

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



**CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA DE CINCO VARIEDADES MUTANTES DE TOMATE
(*Lycopersicon esculentum* Mill) CULTIVADAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE HIDROPONÍA BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO.**

POR:

Br. CARMEN ESMERALDA, HERNÁNDEZ LEÓN

Br. PEDRO OMAR, RODRÍGUEZ SALGUERO

Br. FÁTIMA MICHELLE RODRÍGUEZ SIBRIÁN

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DEL 2020.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



**CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA DE CINCO VARIEDADES MUTANTES DE TOMATE
(*Lycopersicon esculentum* Mill) CULTIVADAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE HIDROPONÍA BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO.**

POR:

Br. CARMEN ESMERALDA, HERNÁNDEZ LEÓN

Br. PEDRO OMAR, RODRÍGUEZ SALGUERO

Br. FÁTIMA MICHELLE RODRÍGUEZ SIBRIÁN

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO(A) AGRÓNOMO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DEL 2021

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

LIC. M.Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING. M. Sc. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

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

ING. AGR. M.Sc MARIO ANTONIO ORELLANA NÚÑEZ

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN:

ING. AGR. MARIO ALFREDO PÉREZ ASCENCIO

SUMMARY

The research was made it in the Faculty of Agronomic Sciences, University of El Salvador, Department of San Salvador since Jun 2019 to February 2020. This research consisted in a morphoagronomic characterization of Magine, Carucha, Domi, Dodel y Decia tomatoes varieties, these varieties were obtained in the National Institute of Agricultural Sciences (INCA) with cede in Cuba and they were compared to Sevaco variety as a witness. The varieties were sown in pots number 12, using coconut fiber and volcanic slag as substrate, in a greenhouse conditions with hydroponic system technique. The statistical design used was Complete Random Blocks (DBCA), Statistical software InfoStat was used for their respective analysis of results, and the PAST3 program was used for multivariate analysis. The cualitive variables evaluating were: kind of grown, longitudinal fruit form, non madurate exterior color fruit, madurate exterior color fruit. And cuantitative variables evaluating were: days of germination, percent of germination, days of transplant, days of flowering, number of loculos, number of fruits per plant, number of harvest, weight of fruit, harden of fruit, number of seeds in a gram, life in shelf, solids soluble in ripe fruit. In the results obtained, the Dodel variety shown the best results in weight of fruit it was 67.16 gram, although less quantity of fruits, the Decia, Magine and Sevaco varieties shown more amounts of fruits they were 19, 19 and 22 fruits and less average weight they were 33.88, 34.63 and 34.23 gram respectively showing statistically significant differences ($p < 0.05$) for both variables, the Sevaco variety presents the best high of the plant with 131.90 centimeters and a coefficient of variation of 17.79%, a difference from the Carucha variety, express lower high with an average of 92.80 centimeters and a coefficient of variation of 8.77%.

Key words: Tomato varieties, mutants, Carucha, Decia, Dodel, Domi, Magine, hydroponics, greenhouse.

RESUMEN

La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, Departamento de San Salvador, de junio de 2019 a febrero de 2020. Consistió en una caracterización morfoagronómica de las variedades de tomate: Magine, Carucha, Domi, Dodel y Decia, obtenidas por irradiación de rayos gama en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) con sede en Cuba y se compararon con la variedad Sevaco como testigo. Cultivadas en maceta (#12), utilizando como sustrato fibra de coco y escoria volcánica, mediante la técnica de hidroponía bajo condiciones de invernadero. El diseño estadístico utilizado es Bloques Completos al Azar (DBCA), para su respectivo análisis de resultados se utilizó el software estadístico InfoStat y para el Análisis multivariado se utilizó el programa PAST3. Evaluando las variables cualitativas: Tipo de crecimiento, forma longitudinal del fruto, color exterior del fruto no maduro y color exterior del fruto maduro. Y las variables cuantitativas: días a germinación, porcentaje de germinación, días a trasplante, días a floración, días a cosecha, diámetro del tallo, altura de la planta, número de lóculos, frutos por planta, número de cortes, peso de frutos, dureza de fruto, cantidad de semillas en un gramo, vida en anaquel, sólidos solubles en fruto maduro. En los resultados obtenidos la variedad Dodel presentó los mejores resultados en cuanto al peso promedio de fruto de 67.16 gramos, aunque menor cantidad de frutos con 12 frutos promedio y las variedades Decia, Magine y Sevaco mostraron mayores cantidades de frutos con 19, 19 y 22 frutos y menor peso promedio de 33.88, 34.63 y 34.23 gramos respectivamente, mostrando estadísticamente diferencias significativas ($p < 0.05$) para ambas variables, la variedad Sevaco presentó mejor altura de la planta con 131.90 centímetros y un coeficiente de variación del 17.79%, a diferencia de la variedad Carucha, expreso menor altura con un promedio de 92.80 centímetros y un coeficiente de variación de 8.77%.

Palabras clave: Caracterización, variedades, mutantes, Carucha, Decia, Dodel, Domi, Magine, hidroponía, invernadero.

ÍNDICE

Contenido	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. Generalidades del cultivo de tomate.....	2
2.2. Importancia del cultivo.....	2
2.3. El cultivo del tomate en El Salvador.....	2
2.4. Morfología del cultivo de tomate.....	3
2.4.1. Raíz.....	3
2.4.2. Tallo.....	3
2.4.3. Hoja.....	4
2.4.4. Flor.....	4
2.4.5. Fruto.....	5
2.4.6. Semilla.....	5
2.4.7. Germinación.....	6
2.4.8. Color.....	6
2.4.9. Indicador de madurez.....	6
2.4.10. Vida poscosecha.....	7
2.4.11. Grados brix.....	7
2.4.12. El calibre y la forma del fruto.....	7
2.4.13. Medición de la firmeza.....	8
2.5. Fenología del cultivo de tomate.....	8
2.5.1. Fase Inicial:.....	8
2.5.2. Fase vegetativa:.....	8
2.5.3. Fase reproductiva:.....	9
2.6. Hábito de crecimiento del tomate.....	9
2.6.1. Plantas de crecimiento determinado:.....	9
2.6.2. Plantas de crecimiento indeterminado:.....	10
2.6.3. Plantas de crecimiento semideterminado:.....	10
2.7. Ciclo de cultivo.....	10
2.8. Requerimientos del cultivo.....	11
2.8.1. Requerimientos climáticos.....	11
2.8.2. Temperatura.....	11
2.8.3. Altitud.....	12

2.8.4.	Humedad relativa	12
2.8.5.	Radiación	12
2.8.6.	Luminosidad	12
2.9.	Requerimientos nutricionales.....	13
2.10.	Elaboración de plantines	13
2.11.	Requerimientos hídricos.....	14
2.12.	Cultivo bajo techo.....	14
2.12.1.	Invernadero	14
2.12.2.	Hidroponía.....	14
2.12.3.	Clasificación de los cultivos hidropónicos	15
2.12.4.	Sustrato	15
2.12.5.	Características de los sustratos	15
2.12.5.1.	Fibra de coco.....	15
2.12.5.2.	Escoria volcánica roja.....	16
2.12.5.3.	Sustrato para plantines (Turba)	16
2.13.	Caracterización de recursos genéticos en el cultivo de tomate	16
2.13.1.	Tipos morfológicos.....	16
2.13.2.	Descriptores	17
2.14.	Mejoramiento genético en tomate	17
2.14.1.	Estructura genética de las variedades	18
2.14.2.	La mejora genética moderna	18
2.14.3.	Concepto de mutación.....	18
2.14.4.	Clasificación de mutaciones	19
2.14.5.	Mutagénesis inducida.....	19
2.14.6.	Las radiaciones ionizantes producen los siguientes efectos a nivel celular.....	19
3.	MATERIALES Y METODOS.....	20
3.1.	Descripción del estudio.....	20
3.2.	Metodología de campo	20
3.2.1.	Descripción del invernadero	20
3.2.2.	Variedades utilizadas.....	20
3.2.3.	Prueba de germinación.....	20
3.3.	Actividades previas al establecimiento del cultivo	21
3.3.1.	Reparación, limpieza y desinfección del invernadero.....	21
3.3.2.	Producción de plantines en bandeja	21
3.3.3.	Preparación de sustrato para llenado de macetas	22

3.4.	Establecimiento del cultivo.....	22
3.4.1.	Trasplante	22
3.5.	Manejo del cultivo	22
3.5.1.	Riego.....	22
3.5.2.	Análisis químico del agua de riego	22
3.5.3.	Nutrición	23
3.5.4.	Técnica de tutorado	23
3.5.5.	Incorporación de sustrato en las macetas.....	23
3.5.6.	Podas	23
3.5.7.	Prevención de plagas y enfermedades.....	23
3.6.	Cosecha	24
3.7.	Toma de datos.....	24
3.8.	Variables climatológicas	25
3.9.	Metodología estadística.....	26
3.9.1.	Tipo de investigación.....	26
3.9.2.	Organización, procesamiento y análisis de datos	26
3.9.3.	Población y muestra	26
3.9.4.	Variables cuantitativas.....	26
3.9.4.1.	Análisis de Varianza	26
3.9.4.2.	Diseño experimental.....	27
3.9.4.3.	Análisis multivariado	28
3.9.4.4.	Software y programas.....	28
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1.	Descriptores Agronómicos.....	29
4.1.1.	Fenología de las variedades.....	29
4.1.2.	Días a germinación.....	29
4.1.3.	Porcentaje de germinación	30
4.1.4.	Días a emergencia.....	30
4.1.5.	Días a trasplante	30
4.1.6.	Días a floración.....	31
4.1.7.	Días a cosecha.....	31
4.2.	Descriptores de la planta	32
4.2.1.	Variables morfológicas	32
4.2.1.1.	Tipo de crecimiento	32
4.2.1.2.	Diámetro del tallo.....	33

4.2.1.3.	Altura de la Planta	34
4.2.1.4.	Número de flores	36
4.3.	Descriptores del Fruto	39
4.3.1.	Forma longitudinal del fruto	39
4.3.2.	Color exterior del fruto no maduro	40
4.3.3.	Número de lóculos del fruto	42
4.3.4.	Color de fruto maduro.....	42
4.4.	Variables de rendimiento	43
4.4.1.	Frutos por planta	43
4.4.2.	Número de cortes	44
4.4.3.	Peso promedio de frutos por planta.....	44
4.4.4.	Dureza en fruto maduro.....	46
4.4.5.	Cantidad de semillas en un gramo.....	47
4.4.6.	Vida en anaquel.....	47
4.4.7.	Solidos solubles en fruto maduro.....	47
4.5.	Análisis multivariado	49
4.5.1.	Análisis de variables cuantitativas	50
4.5.1.1.	Análisis de componentes principales	52
4.5.1.2.	Factores o CP:.....	52
4.5.1.3.	Gráfico de sedimentación.	53
4.5.1.4.	Gráfico de codo:	53
4.5.1.4.1.	Gráfico de componente 1: Tamaño.....	53
4.5.1.4.2.	Gráfico de componente 2: forma.....	54
4.5.1.5.	Matriz factorial:	55
4.5.1.6.	Plano cartesiano:.....	55
4.5.2.	Variables cualitativas	57
5.	CONCLUSIONES	59
6.	RECOMENDACIONES.....	61
7.	BIBLIOGRAFIA.....	62
8.	ANEXOS.....	69
8.1.	Cuadros.....	69
8.2.	Figuras	77

