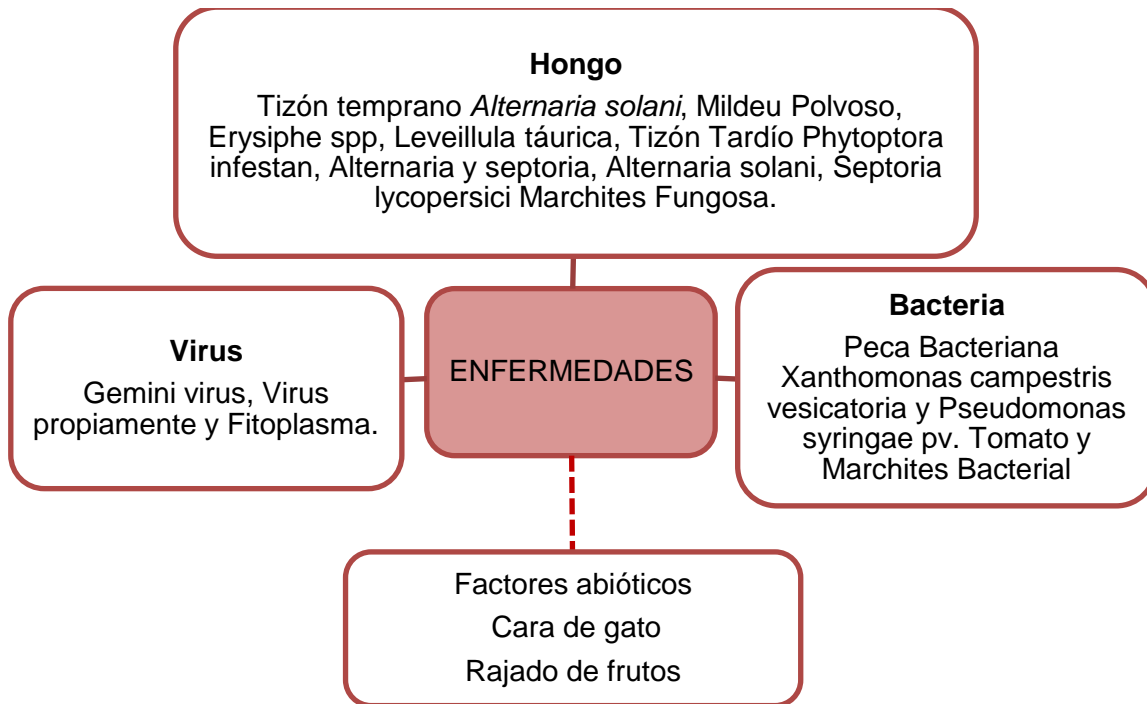


Figura A-8. Las enfermedades del cultivo de tomate. Fuente: Lardizabal y Medicott 2010:

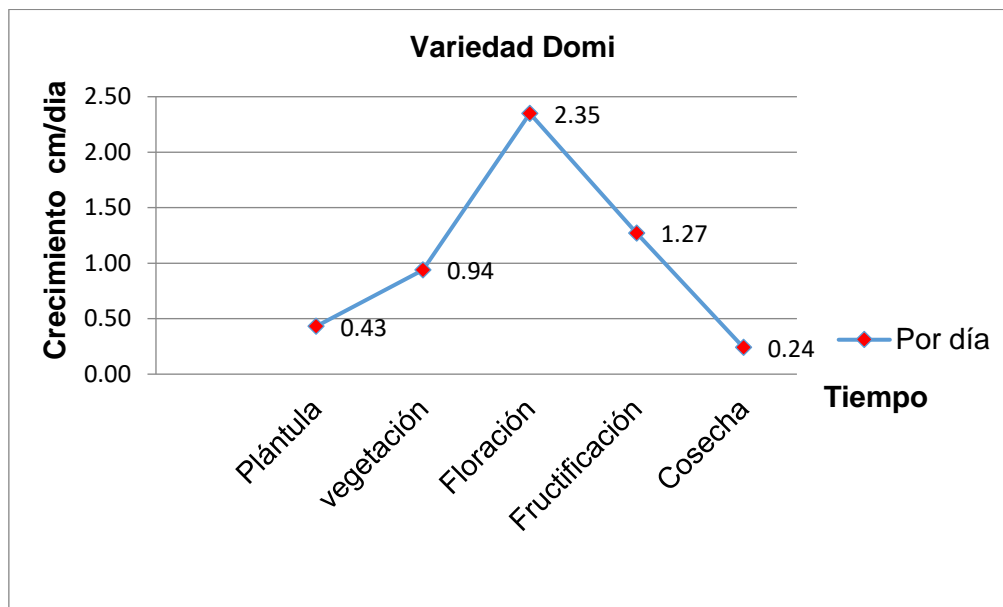


Figura A-9. Altura por etapa variedad Domi en el cultivo de tomate.

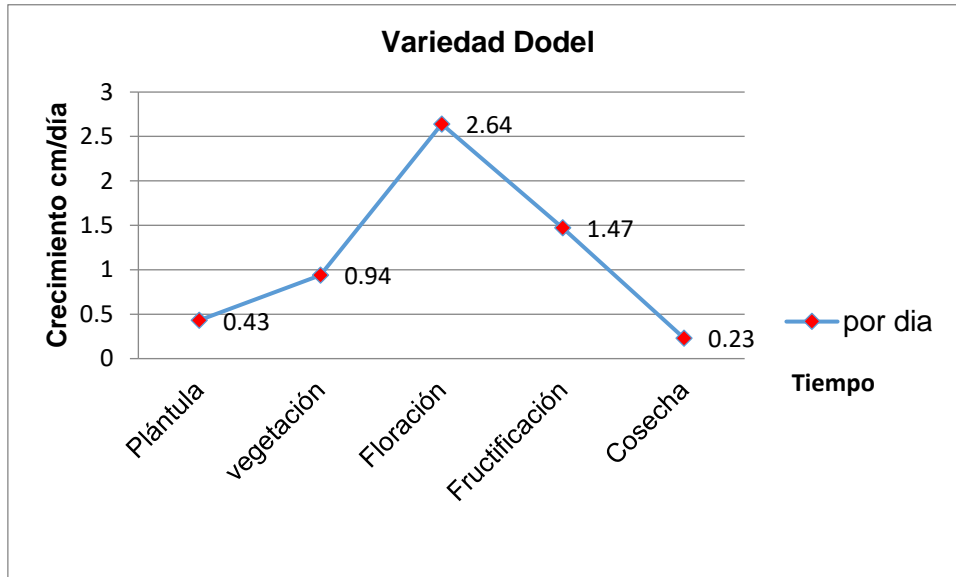


Figura A-10. Altura por etapa variedad Dodel en el cultivo de tomate.

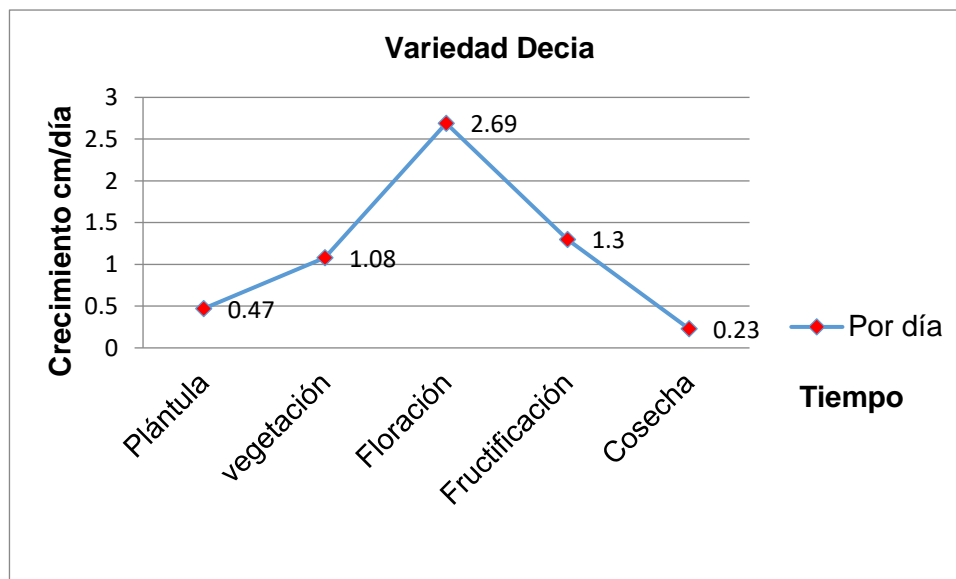


Figura A-11. Altura por etapa variedad Decia en el cultivo de tomate.