ÍNDICE DE CUADROS EN TEXTO

Contenido	Página
Cuadro 1: Designaciones de Tamaño de fruto en tomates	8
Cuadro 2: Categorías de firmeza para tomates	8
Cuadro 3: Temperaturas críticas del cultivo de tomate.....	11
Cuadro 4: Requerimientos nutricionales del cultivo bajo la técnica de hidroponía.....	13
Cuadro 5: Propiedades físicas de la turba	16
Cuadro 6: Variables fenológicas	24
Cuadro 7: Variables morfológicas.....	25
Cuadro 8: Variables de rendimiento	25
Cuadro 9: Análisis de varianza para un Diseño de Bloques al Azar.....	27
Cuadro 10: Porcentaje de germinación de las seis variedades.....	30
Cuadro 11: Medidas resumen para la variable días a floración.	31
Cuadro 12: Medidas resumen de la variable días a cosecha.	32
Cuadro 13: Tipo de crecimiento de las seis variedades	33
Cuadro 14: Medidas resumen para la variable diámetro del tallo.	34
Cuadro 15: Medidas resumen para la variable altura de la planta.....	35
Cuadro 16: Medidas resumen para la variable número de flores.	37
Cuadro 17: Forma longitudinal del fruto de las variedades.....	40
Cuadro 18: Porcentaje de códigos para los colores del fruto no maduro	41
Cuadro 19: Medidas resumen para la variable número de lóculos.....	42
Cuadro 20: Códigos para los colores del fruto maduro.....	43
Cuadro 21: Medida resumen de la variable frutos por planta	44
Cuadro 22: Medidas resumen de la variable peso promedio de fruto por planta	45
Cuadro 23: Factores o componentes principales de las variables cuantitativas.....	53
Cuadro 24: Matriz factorial de variables cuantitativas.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS EN TEXTO

Contenido	Página
Figura 1: Fenología del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado.....	9
Figura 2: Fenología de las seis variedades de tomate.....	29
Figura 3: Crecimiento de las seis variedades.....	36
Figura 4: Comparación de cantidad de flores, aborto de flores y frutos cuajados.....	39
Figura 5: Rendimiento y peso de frutos	46
Figura 6: Dureza de frutos	46
Figura 7: Grados Brix en variedades.....	47
Figura 8: Dendrograma de variables cuantitativas	51
Figura 9: Gráfico de sedimentación de variables cuantitativas.....	53
Figura 10: Gráfico de componente 1: tamaño de variables cuantitativas.	54
Figura 11: Gráfico de componente 2: forma de variables cuantitativas.....	54
figura 12: Plano cartesiano de variables cuantitativas	56
figura 13: Dendrograma de variables cualitativas	58

ÍNDICE DE ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS EN ANEXOS

Contenido	Página
Cuadro A- 1: Composición nutricional del tomate	69
Cuadro A- 2: Características físicas y químicas de la fibra de coco	69
Cuadro A- 3: Características físicas y químicas del sustrato escoria volcánica	70
Cuadro A- 4: Programa de Fertilización para el cultivo de tomate	70
Cuadro A- 5: Comparación de la demanda hídrica con temperatura y humedad relativa	71
Cuadro A- 6: Fenología de las variedades mutantes de tomate.....	72
Cuadro A- 7: Crecimiento y productividad de las variedades mutantes de tomate	73
Cuadro A- 8: Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo.....	73
Cuadro A- 9: Análisis de varianza para la variable altura de la planta	73
Cuadro A- 10: Análisis de varianza para la variable número de flores por planta	74
Cuadro A- 11: Análisis del coeficiente de correlación	74
Cuadro A- 12: Análisis de varianza para la variable número de lóculos	76
Cuadro A- 13: Análisis de varianza para la variable frutos por planta	76
Cuadro A- 14: Análisis de varianza para la variable peso promedio de frutos por planta	77

ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXOS

Contenido	Página
Figura A- 1: Clasificación de colores en tomate	77
Figura A- 2: Diseño estadístico	78
Figura A- 3 Reparación y limpieza de invernadero	78
Figura A- 4: Establecimiento de macetas y sistema de riego.....	79
Figura A- 5: Preparación de almácigos para plantines.....	79
Figura A- 6: Plantines de tomate.....	80
Figura A- 7: Trasplante de plantines	80
Figura A- 8: Tutorio del cultivo	81
Figura A- 9: Desarrollo del cultivo.....	81
Figura A- 10: Medición de parámetros en el agua de riego.....	82
Figura A- 11: Medición de variables altura y diámetro	83
Figura A- 12: Cultivo en producción	83
Figura A- 13: Producción de tomates.....	84
Figura A- 14: Equipo de trabajo	84
Figura A- 15: Corte horizontal de los frutos de tomate en sus diferentes estadios.	85
Figura A- 16: Cosecha de tomate frente al invernadero	86
Figura A- 17: Cosecha de tomate en diferentes estados de madurez.....	86
Figura A- 18: Frutos de las variedades de tomate	87
Figura A- 19: Frutos de las variedades de tomate	88
Figura A- 20: Toma de datos en frutos.	88
Figura A- 21: Frutos en el cultivo	89
Figura A- 22: Entrega de semillas a autoridades	89
Figura A- 23: Elaboración de ficha técnica.....	90

1. INTRODUCCIÓN.

El tomate es la hortaliza más consumida en todo el mundo y la de mayor valor económico, su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción de la superficie cultivada (Aldana, 2015).

Es una de las hortalizas de mayor consumo a nivel nacional, la producción fue de 859 Mz, sembradas a nivel nacional con una producción promedio por manzana de 564 quintales, obteniéndose una producción nacional de 484,387 quintales en la temporada del 2017 y 2018 (MAG 2016-2018).

Es de los más importantes por su versatilidad de consumo aportando gran cantidad de nutrientes (vitamina A, vitamina C, carbohidratos, fibra, proteína y hierro). El consumo per cápita por año es alrededor de 26.9 kg en Norte y Centroamérica, un rubro de gran importancia económica para el agricultor (CENTA 2015).

La producción a nivel nacional busca la seguridad alimentaria de la población, disminuir las importaciones y promover el desarrollo de procesos de innovación tecnológicas que incrementen la productividad, competitividad y rentabilidad, la incorporación de nuevas tecnologías cobra cada día mayor importancia para los productores (CENTA 2015).

La demanda anual era abastecida por la producción nacional en 1995, para 2015 el 87% fue proveída mediante importaciones de 101,184.46 toneladas métricas, teniendo un valor de \$11,370,977.95, desde ese año ha sido necesario importar la mayor cantidad, para lograr abastecer el consumo nacional, principalmente se importa de Guatemala, Nicaragua, Honduras, México y Estados Unidos (Intendencia Económica 2018).

Las exportaciones anuales en 2015 fueron de 1,794.5 tm, valorado en \$3,421.57, cantidad que es insignificante al valor de las importaciones correspondientes a ese año, lo que representa una desventaja competitiva frente a otros países productores, estas cifras expresan una producción deficiente, se debe innovar e impulsar para lograr un aumento en la producción nacional (MAG 2016).

Las variedades de tomate en estudio cuentan con características de alto potencial para el productor y los consumidores, posee características agronómicas como la tolerancia a bajas láminas de riego que ayudan a disminuir costos de producción, brindando mayor confianza en las producciones (Hernández *et al.* 2012).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. Generalidades del cultivo de tomate

Pertenece al género *Lycopersicon*, la especie es *esculentum* se clasifica en la familia de las Solanaceas (CENTA 2015). El origen del género *Lycopersicon*, se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia hacia norte de Chile, siendo en México donde se domesticó (Aldana 2015).

Es la hortaliza más cultivada del mundo, en el 2017 los mayores productores fueron los países de China, India, Turquía y Estados Unidos de América con 59,514,773, 20,708,000, 12,750,000 y 10,910,990 toneladas por año producidas respectivamente (FAO 2017).

2.2. Importancia del cultivo

Es una de las hortalizas de mayor consumo a nivel nacional, en la temporada 2017-2018, la producción estuvo concentrada en 859 Mz, sembradas a nivel nacional con una producción promedio por manzana de 564 quintales, obteniéndose una producción nacional de 484,387 quintales (CENTA-MAG 2017-2018).

El tomate es la hortaliza más consumida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada (Aldana 2015).

Representa la segunda hortaliza más cultivada a nivel mundial, con una producción aproximada de 150 millones de toneladas en 2009, junto con el cultivo de la papa representan aproximadamente 50% de la producción de hortalizas en todo el mundo, lo cual es resultado de su alta demanda para la preparación de distintos tipos de alimentos en casi todos los países del mundo (Olmo 2012).

Desde el punto de vista alimenticio es de las más importantes, en cuanto a su contenido nutricional es una de las hortalizas con gran contenido de vitaminas, carbohidratos, proteínas, fibra y hierro importantes en la alimentación (Cuadro A-1) (Bolaños 1998).

2.3. El cultivo del tomate en El Salvador

El tomate es una de las hortalizas de mayor consumo a nivel nacional, se adapta a condiciones de clima cálido y templado; cultivándose en lugares con alturas 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 (CENTA 2018).

El cultivo de tomate es una de las hortalizas más importantes de América Central. En El Salvador, las principales zonas productoras de esta hortaliza se localizan en el distrito de riego de Zapotitán, en los departamentos de La Libertad, San Salvador, Santa Ana, Sonsonate y Cuscatlán. A pesar de la gran importancia del cultivo, su rendimiento se ha reducido en muchas regiones, probablemente debido a condiciones de manejo adversas y a la alta incidencia de plagas (Aldana 2015).

Debido a diferentes factores tanto de clima como de suelo, la producción sufre limitaciones. El anuario de estadísticas agropecuarias 2014-2015, reportó la siembra de tomate en un área de 1,060 manzanas a nivel nacional, con volumen de producción de 19,396,600 kg, lo que significa que con esta producción no se cubre la demanda aparente (\$109,554,703 kg); teniendo a importa alrededor de 90,158,103 kilogramos con valor de \$12,165,670.00. (CENTA 2018)

2.4. Morfología del cultivo de tomate

2.4.1. Raíz

La planta tiene un sistema radicular amplio, constituido por una raíz principal que puede alcanzar hasta 50-60 cm de profundidad, provista de una gran cantidad de ramificaciones secundarias, reforzado por la presencia de un gran número de raíces adventicias surgida desde la base de los tallos (Nieto 2009).

La raíz crece aproximadamente 2.5 cm diarios y tiene una extensión de 1.5 metros de diámetro, este tiene como función la absorción y el transporte de nutrientes, así como la sujeción y anclaje de la planta al suelo (Estrada 2010).

2.4.2. Tallo

Por su hábito de crecimiento puede ser determinado e indeterminado, presenta un tallo herbáceo, está compuesto de epidermis con pelos glandulares, corteza, cilindro vascular y tejido medular. Es grueso, pubescente, anguloso y de color verde. Mide entre 2 y 4 cm de ancho y es más delgado en la parte superior. En el tallo principal se forman tallos secundarios,

nuevas hojas y racimos florales, y en la porción distal se ubica el meristemo apical, de donde surgen nuevos primordios florales y foliares (López 2016).

La planta forma un tallo principal y un sistema de ramificaciones laterales, en todas las variedades comerciales el tallo principal es erecto de los primeros 30 a 60 cm de desarrollo, después es decumbente (Estrada 2010).

2.4.3. Hoja

Son alternas, compuestas e imparipinnadas, presenta de siete a nueve foliolos peciolados que miden 4 a 60 mm x 3 a 40 mm, lobulados y bordes dentados, alternos, opuestos y por lo general de color verde. Son glandulosos-pubescentes por el haz y ceniciento por el envés. Se encuentra recubierta de pelos glandulares y dispuestos en posición alternada sobre el tallo (López 2016).

Las dos primeras hojas verdaderas son simples y luego aparecen las compuestas (seutadas). Las hojas de tomate son pinnado compuestas, una hoja típica de las plantas cultivadas tiene unos cinco centímetros de largo, algo menos de anchura, con gran foliolo terminal y hasta ocho grandes foliolos laterales, que pueden ser a su vez compuestos. (Estrada 2010).

Cuando son rozadas desprenden un olor característico a tomate recién recolectado. Las hojas muestran tamaños variables entre 10 a 50 cm de longitud (Fornés 2012).

2.4.4. Flor

La coloración de los sépalos es verde y los pétalos pueden variar en tonos de amarillo. El ovario es bilocular, aunque se han dado casos de 3 o 5 carpelos. Las flores se agrupan en inflorescencias cimosas, denominadas dicasio y se unen al eje floral por medio de un pedicelo articulado (Fornés 2012).