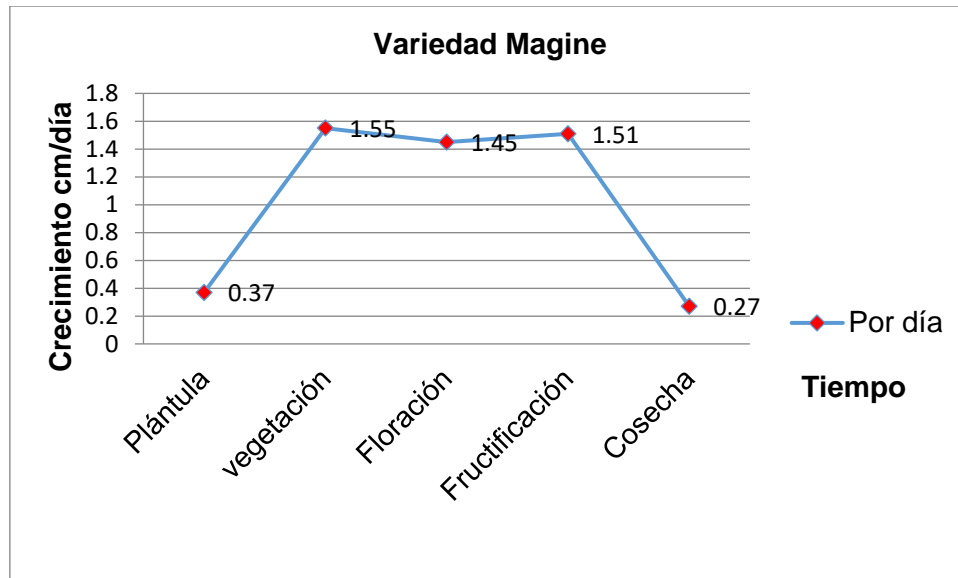


Figura A-12. Altura por etapa variedad Magine en el cultivo de tomate.

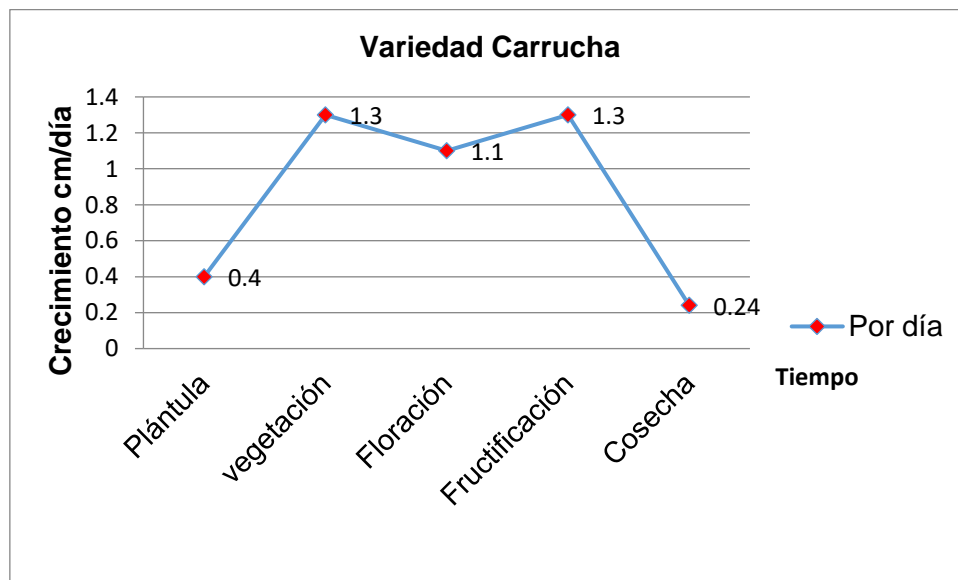


Figura A-13. Altura por etapa variedad Carrucha en el cultivo de tomate.