Es perfecta, de color amarillo, consta de 5 o más sépalos, 5 o más pétalos y de 5 a 6 estambres; se agrupan en inflorescencias de tipo racimo cimoso, compuesto por 4 a 12 flores (CENTA 2015).

Las flores no se abren simultáneamente, de modo que siempre hay botones, flores y frutos en el mismo gajo o ramilla. La antesis (apertura de flor), por lo común ocurre en las primeras horas del día y 24 horas después se inicia la salida del polen, y este aparece en el lado interno de las anteras y cae directamente sobre la superficie de los estigmas (CENTA 2018).

2.4.5. Fruto

El tomate es una baya, formada por un mesocarpio y un endocarpio carnosos, que encierran las semillas. La parte exterior de fruto, está formado por piel o exocarpo complejo, compuesta por varias capas de células, lo que le confiere gran resistencia y baja permeabilidad. El espesor del exocarpo aumenta en la primera fase del desarrollo del fruto, después se adelgaza y se estira hacia la maduración (Fornés 2012).

Las formas predominantes del fruto son: achatado, ligeramente achatado, redondeado, redondo-alargado, cordiforme, cilíndrico (oblongo-alargado), piriforme, elipsoide (forma de ciruela) y otro, según el descriptor (IPGRI).

El inicio de fructificación ocurre entre los 60 a 65 días después de la siembra, si el cultivo es de crecimiento determinado, su cosecha inicia a los 75-80 días. Si es de crecimiento indeterminado, la fructificación inicia a los 70 a 80 días, y la cosecha entre los 85 a 90 días después de siembra (CENTA 2015).

2.4.6. Semilla

Están constituidas por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El color de la testa es amarillo grisáceo, formada por un tejido duro e impermeable y recubierto de pelos, que envuelve y protegen el embrión y el endospermo (Fornés 2012).

La semilla de tomate es aplanada y de forma lenticelar con dimensiones aproximadas de 3 x 2 x 1 mm. Si se almacena por periodos prolongados se aconseja hacerlo a humedad del 5.5%. Una semilla de calidad deberá tener un porcentaje de germinación arriba del 95% (CENTA 2015).

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. Después de la siembra, con temperaturas óptimas de 16-25°C, la germinación ocurre entre los 3 a 6 días (CENTA 2018).

2.4.7. Germinación

El embrión dentro de la semilla es una planta miniatura, y que está vivo y respira lentamente, y cuando las condiciones son favorables para la ruptura de las cubiertas de la semilla y la emergencia de una nueva planta (Estrada 2010).

Comprende tres etapas: a) Rápida absorción de agua, que dura 12 horas. b) Reposo durante 40 horas, el cual absorbe agua nuevamente. c) Las capas de células que rodean las semillas se disuelven en la madurez, formando una masa gelatinosa rica en granos de almidón (CENTA 2018).

2.4.8. Color

En la clasificación por color se pueden usar los siguientes términos, cuando los mismos son especificados en conexión con el grado (de calidad) ya asignado a los frutos, para describir su color como un indicador de la etapa de madurez (ripeness) en que se encuentra un lote dado de frutas de tomate 'fisiológicamente hechas' (mature) de una variedad de piel roja: (Fornaris 2007)

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.
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 (Figura A-1) (Igno 2010).

2.4.9. Indicador de madurez

El estado de madurez del fruto 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).

2.4.10. Vida poscosecha

La duración o vida poscosecha del fruto es un aspecto de máxima importancia en la elección del material a cultivar. En el mercado existe una amplia oferta de materiales que poseen la característica de larga duración mediante la incorporación de genes que retardan la maduración y confieren mayor resistencia a la corteza (Escobar 2009).

2.4.11. 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. La proporción de estos sólidos se expresa en grados brix y se mide con el refractómetro (Reina 1998).

El contenido de sólidos solubles se determina en una muestra de jugo, con refractómetros termocompensados. Los tomates redondos tienen en general entre 3 a 5% de sólidos solubles, dependiendo de la madurez de cosecha y el cultivar (CODEX 2013).

2.4.12. El calibre y la 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 82 mm, medianos, con calibre entre 57 y 81 mm, y pequeños, los de calibre inferior a 56 mm. 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).

Las designaciones de tamaño utilizadas por el USDA en la clasificación de la fruta de tomate, basadas en un diámetro mínimo y máximo para cada designación, son las siguientes:

Cuadro 1: Designaciones de Tamaño de fruto en tomates

Designaciones de Tamaño	Diámetro Mínimo (pulg.)	Diámetro Máximo (pulg.)
“Small”	2-4	2-9
“Medium”	2-8	2-17
“Large”	2-16	2-25
“Extra Large”	2-24	

Fuente: Modificado de Fornaris 2007

2.4.13. 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 (CODEX 2013).

Cuadro 2: Categorías de firmeza para tomates

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

Fuente: CODEX 2013

2.5. Fenología del cultivo de tomate

La fenología del tomate comprende las etapas que forman su ciclo de vida. Este es un cultivo que presenta tres etapas principales de desarrollo. Los nombres que reciben son: inicial, vegetativa y reproductiva. Para cada etapa los requerimientos nutricionales e hídricos son distintos (Figura 1) (Olmo 2018).

2.5.1. Fase Inicial: comienza con la germinación de la semilla. Se caracteriza por el rápido crecimiento vegetal, la planta invierte su energía en la síntesis de nuevos tejidos de absorción y fotosíntesis (CENTA 2015).

2.5.2. Fase vegetativa: el crecimiento sigue ocurriendo, pero de una manera más lenta. Durante esta fase la planta requiere mayor cantidad de nutrientes para

satisfacer las necesidades de las hojas y ramas en crecimiento, finaliza al inicio de la floración (Olmo 2018).

2.5.3. Fase reproductiva: se inicia a partir de la floración y abarca la fructificación, dura entre 30 o 40 días, y se caracteriza porque el crecimiento de la planta se detiene y los frutos extraen los nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración (CENTA 2015).

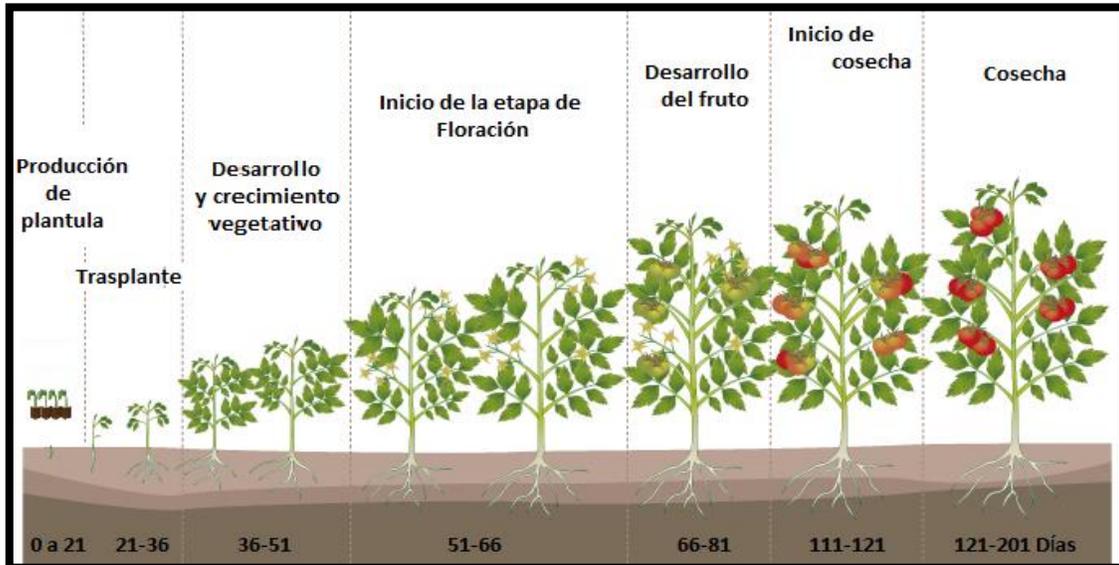


Figura 1: Fenología del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado

Fuente: Modificado de INIA Ururi, 2018

2.6. Hábito de crecimiento del tomate

2.6.1. Plantas de crecimiento determinado: son plantas cuyos tallos principales y laterales 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. Su crecimiento se detiene después de la aparición de varios racimos de flor con la formación de un último racimo apical. La cosecha puede realizarse de una a tres veces durante el ciclo de cultivo (López 2016).

Las Plantas de crecimiento determinado tienen forma de arbusto, las ramas laterales son de crecimiento limitado, presentan en cada extremo de crecimiento una yema floral y tienen periodos definidos de floración y cuajado de frutos. El tamaño de la planta varía de acuerdo a la variedad; Pudiendo ser plantas compactas, medianas y largas, para estos 14 últimos es necesario utilizar tutores (CENTA 2018).

2.6.2. Plantas de crecimiento indeterminado: se produce cuando el ápice caulinar crece en forma consecutiva. El crecimiento es guiado o tutorado, deteniendo su crecimiento a través del despunte. La gran mayoría de variedades utilizadas para consumo fresco son de tipo indeterminado. Dado que el tipo de crecimiento se debe “colgar” la planta para facilitar su manejo y conducción (Torres 2017).

Son plantas cuyo crecimiento vegetativo es continuo. Su tallo principal puede llegar a medir hasta unos 10 m de largo, si es manejado a un solo eje de crecimiento. Las inflorescencias aparecen lateralmente en el tallo. El tallo se produce a partir de la penúltima yema, empuja a la inflorescencia terminal hacia afuera, de tal manera que el tallo lateral aparece a continuación del tallo principal que le dio origen. Los cultivares de cocina y ensalada corresponden a este orden y es el preferido para cultivares en invernadero (CENTA 2018).

2.6.3. 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)

2.7. Ciclo de cultivo

La duración del cultivo del tomate está determinada principalmente por la variedad y por las condiciones del clima en las cuales se produce el desarrollo de la planta. El tiempo transcurrido hasta la apertura de la primera flor depende de la radiación total recibida, pero puede estar entre 40 y 50 días después de la siembra de la semilla. El desarrollo de la flor, por su parte, está determinado fundamentalmente por la temperatura, siendo las temperaturas diurnas más importantes que las nocturnas.

Cuando la flor ha alcanzado un completo desarrollo, se produce la fecundación del óvulo como consecuencia de la polinización. El tiempo requerido desde el cuajamiento del fruto hasta que se desarrolla un fruto maduro oscila entre 7 y 9 semanas, en función de la variedad, la posición en el racimo y las condiciones ambientales (Escobar 2009).

Inicialmente, el crecimiento del fruto es lento durante las primeras 2 o 3 semanas y se alcanza un 10% del peso total del fruto. Posteriormente, viene un período de rápido crecimiento que dura entre 3 y 5 semanas, en el cual el fruto alcanza prácticamente su máximo desarrollo. Finalmente, hay un período de crecimiento lento de unas dos semanas, en el que el aumento en el peso del fruto es pequeño, pero se producen cambios metabólicos característicos de la maduración (Escobar 2009).

2.8. Requerimientos del cultivo

2.8.1. Requerimientos climáticos

El tomate es una planta que exige buenas condiciones de temperatura, luminosidad y humedad relativa para un buen desarrollo y producir satisfactoriamente, es una hortaliza de clima cálido que no tolera heladas. Las condiciones climáticas influyen, entre otras cosas, en el cuajado de los frutos, y la calidad de los frutos. (Estrada 2010).

2.8.2. Temperatura

La temperatura óptima de desarrollo para el cultivo del tomate oscila entre 20 y 30 °C durante el día y entre 14 y 17 °C durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35 °C afectan la fructificación por mal desarrollo de óvulos, el desarrollo de la planta y del sistema radical también se afecta. Temperaturas superiores a 30 °C, e inferiores a 12 °C ocasionan que la fecundación sea defectuosa o nula (Chaverría 2011).

El crecimiento de los tomates reduce la tasa de crecimiento a partir de 26°C. Por otra parte, está comprobado que la tasa de crecimiento del cultivo de tomate muestra mínima respuesta a la radiación fotosintética activa a altas radiaciones (Iglesias 2015).

Temperaturas superiores a los 30 °C, ocasionan que el polen no madure, por lo tanto, no hay fecundación, observándose aborto floral o caída de flor. Se recomienda seleccionar variedades que se adapten a este tipo de condiciones ambientales (CENTA 2015).

La maduración del fruto está muy influenciada por la temperatura en lo que se refiere a precocidad y color del fruto, de manera que valores cercanos a los 10 °C, así como superiores a los 30 °C originan tonalidades amarillentas. No obstante, los de temperatura descritos son simplemente indicativos, debiendo tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los parámetros climáticos (Cuadro 3) (Chaverría 2011).

Cuadro 3: Temperaturas críticas del cultivo de tomate

Descripción	Temperatura óptima
Germinación	25-30°C
Desarrollo Vegetativo	18-23°C
Cuaje de Fruto	23-25°C
Maduración del Fruto	23-25°C

Fuente: Modificado de Jiménez, 2018

2.8.3. Altitud

El tomate puede cultivarse desde los 20 a los 2000 msnm, tomando en cuenta la capacidad de adaptación de cada variedad o híbrido (CENTA 2018).

2.8.4. Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el cultivo del tomate oscila entre el 60% y 80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas en el follaje, agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se apelmaza, abortando parte de las flores. La presencia de una humedad relativa baja en el invernadero también afecta la fecundación, ya que el polen se reseca demasiado, lo que dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (Chaverría 2011).

2.8.5. Radiación

El tomate es un cultivo insensible al fotoperiodo, sin embargo, requiere de una buena iluminación, la cual se modifica por la densidad de siembra, sistema de poda, tutorado y prácticas culturales que optimizan la recepción de los rayos solares, especialmente en época lluviosa cuando la radiación es más limitada. Valores de radiación total diaria alrededor de 0.85 MJ m⁻², son los umbrales considerados mínimos para la floración y formación de fruto (CENTA 2015).

2.8.6. Luminosidad

Las horas luz necesarias para el óptimo desarrollo del cultivo oscilan entre 8 a 16 horas, Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de floración y fecundación, así como el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos, durante el período vegetativo, resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad (Chaverría 2011).

El tomate es sensible a condiciones de baja luminosidad, ya que el cultivo requiere como mínimo seis horas diarias de luz directa del sol para florecer. La cantidad de radiación determina la cantidad de azúcares producidas en las hojas durante la fotosíntesis, y mientras más alta es la cantidad de azúcares producida, la planta puede soportar más frutos, mejorando el rendimiento del cultivo (CENTA 2015).

2.9. Requerimientos nutricionales

Un inapropiado proceso de preparación y manejo de solución nutritiva bajo la técnica de hidroponía puede afectar el crecimiento y el rendimiento del cultivo de tomate. La preparación de la solución nutritiva de un proceso complejo que requiere que un productor o asesor conozca: las propiedades físicas y químicas del suelo o sustrato, características de la variedad a establecer, la calidad del agua de riego, los aportes del agua de riego, las características de los fertilizantes (Cuadro 4), la forma manual de calcular la solución nutritiva la preparación de la solución madre compatibilidad entre fertilizantes formas de inyectarla mediante un automatismo y el monitoreo de nutrientes para el programa de nutrición. Por lo tanto, es fundamental comprender la relación entre suelo, planta, clima y nutrición para lograr rendimientos élitos (INTAGRI 2017).

Cuadro 4: Requerimientos nutricionales del cultivo bajo la técnica de hidroponía

Solución Ideal (mMol/L)			
Aniones		Cationes	
NO₃⁻	13.75	NH₄⁺	0.50
H₂PO₄⁻	1.50	K	8.75
SO₄²⁻	3.75	Ca²	4.25
HCO₃	0.50	Mg²⁺	2.00
Cl	0.00	Na⁺	0.00

Fuente: Baoxauli y Aguilar, 2000

Se recomienda mantener la CE de 0.7 para la 1ª etapa que abarca del trasplante al 1º racimo de frutos; 0.9 para la 2ª etapa que comprende del 1º al 2º racimo; 1.3 para la 3ª etapa que comprende del 2º al 3º racimo; 1.5 para la 4ª etapa que abarca del 3º al 5º racimo y 1.8 para la última etapa hasta el final del ciclo en zonas frías (Chaverría 2011).

2.10. Elaboración de plantines

No se recomienda sembrarlo en forma directa. Lo mejor es sembrarlo en bandejas de polipropileno y durapax de 200 cavidades, asegurando con ello la producción de plantas bien desarrolladas, libres de plagas y enfermedades, las cuales deberán estar protegidas dentro de un invernadero. Las bandejas deben colocarse sobre mesas o tarimas bien niveladas para evitar el anegamiento de las mismas al momento de aplicarles agua. Las mesas pueden construirse de diferentes materiales como bambú, madera o tubo galvanizado. No es

recomendable utilizar tablas de madera porque hay problemas en la formación de raíz (CENTA 2018).

2.11. Requerimientos hídricos

Se debe regar por lo menos dos veces diarias (mañana y tarde) durante el periodo que permanezcan las plántulas en las bandejas. El número de riegos puede aumentar o disminuir dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad relativa predominantes en la zona. La supervisión constante al área de semillero es importante para determinar las necesidades del mismo (CENTA 2005).

2.12. Cultivo bajo techo

Los invernaderos se utilizan para asegurar la producción y calidad de los cultivos, ya que en campo abierto es muy difícil mantener los cultivos de una manera adecuada a lo largo de todo el año. El concepto de cultivos bajo invernadero, representa el paso de producción extensiva de tomate a producción intensiva. Para ello, las plantas han de reunir condiciones óptimas de la raíz a las hojas (CORPOICA 2006).

2.12.1. Invernadero

Los invernaderos son estructuras cerradas que se construyen para proteger los cultivos, particularmente del ataque de vectores transmisores de enfermedades. Un invernadero resuelve una buena parte de la seguridad en la producción. En el ciclo productivo, la protección vegetal es el tema que representa el mayor riesgo, dada la enorme incidencia de plagas y enfermedades que atacan las hortalizas (Chaverría 2011).

2.12.2. Hidroponía

Todos aquellos métodos y sistemas que hacen crecer a las plantas fuera de su ambiente natural: suelo. La hidroponía es la técnica de producción o cultivo sin suelo, en la cual se abastece de agua y nutrientes a través de una solución nutritiva completa brindándoles las condiciones necesarias para un mejor crecimiento y desarrollo de la planta (Pérez 2017).

Hidroponía es una palabra derivada de dos palabras griegas: hydro (agua) y ponos (trabajo), por lo que etimológicamente significa “trabajo en agua”. Sin embargo, actualmente se define como la técnica del cultivo sin suelo, donde las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos disueltos en agua (solución nutritiva) y en la cual el suelo como medio de cultivo se

sustituye por ciertos sustratos inertes y estériles, o en algunos casos por la misma solución nutritiva (Bastida 2012).

2.12.3. Clasificación de los cultivos hidropónicos

Según su clasificación existen dos tipos de cultivos sin suelo: hidroponía propiamente dicha y semi-hidroponía.

Hidroponía propiamente dicha, se subdivide en dos tipos: el cultivo en medio exclusivamente líquido en donde encontramos las plantas que se sumerge su aparato radical en una solución nutritiva y son sometidas con sistemas diversos de una especie. Y por otra parte encontramos el cultivo en sustrato sólido inerte y porosos las plantas están ancladas al sustrato, se divide en dos tipos: en la solución nutritiva que atraviesa el sustrato de arriba abajo por percolación y por una solución nutritiva a través del sustrato de abajo arriba por subirrigación (Durany, 1984).

Semi- hidroponía, qué es el cultivo en sustrato sólido, inerte y poroso (las plantas están ancladas al sustrato). Presenta dos tipos: el primero tenemos el sustrato está mezclado a pequeñas cantidades de turba u otros materiales que absorben la solución nutritiva la cual es suministrada con uno de los métodos antes mencionados, y en la segunda forma el sustrato está mezclado con materiales sintéticos, como las resinas intercambiadoras de iones, saturados oportunamente de los elementos nutritivos necesarios, antes de la actuación del cultivo se en este caso sólo se suministra agua (Durany 1984).

2.12.4. Sustrato

Todo 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 del oxígeno y nutrientes necesarios. El objetivo de cualquier sustrato de cultivo es producir la mayor cantidad de cosecha de calidad en el menor tiempo y con los más bajos costos de producción (Pérez 2017).

2.12.5. Características de los sustratos

2.12.5.1. Fibra de coco

Las razones de su utilización son sus extraordinarias propiedades físicas, su facilidad de manejo y su carácter ecológico. La fibra de coco pertenece a la familia de las fibras duras

como el henequén. Se trata de una fibra compuesta por celulosa y leño, que posee baja conductividad, resistencia al impacto, a las bacterias y al agua. es utilizada como componente de sustratos a base de turba, proporciona una alta capacidad de retención de agua, una elevada aireación del sistema radicular, así como una gran estabilidad de los valores de pH y conductividad eléctrica del medio (Cuadro A-2) (Quiñónez 2014).

2.12.5.2. Escoria volcánica roja

Este tipo de sustrato cuando sus partículas son muy finas, es un sustrato con muy buena retención y distribución de humedad, en cuanto a su contenido mineralógico es básico ya que tiene menos del 52% de silicatos esta contiene además minerales como calcio magnesio y hierro su estructura es vítrea y su estructura es porosa debido a la gran cantidad de poros que se forman (Cuadro A-3) (Arévalo 1992).

2.12.5.3. Sustrato para plantines (Turba)

Cuadro 5: Propiedades físicas de la turba

Características	Turba
Índice de grosor (%)	63
Densidad aparente (g/cm ³)	0,084
Espacio poroso total (% vol.)	94,2
Capacidad de aireación (% vol.)	41,2
Agua fácilmente disponible (% vol.)	22,5
Agua de reserva (% vol.)	4,4
Capacidad de retención de agua (ml/l sustrato)	620

Fuente: Modificado de Curso teórico-práctico: “aplicación de la técnica de hidroponía con enfoque en cultivos hortícolas y su importancia en la seguridad alimentaria”

2.13. Caracterización de recursos genéticos en el cultivo de tomate

2.13.1. Tipos morfológicos

Son un grupo de individuos diferenciados morfológicamente dentro de una especie sin significación taxonómica, en tomate los tipos morfológicos es cada una de las variedades que existen en todo el mundo; también se describe el tipo morfológico de cada una de las partes de la planta, por ejemplo, el tipo morfológico para el fruto (Figura A-2) (UPV 2017).

2.13.2. Descriptores

Son características morfológicas que se manifiestan establemente bajo diferentes condiciones de medio ambiente. Una característica morfológica para ser considerada como descriptor, no debe ser afectada en su expresión, por las diferentes condiciones medio ambientales; en cuanto así ocurra serán descriptores consistentes que permitan una adecuada caracterización morfológica (Gómez 2014).

Descriptores de caracterización: permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos. Generalmente son caracteres altamente heredables, pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes (IPGRI).

Las caracterizaciones se basan en la morfología de la planta, logrando la conversión de los estados de un carácter en términos de dígitos, datos o valores, mediante el uso de descriptores que son características que se expresan más o menos estables bajo la influencia de diferentes condiciones de medio ambiente, permiten identificar los individuos con caracteres propios que los diferencian de los demás (Sneath y Sokal 1973).

Mediante el uso descriptores básicos se caracterizan los caracteres de importancia, con varias finalidades como: la identificación de duplicados, para la presentación de la base de datos morfológicos de los materiales en estudio, y también para estudios de diversidad y variabilidad en una especie (Gómez 2014).