Figura A-14. Hidrotermógrafo.



Figura A-15. Conductivímetro.



Figura A-16. penetrómetro.



Figura A-17. Refractómetro.



Figura A-18. Cultivar de tomate.



Figura A-19. Variedad Decia poda a un eje.



Figura A-20. Variedad Decia poda a dos ejes



Figura A-21. Variedad Decia poda testigo.



Figura A-22. Variedad Domi



Figura A-23. Variedad Dodel

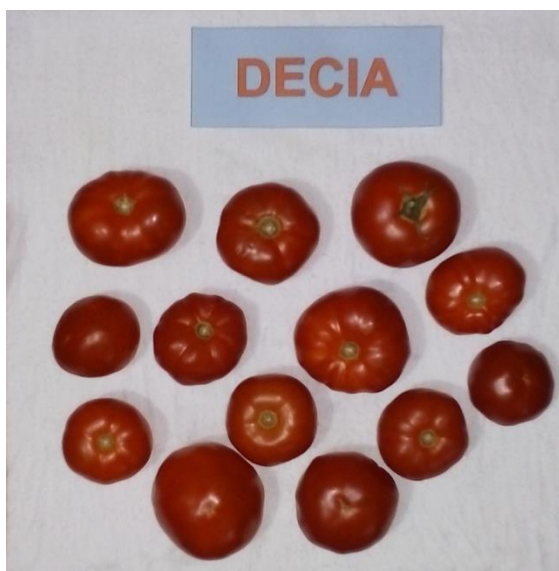


Figura A-24. Variedad Decia



Figura A-25. Variedad Magine



Figura A-26. Variedad Carrucha



Figura A-27. Variedad Domi con diferentes tipos de podas y tratamientos.



Figura A-28. Variedad Dodel con diferentes tipos de podas y tratamientos.



Figura A-29. Variedad Decia con diferentes tipos de podas y tratamientos.



Figura A-30. Variedad Magine con diferentes tipos de podas y tratamientos.

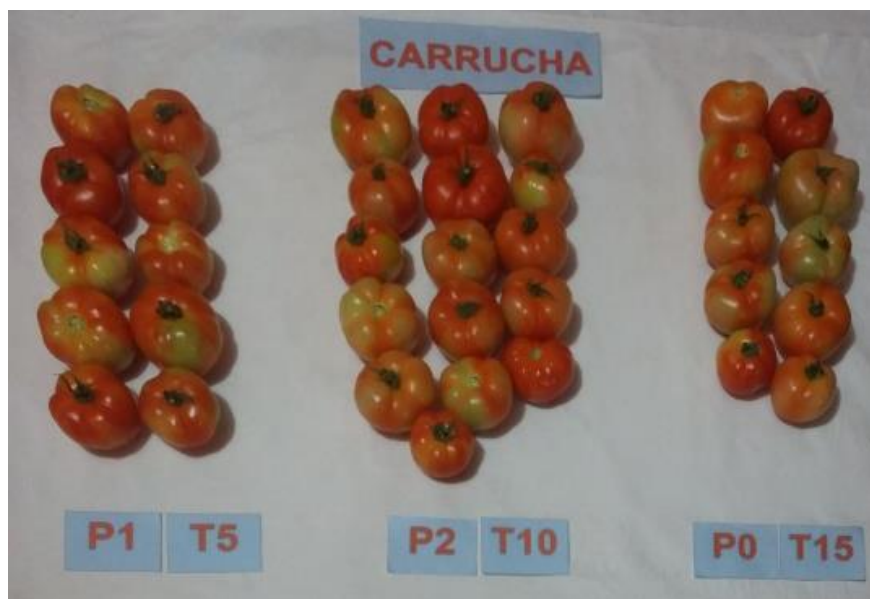


Figura A-31. Variedad carrucha con diferentes tipos de podas y tratamientos.