2.14. Mejoramiento genético en tomate

Es una de las especies más estudiadas desde el punto de vista genético. Todas las especies del género *Lycopersicon* presentan doce pares de cromosomas ($2n= 2x = 24$), que son esencialmente homólogos. Se conocen más de 1.000 genes y cerca de 258 han sido mapeados y localizados en los cromosomas con gran precisión. La posición del centrómero también ha sido bien establecida (Gómez 2003).

La variabilidad genética natural es muy expresiva en las especies relacionadas. El alto porcentaje de autopolinización de la planta conduce a una rápida expresión de las mutaciones recesivas. Existen grandes facilidades para realizar cruzamientos controlados que producen gran cantidad de semillas por fruto. El cultivo no presenta mayores problemas y posee un ciclo de vida corto. El paquiteno meiótico facilita la identificación de cada uno de los cromosomas y de sus brazos correspondientes (UNAL 1999).

2.14.1. Estructura genética de las variedades

En la actualidad más del 95% de las variedades comerciales de tomate cultivadas para su consumo en fresco son híbridos (F1) producidos por compañías de semillas. El resto de materiales son líneas de polinización abierta, la mayoría de los cuales son variedades tradicionales (Gómez 2003).

Los híbridos comerciales se obtienen a partir de la polinización controlada de dos líneas puras seleccionadas por la complementariedad de sus caracteres. Estas plantas madre deben tener efectos genéticos predecibles en la descendencia, por eso los híbridos se deben obtener a partir de parentales homocigóticos. Los individuos obtenidos por este sistema presentan lo que se denomina: vigor híbrido, es decir un valor superior a los parentales en lo que hace referencia al comportamiento agronómico. Además, las variedades F1 son completamente homogéneas, característica deseada por las casas comerciales de semillas y los propios agricultores (González 2014).

2.14.2. La mejora genética moderna

Los objetivos de los programas de mejora genética varían en función de distintos factores y buscan resolver problemáticas vinculadas al territorio donde se cultivarán. Por lo tanto, los programas de mejora se han orientado a obtener altos rendimientos, con frutos de alta calidad, manteniendo los costes de producción lo más bajos posible (Bai y Lindhout 2007).

Los consumidores están interesados en variedades singulares y reclaman al mercado cultivares con morfologías singulares y un perfil sensorial superior. En este ámbito las casas de semillas están intentando sacar al mercado nuevas variedades que cumplan con estas demandas, reorientando una parte de sus programas de mejora. Un buen punto de partida para obtener este tipo de cultivares son las variedades tradicionales, las cuales aglutinan gran parte de las características deseadas por los consumidores (González 2014).

2.14.3. Concepto de mutación

Es cualquier cambio heredable en el material hereditario que no se puede explicar mediante segregación o recombinación (UCM 2018).

2.14.4. Clasificación de mutaciones

Mutación espontánea: se produce de forma natural o normal. Mutación inducida: se produce como consecuencia de la exposición a agentes mutagénicos químicos o físicos.

2.14.5. Mutagénesis inducida

Existen diferentes agentes físicos y químicos que producen mutaciones en el ADN. Durante los primeros tiempos de la Genética (1900 a 1930) los investigadores trataron de producir artificialmente mutaciones sin conseguirlo, hasta que Muller en 1927 y Stadler en 1928 demostraron los efectos mutagénicos de los rayos X en *Drosophila*, maíz y cebada. Muller, H. J. recibió el Premio Nobel en 1946 por su descubrimiento de la inducción de mutaciones mediante radiación con rayos X. Entre los agentes físicos que producen mutaciones, están las radiaciones ionizantes (por ejemplo, los Rayos X) y las radiaciones no ionizantes (la luz ultravioleta) (UCM 2018).

2.14.6. Las radiaciones ionizantes producen los siguientes efectos a nivel celular

Efectos genéticos: alteraciones en los genes.

Efectos citogenéticos: alteraciones en los cromosomas: roturas cromosómicas y translocaciones.

Efectos fisiológicos: alteraciones en las enzimas y hormonas. Posteriormente, se demostró que otros agentes físicos y químicos producían mutaciones (UCM 2018).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción del estudio

El estudio se desarrolló en los meses de junio de 2019 a febrero de 2020 en la Facultad de Ciencias Agronómicas, en el invernadero número tres ubicado dentro del vivero de la facultad. El vivero se encuentra ubicado a una altura de 730 msnm, con coordenadas geográficas de Latitud 13°43'7.68" N y Longitud 89°12'1.53" W. Las condiciones climáticas son: temperatura máxima de 34°C y una temperatura mínima de 20°C, humedad relativa de 75 %, precipitación anual 1,500 a 2,000 mm, de promedio de la velocidad del viento de 15 kilómetros por hora (MARN 2019), irradiación solar de 5.3 kWh/m²/día (CNE 2019).

3.2. Metodología de campo

3.2.1. Descripción del invernadero

El invernadero tiene dimensiones de diez metros de largo y cinco metros de ancho, con una altura lateral de 3 m y una altura central de 4.20 m, está construido con bases de hierro, las paredes están cubiertas con malla antivirus de 120 mesh, con piso de cemento, el techo está cubierto con plástico ultravioleta de 180 micrones. Consta con sistema de riego por goteo y nebulizadores mediante un programador automático.

3.2.2. Variedades utilizadas

En el Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear en Cuba fueron irradiadas semillas de la variedad de tomate INCA(9-1) con dosis de 300 y 500 Gy de rayos gama de ⁶⁰Co y la condición de bajo suministro de agua, se identificaron un grupo de mutantes: "Magine", "Carucha", "Domi", "Dodel", "Decia", siendo comparadas con la variedad "Sevaco" como testigo, contando con una estabilidad apropiada en su morfología para el desarrollo la investigación, en la Facultad de Ciencias Agronómicas (UES), de las seis variedades actualmente se han producido nueve ciclos del cultivo (M-9).

3.2.3. Prueba de germinación

Se realizó a las seis variedades, utilizando 100 semillas y papel toalla para mantener la humedad regándose diariamente, el periodo de germinación comprende de 5 a 7 días. La temperatura óptima para la germinación es 28°C (Salazar 2013).

Para obtener el dato del porcentaje de germinación se dividió el total de semillas germinadas entre el total de semillas puestas a germinar, multiplicando el resultado por 100.

3.3. Actividades previas al establecimiento del cultivo

3.3.1. Reparación, limpieza y desinfección del invernadero

Se sustituyó la malla antivirus de 120 mesh, sistema de riego, piso de cemento y soportes para los tutores. El sistema de riego se limpió utilizando melaza, se colocaron nuevos accesorios en el sistema de riego y posteriormente el aforo para conocer las características del sistema; la lámina de agua se basó en la edad del cultivo y las condiciones ambientales. Se realizó un lavado interno del piso, para la desinfección y protección del invernadero se aplicó fungicida e hipoclorito de sodio al 2.5%. Las macetas se lavaron y se desinfectaron, posteriormente se ubicaron mediante el diseño estadístico.

3.3.2. Producción de plantines en bandeja

Para la producción de plantines fue necesario: Bandejas de polietileno con 84 alveolos, cada alveolo contiene un volumen de 47 cc, tiene dimensiones de 30 cm de ancho y 50 cm de largo, sustrato turba esterilizada el cual es un carbón ligero, esponjoso y de aspecto terroso que se forma en lugares pantanosos debido a la descomposición de materiales vegetales, semillas de las seis variedades mutantes de tomate, previo a la siembra se humectó el sustrato, luego se llenaron las bandejas a $\frac{3}{4}$ partes, compactando, se colocaron dos semillas por alveolo y se cubrieron completamente con sustrato, las bandejas se ubicaron dentro del invernadero.

El manejo se basó en el monitoreo de plagas y enfermedades, control de las horas luz directas sacando las bandejas del invernadero y el riego que se basó en las condiciones del ambiente (temperatura y humedad relativa).

La nutrición de los plantines se realizó bajo la técnica de subirrigación, aplicando la solución nutritiva durante un tiempo de 5 a 10 minutos por día. Se preparó una solución nutritiva mediante fertilizante hidrosoluble de inicio con fórmula (15-30-15-1), utilizando el método físico-químico, el pH de la solución fue de 6 y la salinidad (C.E.) de 0.8 mS/cm, parámetros medidos con el conductívimetro de la marca OAKTON, modelo PCTS 50.

3.3.3. Preparación de sustrato para llenado de macetas

Para el establecimiento se utilizó macetas de polietileno número 12, con diámetro de 28 cm y altura de 25 cm, con capacidad de 10 litros, el sustrato fue una mezcla de 40% fibra de coco y 60% escoria volcánica, para la desinfección se utilizó hipoclorito de sodio disuelto al 1%. Las macetas se colocaron sobre setos de 20 cm de altura con un distanciamiento en cada tratamiento de 70 cm entre plantas y 40 cm entre surcos, entre bloques fue de 80 cm.

3.4. Establecimiento del cultivo

3.4.1. Trasplante

El trasplante de las plántulas se realizó en horas frescas, se humedecieron las bandejas con la finalidad de separar el pilón de la superficie, se aplicó riego por goteo hasta lograr que la mezcla del sustrato en las macetas alcanzó el estado de humedad de capacidad de campo, se colocó una planta por maceta, la actividad se realizó a los 21 días después de la siembra. Posterior al trasplante se realizó un riego rápido.

3.5. Manejo del cultivo

3.5.1. Riego

Con las características obtenidas mediante el aforo del sistema de riego por goteo, se determinó el tiempo y la cantidad en milímetros de agua que se aplicó por maceta en cada fase de crecimiento del cultivo. Se aplicó tres riegos por día, iniciando a las 8:00 am, 11:00 am y por la tarde a las 2:00 pm. El riego dependió de la edad de la planta, los datos de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero y se ajustó la lámina de agua y el tiempo de riego, acondicionándolas para lograr cubrir las necesidades del cultivo en todas sus fases fenológicas.

3.5.2. Análisis químico del agua de riego

Se realizó en el Laboratorio de Agua de la Facultad de Química y Farmacia, de la Universidad de El Salvador (UES) con el fin de obtener el conocimiento de los aportes de los cationes, aniones, pH y salinidad (CE), necesarios para el conocimiento de los elementos iónicos aportados.

3.5.3. Nutrición

La nutrición consistió de la aplicación de los nutrientes en el agua de riego, la nutrición se basó en la fenología del cultivo de tomate, utilizando fertilizantes hidrosolubles de inicio, desarrollo y producción, para preparar la solución concentrada se pesó 3.25 lb de fertilizante por 10 litro de agua, para realizar la solución nutritiva se utilizó un pH de 6.0 en todo el ciclo de cultivo, el pH se regulo con ácido fosfórico 85%; para la conductividad eléctrica (mS/cm) se agregó al tanque de riego con capacidad de 2,100 litros, solución concentrada hasta lograr la CE de acuerdo a cada fase del cultivo Para medir pH y CE se utilizó el conductivímetro (Cuadro A-4).

3.5.4. Técnica de tutorado

Se colocó alambre galvanizado a una altura de 2.0 m para fijar las cuerdas tutoras, a medida la planta creció se sujetó a la pita y se enrolló manualmente, para dar soporte a las plantas, evitar daños físicos como quebraduras de tallos y racimos, evitar que los frutos toquen el piso y lograr la estabilidad del peso producido por los frutos.

3.5.5. Incorporación de sustrato en las macetas

Se realizó en las primeras semanas de establecido el cultivo; con esto se logró mayor estabilidad de las plantas en la maceta, durante el ciclo del cultivo pueden realizarse incorporaciones dos o tres veces. Se agregó la cantidad de sustrato necesario a cada recipiente, con la finalidad de cubrir todas las raíces y mantener firme la planta.

3.5.6. Podas

Se realizaron podas sanitarias de forma manual eliminando hojas dañadas, enfermas o que hayan llegado a su madurez fisiológica, para mejorar crear un microclima más apto para el cultivo.

3.5.7. Prevención de plagas y enfermedades

La prevención de plagas y algunas enfermedades que pudieron transmitirse se controlaron con la malla antiviral del invernadero. Se realizó un cambio de ropa y calzado al ingreso del invernadero minimizando el ingreso de patógenos causantes de enfermedades.

El control fitosanitario se basó en la prevención y monitoreo constante de las plantas, para evitar la proliferación de plagas y enfermedades ya sea por algún vector biótico o abiótico, se

realizó un control de insectos, bacterias y hongos de ser necesario mediante la aplicación de productos agroquímicos como Derozim 50SC.

3.6. Cosecha

Los indicadores a tomar en cuenta para la cosecha: Madurez fisiológica, tamaño del fruto, ciclo de cultivo, siendo el más determinante el color del fruto. Para el mercado el tomate se cosechó en su etapa verde maduro o pintón, a fin de reducir las pérdidas, la cosecha se realizó de forma manual, almacenándolo en jabas.

3.7. Toma de datos

La metodología se describe en las siguientes tablas, tomando los indicadores de interés presentes en el Descriptor para tomate (*Lycopersicon spp.*) del Instituto Internacional de Recursos Fitogenético (IPGRI).

Cuadro 6: Variables fenológicas

Variables	Siglas	Uds.	Descripción
Días a germinación	DG	Cant.	El dato se tomó desde el día que inicio la prueba hasta lograr la germinación mayor del 50%
Porcentaje de germinación	G	%	Se colocaron 100 semillas en cajas Petri con papel toalla, se observaron y se anotó el dato.
Días a trasplante	DT	Cant.	El dato se tomó desde la siembra de semillas en bandeja, hasta el momento de establecer el cultivo.
Días a floración	DF	Cant.	La variable se tomó del trasplante de la plántula hasta lograr un 50% de floración en el cultivo.
Días a cosecha	DA	Cant.	Se contaron los días transcurridos desde el trasplante hasta lograr un 50% de formación de frutos.
Tipo de crecimiento	TCT	Desc.	Se clasificó en base a la altura como determinado, indeterminado, semideterminado.

Fuente: Modificado del Descriptor para tomate del IPGRI

Cuadro 7: Variables morfológicas

Variable	Siglas	Uds.	Descripción
Diámetro del tallo	DT	Cm	La variable se midió en cm, con el instrumento pie de rey, se tomó a 10 cm de la base.
Altura de la Planta	AP	Cm	Se tomó con una cinta métrica, de la base de la planta hasta el meristemo apical.
Número de flores	NF	Cant.	En cada inflorescencia se tomó el número de flores por planta, cuando el cultivo logro el 50% de flores.
Forma longitudinal fruto	FL	Desc.	Se comparó con las características del descriptor IPGR, comparando la forma de los frutos.
Color no maduro	CFNT	Cód.	Se comparó el color del fruto con la tabla Munsell.
Número de lóculos	NA	Cant.	Se cortó transversalmente el fruto y se contaron los lóculos.
Color maduro	CFM	Cód	Se comparó el color del fruto con la tabla Munsell.

Fuente: Modificado del Descriptor para tomate del IPGRI

Cuadro 8: Variables de rendimiento

Variable	Siglas	Uds.	Descripción
Frutos por planta	FP	Cant.	Se contaron los frutos por planta de cada variedad que alcanzo la madurez de cosecha.
Número de cortes	NC	Cant.	En todo el ciclo de cosecha, se tomó el dato de los cortes realizados.
Peso de fruto	P	G	Con la ayuda de una balanza semianalitica se anotó el peso de los frutos.
Dureza en fruto maduro	D		Se utilizó el Penetrometro para determinar la dureza que presentan los frutos de cada variedad.
Cantidad de semillas gramo	SG	G	Se pesó un gramo de semillas en la balanza analítica y se contó la cantidad de semillas en el
Vida en anaquel	DA	Días	Se contaron los días transcurridos desde el día de corte hasta el fruto no fue apto para el consumo.
Solidos solubles	GB	%	Se midieron con el Brixometro, en unidades Brix.

Fuente: Modificado del Descriptor para tomate del IPGRI

3.8. Variables climatológicas

Se tomaron los valores de temperatura ambiental y humedad relativa, con ayuda de un higrómetro y también un termómetro, se registraron por semana, estos datos se tomaron en el interior del invernadero.

3.9. Metodología estadística

3.9.1. Tipo de investigación

La investigación por su lugar de ejecución se clasifica como de campo, según el propósito aplicada, por su aporte a la sociedad técnica y por el manejo de las variables clasificada como experimental.

3.9.2. Organización, procesamiento y análisis de datos

La organización, procesamiento y análisis estadístico de los datos inició con una etapa exploratoria o descriptiva en la cual se aplicó el análisis multivariante de la varianza, siendo la rama de la estadística t del análisis de los datos que nos permite describir, resumir, ordenar, agrupar, clasificar y relacionar conjuntos de variables, creando nuevas variables que facilitan el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la investigación, permitiendo una rápida y confiable toma de decisiones. Finalmente, se ejecutó una etapa experimental o cuantitativa, en la cual se llevó un análisis confirmatorio, específicamente la planificación y aplicación del Diseño experimental Bloques Completos al Azar (DBCA).

3.9.3. Población y muestra

Los tratamientos constaron de 4 plantas de tomate por cada variedad, utilizando 6 variedades, con cinco bloques, haciendo un total de 120 plantas. La unidad experimental será una planta de cada tratamiento (Figura A-1).

3.9.4. Variables cuantitativas

3.9.4.1. Análisis de Varianza

Todos los datos de las variables en estudio se analizaron mediante la técnica de análisis de varianza, obteniendo estadísticamente el comportamiento de los datos, logrando así la aplicación de la prueba estadística contrastes ortogonales.

3.9.4.2. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Bloques Completos al Azar, con la finalidad de bloquear un factor fijo (Sombra de los árboles cercanos al vivero) que afecta el comportamiento de los datos, siendo el factor la sombra de árboles cercanos al invernadero.

El modelo matemático para el diseño estadístico de Bloques al Azar es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + B_j + e_{ij}$$

En donde

Y_{ij} = es una de las observaciones o datos del experimento.

μ = es la media del experimento

t_i = es el efecto de los tratamientos

B_j = es el efecto del bloque

e_{ij} = es el error experimental

Cuadro 9: Análisis de varianza para un Diseño de Bloques al Azar.

Fuente de Variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F observada
Bloques	b-1	$\sum_{j=1}^b Y^2 \cdot j / a - (Y_{..})^2 / n$	S. C. BLOQUES/b-1	C.M. BLO./C.M.E.
Tratamientos	a-1	$\sum_{i=1}^a Y^2 \cdot i / a - (Y_{..})^2 / n$	S.C. TRAT./a-1	C.M. TRA./C.M.E.
Error experim.	(a-1)(b-1)	S.C. TOTAL - S.C. BLO. + S.C. TRA.	S.C. ERR./ (a-1)(b-1)	
Total	ab-1	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y^2 \cdot i / a - (Y_{..})^2 / ab$		

Fuente: Nuila, 1990

Siendo: $Y_{..}$ = el gran total

Y_i = total del tratamiento i

$Y_{.j}$ = total del bloque j

3.9.4.3. Análisis multivariado

Se utilizó con la finalidad de analizar simultáneamente el conjunto de datos de las variables para cada individuo en estudio, las técnicas multivariadas que se utilizaron para el análisis de datos son: Análisis de correlación, conglomerados (Cluster Analysis) y análisis de componentes principales (ACP).

3.9.4.4. Software y programas

Para el Análisis multivariado se utilizó el programa PAST 3.24 y para el Análisis confirmatorio se utilizó InfoStat versión 9, que es un software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descriptores Agronómicos

4.1.1. Fenología de las variedades

La fenología de las seis variedades presento una similitud en cada etapa, con base a lo registrado por Instituto De Investigaciones Agropecuarias (INIA) en el 2018 y también en relación a la variedad Sevaco que fue el testigo utilizado porque sus características se asemejan a las características de las variedades utilizadas por productores nacionales, las seis variedades germinaron a los tres días y emergieron a los cuatro días de establecidas las bandejas, el trasplante se realizó a los 21 días para todas las variedades, el periodo que tardan en iniciar la producción en promedio son 100 días. Se registran un promedio de 13 días, iniciando el día de corte, para la variable vida en anaquel; la conductividad que se manejó en la etapa productiva es de 2.5 mS/cm (Figura 2).

Producción de plántula	Trasplante	Desarrollo y crecimiento vegetativo	Etapa de floración y desarrollo de fruto		Cosecha	Vida del fruto en anaquel	
0-21	21	21-51	51-81		111-201	INIA, 2018	
							
Carucha	21	21-54	54-101		101-132	13	
Decía	21	21-48	48-99		99-132	13	
Dodel	21	21-50	50-105		105-136	13	
Domi	21	21-53	53-102		102-135	14	
Magine	21	21-50	50-102		102-137	13	
Sevaco	21	21-50	50-98		98-140	15	
C.E	0.8	1.0	1.0-2.3	2.3-2.5	2.5-2.5	2.5	2.5 (mS/cm)

pH: 6.0

Figura 2: Fenología de las seis variedades de tomate

4.1.2. Días a germinación

Para la prueba de germinación se colocaron 100 semillas de cada variedad en papel toalla húmedo, revisando diariamente la cantidad de semillas germinadas hasta lograr un dato mayor a 50% de ellas, obteniendo que las variedades: Carucha, Decía, Dodel, Domi, Magine y el testigo Sevaco, presentaron un periodo de germinación de tres días. Siendo semejante a los cuatro días, reportado por en INIA Ururi (2018).

4.1.3. Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación presentado fue excelente en las variedades, siendo mayor al 90% clasificándola como semilla de calidad, indicando un alto estándar de calidad.

En comparación con Hernández *et al.* (2012), que obtuvieron datos de 95%, 80%, 85%, 85%, 75% de las variedades Domi, Magine, Dodel Decia y Carucha respectivamente. Los datos obtenidos claramente difieren con el estudio previo de las mismas variedades.

Cuadro 10: Porcentaje de germinación de las seis variedades

Variedad	Germinación	Rango*
Carucha	96%	>95%
Decía	93%	>95%
Dodel	99%	>98%
Domi	91%	>95%
Magine	97%	>95%
Sevaco	92%	>95%

Fuente: Elaboración propia, CENTA, 2018*.

4.1.4. Días a emergencia

Se contabilizaron los días transcurridos desde la siembra de semillas en bandejas hasta la emergencia de la radícula en el sustrato, el periodo que tardaron las semillas en emerger fue igual para las cinco variedades en estudio y el testigo, con un periodo de cuatro días.

Los datos difieren en comparación al estudio realizado por Hernández *et al.* (2012), reportando un periodo de siete días. Además, INIA Ururi (2018), en su manual técnico del cultivo de tomate reporta cuatro días de emergencia después de la siembra (Cuadro A-5).

4.1.5. Días a trasplante

Para establecer los días a trasplante se contaron los días iniciando con la siembra en bandeja hasta que la cantidad de plántulas cumplieran con ciertos indicadores como: Altura, número de hojas, desarrollo de las plántulas. Todas las variedades cumplieron con los indicadores a los 21 días. Es cercano a lo descrito por Monje en 2016, indicando el trasplante a los 25 días.

4.1.6. Días a floración

Para establecer los días de floración se contaron los días desde la siembra en bandeja hasta lograr un dato observado igual 50% de las plantas de cada variedad comenzaran a presentar flor, las variedades: Magine, Sevaco y Dodel iniciaron floración en un periodo promedio de 50 días, Carucha y Domi con un periodo promedio de 53 días y la variedad Decía fue la única variedad que floreo en 48 días. El dato más frecuente es de 48 días a floración en las seis variedades (Cuadro 11).

Los datos en comparación al estudio realizado por Hernández *et al.* (2012), presentaron datos de 52 días a floración para todas las variedades obteniendo datos similares al estudio con respecto al promedio.

Cuadro 11: Medidas resumen para la variable días a floración.