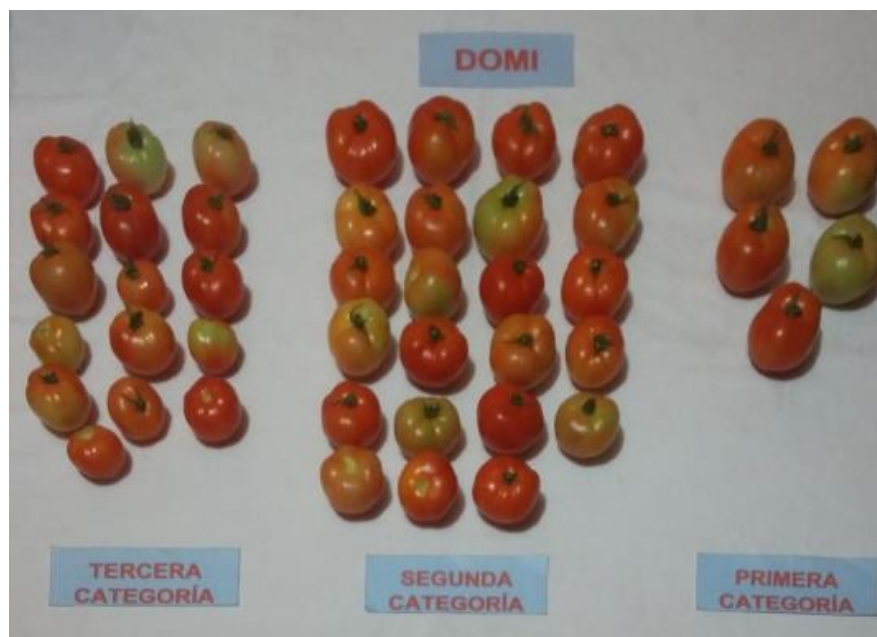


Figura A-32. Variedad Domi por categorías.



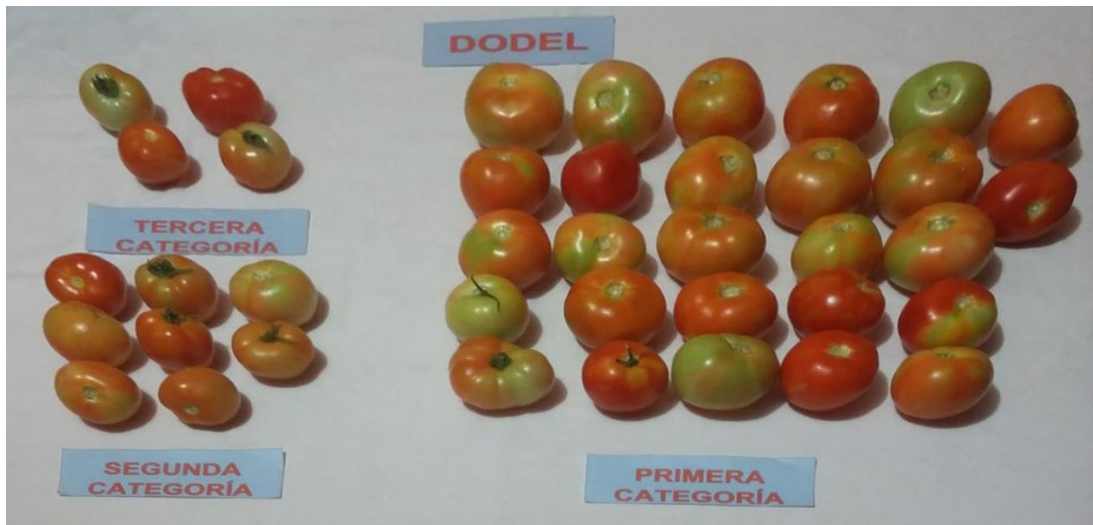


Figura A-33. Variedad Dodel por categorías.



Figura A-34. Variedad Decia por categorías.



Figura A-35. Variedad Magine por categorías.



Figura A-36. Variedad Carrucha por categorías.



Figura A-37. deformidades genéticas en la variedad Decia.



Figura A-38. deformidades genéticas en la variedad Domi.