Variedad	Promedio	Moda	F(modal)	Min	Max	Desviación	C.V. %
Carucha	53.50	48	8	48	59	7.78	14.54
Decia	48.00	48	10	48	48	-	-
Dodel	50.00	48	5	48	52	2.83	5.66
Domi	53.00	48	7	48	59	5.57	10.51
Magine	50.00	48	6	48	52	2.83	5.66
Sevaco	50.00	48	8	48	52	2.83	5.66

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.1.7. Días a cosecha

Para establecer los días a cosecha, se contaron los días transcurridos, iniciando con la siembra hasta lograr un 50% de la formación de los frutos en el cultivo. En el cuadro 13 la variedad Sevaco y Decia fueron las más precoces con 98 días y la variedad Dodel fue la variedad que más tiempo tardó con 105 días. La frecuencia en la variable días a cosecha para las variedades Carucha y Dodel presentan 104 días, Decia, Domi, Magine y Sevaco 97 días a cosecha.

Hernández *et al.* (2012), presentaron datos de 97 días a cosecha similares a las variedades Decia, Domi, Magine y Sevaco.

Cuadro 12: Medidas resumen de la variable días a cosecha.

Variedad	Promedio	Moda	f (moda)	Min	Max	Desviación	C.V. %
Carucha	100.33	104	4	94	108	5.09	5.07
Decia	98.33	97	4	94	104	5.13	5.22
Dodel	104.75	104	6	98	111	5.38	5.13
Domi	101.33	97	3	94	108	5.50	5.43
Magine	101.50	97	3	97	108	4.51	4.44
Sevaco	97.80	97	3	94	101	2.59	2.65

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.2. Descriptores de la planta

4.2.1. Variables morfológicas

Para las variables cuantitativas, el análisis de varianza, para el diseño estadístico Bloques Completamente al Azar (DBCA) presentó que el factor bloqueo no es significativo en las variables: Diámetro del tallo con una probabilidad de error del 73.39%, altura de la planta con una probabilidad del 81.53%, número de flores con una probabilidad del 9.01%, número de lóculos por planta con una probabilidad de 50.65%, cantidad de frutos por plante con probabilidad de 11.79%, peso promedio de frutos por planta con probabilidad de 9.92% y la variable frutos por planta con probabilidad de 11.79%; por ser superior a 5% de probabilidad de error no presenta significancia, por lo cual el efecto distribución de la sombra de los árboles cercanos al invernadero no afectó el desarrollo de las seis variedades (Cuadro A-8, A-9, A-10, A-11, A-12, A-13, A-14).

4.2.1.1. Tipo de crecimiento

Las características de las diferentes variedades evaluadas presentaron solo dos de los cuatro hábitos de crecimiento descritos en IPGRI (Enano, Determinado, Semideterminado, Indeterminado (Cuadro 13).

Según Hernández *et al.* (2012), las variedades Magine y Carucha expresaron un crecimiento determinado con abundante ramificación. En cambio, las variedades Domi, Dodel y Decia, presentaron un crecimiento semi indeterminado. En la investigación los datos de las variedades difieren a excepción de Domi que en ambos estudios presenta crecimiento semideterminado.

Cuadro 13: Tipo de crecimiento de las seis variedades

Variedades	Tipo de crecimiento	Altura de la planta (cm)
Dodel	Indeterminado	124.20
Decía	Indeterminado	111.80
Sevaco	Indeterminado	131.90
Magine	Indeterminado	115.90
Carucha	Semideterminado	92.80
Domi	Semideterminado	103.30

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.2.1.2. Diámetro del tallo

La variable se midió cada tres días durante la etapa de crecimiento hasta el inicio de la etapa de producción con el instrumento de medición pie de rey.

En las seis variedades de tomate, respecto al diámetro del tallo (Cuadro 14), la variedad Domi presento el mejor comportamiento, con un promedio de 12.3 mm y un coeficiente de variación del 11.53%, a diferencia de la variedad Sevaco, expreso menor diámetro con un promedio de 10.7 mm y un coeficiente de variación de 10.84%.

Con relación al análisis de varianza (Cuadro A-7), el diámetro del tallo presento diferencias significativas en las seis variedades, con una probabilidad de error del 0.23%.

Según el análisis de correlación de Pearson (Cuadro A-10), la variedad Domi, presentó correlación positiva entre las variables de diámetro de la planta (mm), y número de frutos. Presentando probabilidades de error del 4.9% ($P_v=0.049<0.05$), con un $r=0.63$ mostrando una buena correlación.

Al igual que la variedad Sevaco tuvo correlación positiva entre las variables diámetro de la planta (mm), número de flores cuajadas y número de aborto de frutos. Presentado probabilidades de error del 4.76% ($P_v=0.0476<0.05$), y 4.03% ($P_v=0.0403<0.05$). Las variables diámetro y número de flores cuajadas con un $r=0.64$, y las variables diámetro y número de aborto de frutos $r=0.65$ presentando una buena correlación.

Cuadro 14: Medidas resumen para la variable diámetro del tallo.

Variedad	Uds.	N	Media(mm)	D.E.	E.E.	C.V. %
Carucha	Mm	10	11.7	0.67	0.21	5.77
Decia	Mm	10	11.9	0.74	0.23	6.2
Dodel	Mm	10	10.9	0.57	0.18	5.21
Domi	Mm	10	12.3	1.42	0.45	11.53
Magine	Mm	10	11.8	0.63	0.2	5.36
Sevaco	Mm	10	10.7	1.16	0.37	10.84

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.2.1.3. Altura de la Planta

Para esta variable se midió el crecimiento vertical con el instrumento cinta métrica, en centímetros desde la superficie del sustrato hasta el ápice del tallo.

Las seis variedades de tomate, respecto a la altura de la planta (Cuadro 15), la variedad Sevaco presento el mejor comportamiento, con un promedio de 131.90 cm y un coeficiente de variación del 17.79%, a diferencia de la variedad Carucha, expreso menor altura con un promedio de 92.80 cm y un coeficiente de variación de 8.77%.

Con relación al análisis de varianza (Cuadro A-8), la altura de la planta presento diferencias significativas en las seis variedades, con una probabilidad de error del 0.01%.

Según el análisis de correlación de Pearson (Cuadro A-10), la variedad Magine, presentó correlación positiva entre las variables de altura de la planta, número de flores y número de flores cuajadas. Presentado probabilidades de error del 0.28% ($P_v=0.0028<0.05$) y 2.23% ($P_v=0.0223<0.05$). Las variables altura y número de flores con un $r=0.83$ y las variables altura y número de flores cuajadas con un $r=0.71$ presentando una buena correlación.

Al igual que la variedad Sevaco tuvo correlación positiva entre las variables altura de la planta (cm), número de flores, número de flores cuajadas y número de frutos. Presentado probabilidades de error del 0.32% ($P_v=0.0032<0.05$), 1.86% ($P_v=0.0186<0.05$) y 1.46% ($P_v=0.0146<0.05$). Las variables altura y número de flores con un $r=0.83$, las variables altura y número de flores cuajadas con un $r=0.72$, y las variables altura y número de frutos $r=0.74$ presentando una buena correlación.

Según Hernández *et al.* (2012), las variedades Carucha, Magine, Domi, Dodel y Decía tuvieron una altura de 50, 80, 90, 100 y 110 cm respectivamente.

Cuadro 15: Medidas resumen para la variable altura de la planta.

Variedad	Uds.	N	Media (cm)	D.E.	E.E.	C.V. %
Carucha	Cm	10	92.80	8.13	2.59	8.77
Decia	Cm	10	111.80	11.11	3.51	9.94
Dodel	Cm	10	124.20	12.59	3.98	10.14
Domi	Cm	10	103.30	8.11	2.56	7.85
Magine	Cm	10	115.90	17.56	5.55	15.15
Sevaco	Cm	10	131.90	23.47	7.42	17.79

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

En la figura 3 se muestra la comparación de las variables altura y temperatura, la variable temperatura se tomó a la misma hora diariamente dentro del invernadero (8:00 am, 11:00 am y 2:00 pm), con el instrumento termómetro.

El comportamiento observado en las curvas de crecimiento coincide con el comportamiento normal de crecimiento de un fenómeno natural, los primeros 14 días presenta una pendiente de crecimiento moderado hasta la línea perpendicular verde, los siguientes 28 días partiendo del 28 de octubre al 25 de noviembre se observa un crecimiento más acelerado de las plantas entre la línea perpendicular verde hasta la línea amarilla. A partir de esta fecha el crecimiento continuo de una forma desacelerada hasta finalizar su ciclo.

La línea perpendicular roja muestra la fecha promedio de floración de las plantas que coincide con la fecha en la que las curvas prácticamente se aplanan, a partir de esta fecha el crecimiento es mínimo o casi nulo.

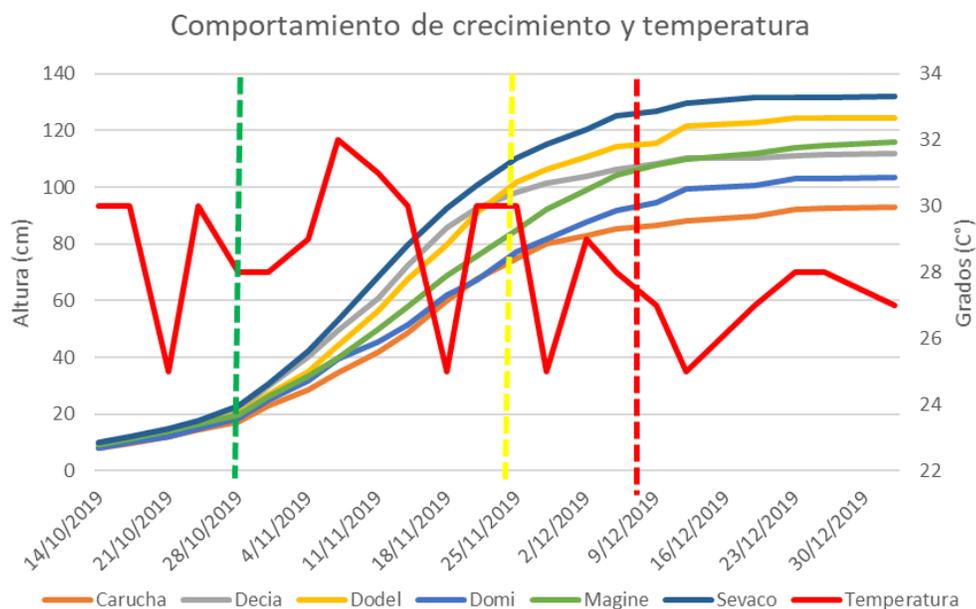


Figura 3: Crecimiento de las seis variedades. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.2.1.4. Número de flores

Para la variable se contaron la cantidad total de número de gajos, luego la cantidad de flor por gajo y se hizo una sumatoria, los datos se recolectaron una vez a la semana contabilizando el aumento o disminución por posibles abortos florales. Se cuantificaron la cantidad de abortos florales y la cantidad de flores cuajadas totales.

Con relación a las seis variedades, respecto a la variable número de flores (Cuadro 16), la variedad Sevaco presento el mejor comportamiento, con un promedio de 68 flores y un coeficiente de variación del 25.16%, a diferencia de la variedad Domi, que expreso menor número de flores con un promedio de 43 flores y un coeficiente de variación de 40.83%.

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro A-9), la cantidad de flores por planta presento diferencias significativas en las seis variedades, con una probabilidad de error de 1.52%.

Cuadro 16: Medidas resumen para la variable número de flores.

Variedad	Uds.	N	Media	D.E.	E.E.	C.V. %
Carucha	Cant.	10	49.4	14.89	4.71	30.15
Decia	Cant.	10	44.4	11.64	3.68	26.21
Dodel	Cant.	10	49.2	19.5	6.17	39.64
Domi	Cant.	10	42.9	17.51	5.54	40.83
Magine	Cant.	10	54	19.24	6.08	35.63
Sevaco	Cant.	10	68	17.11	5.41	25.16

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

Según el análisis de correlación de Pearson (Cuadro A-10), la variedad Carucha, presentó correlación positiva entre las variables de número de flores, número de flores cuajadas, número de aborto de flores y número de aborto de frutos. Presentado probabilidades de error del 0.46% ($P_v=0.0046<0.05$), 0.98% ($P_v=0.0098<0.05$) y 1.66% ($P_v=0.0166<0.05$).

Las variables número de flores y número de flores cuajadas con un $r=0.81$, las variables número de flores y número de aborto de flores con un $r=0.77$ y las variables número de flores con número de aborto de frutos con un $r=0.73$ presentando una buena correlación.

Al igual que la variedad Decia tuvo correlación positiva entre las variables de número de flores, número de flores cuajadas, número de aborto de flores y número de aborto de frutos. Presentado probabilidades de error del 1.09% ($P_v=0.0109<0.05$), 0.76% ($P_v=0.0076<0.05$) y 3.0% ($P_v=0.030<0.05$). Las variables número de flores y número de flores cuajadas con un $r=0.76$, las variables número de flores y número de aborto de flores con un $r=0.78$ y las variables número de flores con número de aborto de frutos con un $r=0.68$ presentando una buena correlación.

La variedad Dodel tuvo correlación positiva entre las variables de número de flores, número de flores cuajadas, número de frutos y número de aborto de frutos. Presentado probabilidades de error del 0.06% ($P_v=0.0006<0.05$), 2.30% ($P_v=0.023<0.05$) y 1.36% ($P_v=0.0136<0.05$). Las variables número de flores y número de flores cuajadas con un $r=0.89$, las variables número de flores y número de frutos con un $r=0.70$ y las variables número de flores con número de aborto de frutos con un $r=0.74$ presentando una buena correlación.

La variedad Domi tuvo correlación positiva entre las variables de número de flores, número de aborto de flores, número de frutos y número de aborto de frutos. Presentado probabilidades de error del 0.59% ($P_v=0.0059<0.05$), 0.93% ($P_v=0.0093<0.05$) y 0.78% ($P_v=0.0078<0.05$). Las variables número de flores y número de aborto de flores con un $r=0.80$, las variables número de flores y número de frutos con un $r=0.77$ y las variables número de flores con número de aborto de frutos con un $r=0.78$ presentando una buena correlación.

La variedad Magine tuvo correlación positiva entre las variables de número de flores, número de flores cuajadas, número de aborto de flores y número de aborto de frutos. Presentado probabilidades de error del 0.08% ($P_v=0.0008<0.05$), 3.34% ($P_v=0.0334<0.05$) y 1.07% ($P_v=0.0107<0.05$). Las variables número de flores y número de flores cuajadas con un $r=0.88$, las variables número de flores y número de aborto de flores con un $r=0.67$ y las variables número de flores con número de aborto de frutos con un $r=0.76$ presentando una buena correlación.

La variedad Sevaco tuvo correlación positiva entre las variables de número de flores, número de flores cuajadas, número de frutos y número de aborto de frutos. Presentado probabilidades de error del 0.01% ($P_v=0.0001<0.05$), 4.07% ($P_v=0.0407<0.05$) y 0.82% ($P_v=0.0082<0.05$). Las variables número de flores y número de flores cuajadas con un $r=0.93$, las variables número de flores y número de frutos con un $r=0.65$ y las variables número de flores con número de aborto de frutos con un $r=0.78$ presentando una buena correlación.

El comportamiento de los datos de las variables relacionadas a la cantidad de flores por planta (Figura 4), el comportamiento de las variables es similar para la mayoría de las variedades. Sevaco y Domi presentaron los mejores resultados en cuanto a número de flores y flores cuajadas, Domi y Decia mostraron los rendimientos florales más bajos en cuanto a flores totales y flores cuajadas.

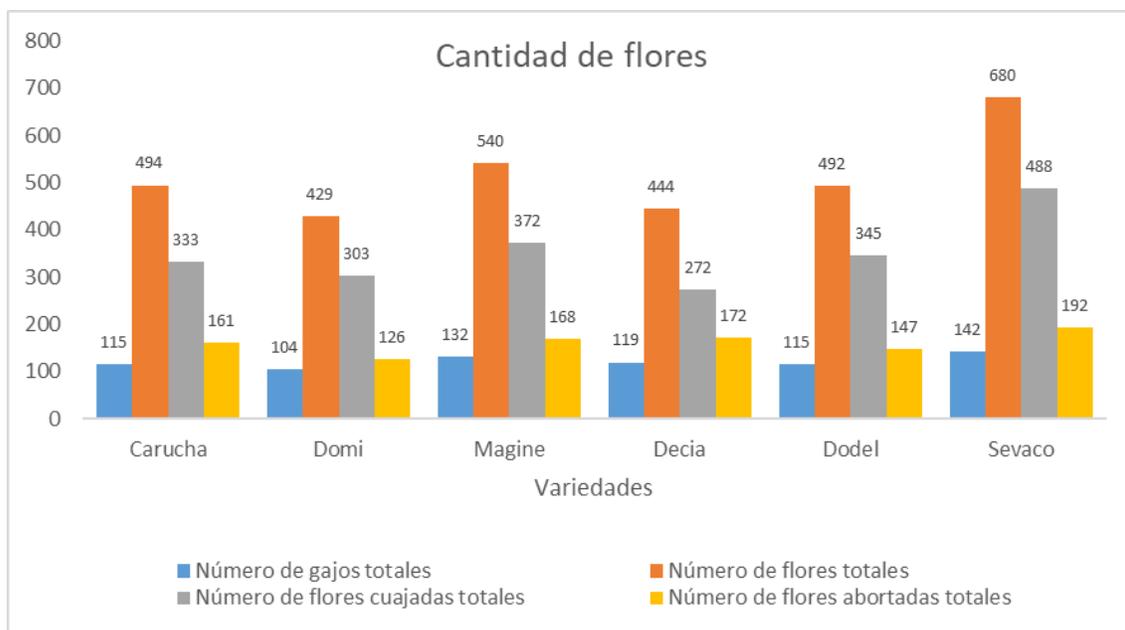


Figura 4: Comparación de cantidad de flores, aborto de flores y frutos cuajados. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.3. Descriptores del Fruto

4.3.1. Forma longitudinal del fruto

Para la variable forma longitudinal del fruto se tomó mediante lo escrito por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), en los descriptores para el tomate (*Lycopersicon* spp.), luego que los frutos cambiaran de color verde a pinto. De las ocho formas mostradas en el descriptor, solo se tuvieron tres formas predominantes, achatada, ligeramente achatada y redondeada.

En el cuadro 17, la variedad Carucha presenta dos clasificaciones para la forma del fruto, teniendo un 60% de frutos de forma achatada y un 40% de forma ligeramente achatada; la variedad Decia presento también éstas dos formas predominantes en un 10% y 90% respectivamente; para la variedad Dodel las formas predominantes fueron tres: achatada 10%, ligeramente achatada 80% y con un 10% la forma redondeado; la variedad Domi presenta igual características que Dodel en 40%, 50% y 10% respectivamente. La variedad Magine presento un 30% de los frutos de forma achatada y un 70% ligeramente achatada y el testigo Sevaco presento dos formas: ligeramente achatada 30% y redondeado 70%.

Cuadro 17: Forma longitudinal del fruto de las variedades.

Variedad	Forma longitudinal del fruto	Porcentaje
Carucha	Achatada	60%
	Ligeramente achatada	40%
Decía	Achatada	10%
	Ligeramente achatada	90%
Dodel	Achatada	10%
	Ligeramente achatada	80%
	Redondeado	10%
Domi	Achatada	40%
	Ligeramente achatada	50%
	Redondeado	10%
Magine	Achatada	30%
	Ligeramente achatada	70%
Sevaco	Ligeramente achatada	30%
	Redondeado	70%

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.3.2. Color exterior del fruto no maduro

En la descripción de la variable se utilizó la tabla Munsell para tejidos vegetales. Todas las variedades presentan predominancia con respecto a un código de color a excepción de la variedad Domi que no presenta alto porcentaje en un solo código de color (Cuadro 18).

El código de color exterior de fruto no maduro para la variedad Carucha es 2.5 GY 8/4 con un 70%, para la variedad Decía es 2.5 GY 8/4 con 80%, Dodel presento un 50% con el código 2.5 GY 8/4 y un 20% 2.5 GY 8/6, Magine un 50% es representado con el código 2.5 GY 8/4 y un 20% 2.5 GY 8/6 y Sevaco con un 60% con el código 2.5 GY 8/4, para la variedad Domi el código de color oscila entre 2.5 GY 8/4 con 30% y 2.5 GY 8/8 con el 20%.

Cuadro 18: Porcentaje de códigos para los colores del fruto no maduro

Variedad	Código	Porcentaje
Carucha	2.5 GY 7/8	10%
	2.5 GY 8/10	10%
	2.5 GY 8/4	70%
	2.5 GY 8/6	10%
Decía	2.5 GY 8/4	80%
	2.5 GY 8/6	20%
Dodel	2.5 GY 7/8	10%
	2.5 GY 8/4	50%
	2.5 GY 8/6	20%
	2.5 GY 8/8	10%
	7.5 GY 8/4	10%
Domi	2.5 GY 6/6	10%
	2.5 GY 7/4	10%
	2.5 GY 7/6	10%
	2.5 GY 8/4	30%
	2.5 GY 8/8	20%
	5 GY 7/6	10%
5 GY 7/8	5 GY 7/8	10%
	5 GY 7/8	10%
Magine	2.5 GY 8/4	50%
	2.5 GY 8/6	20%
	2.5 GY 8/8	10%
	7.5 GY 8/2	10%
	7.5 GY 8/6	10%
Sevaco	2.5 GY 8/12	10%
	2.5 GY 8/4	60%
	5 GY 7/6	10%
	7.5 GY 8/2	10%
	7.5 GY 8/6	10%

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.3.3. Número de lóculos del fruto

Para medir esta variable se cortaron los tomates maduros y se cortó cada tomate en forma horizontal y se contó la cantidad de lóculos. Las variedades Carucha, Decia, Dodel, Domi y Magine presentaron en promedio cuatro lóculos por fruto (Cuadro 19), mientras que la variedad testigo Sevaco solo cuenta con tres lóculos.

En relación al análisis de varianza (Cuadro A-11), el número de lóculos presentó diferencias significativas en las seis variedades, con una probabilidad de error del 0.01%.

Cuadro 19: Medidas resumen para la variable número de lóculos.

Variedad	Uds.	N	Media	D.E.	E.E.	C.V. %
Carucha	Cant.	10	3.90	0.32	0.10	8.11
Decia	Cant.	10	4.00	0.47	0.15	11.79
Dodel	Cant.	10	4.00	0.47	0.15	11.79
Domi	Cant.	10	4.00	-	-	-
Magine	Cant.	10	3.50	0.53	0.17	15.06
Sevaco	Cant.	10	3.20	0.42	0.13	13.18

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.3.4. Color de fruto maduro

Para describir esta variable se utilizó la tabla Munsell para tejidos vegetales. En el cuadro 20, se muestran los códigos para las seis variedades, todas las variedades presentaron predominancia con respecto a un código de color mayor al 50%.

El código de color exterior de fruto maduro para la variedad Carucha es 7.5 YR 7/10 con un 90%, la variedad Decía con 90% representa el código 7.5 YR 7/8, la variedad Domi está representada con un 70% con el código 10 R 6/10, Magine presenta un 50% el código 10 R 6/10 y un 20% 5 YR 7/10, y para la variedad Sevaco se representa el 7.5 YR 7/10 con un 50%.

Cuadro 20: Códigos para los colores del fruto maduro

Variedad	Código	Porcentaje
Carucha	2.5 YR 7/8	10%
	7.5 YR 7/8	90%
Decía	5 YR 7/10	10%
	7.5 YR 7/8	90%
Dodel	10 R 6/10	10%
	5 YR 7/10	80%
	7.5 YR 7/10	10%
Domi	10 R 5/10	10%
	10 R 6/10	70%
	10 R 6/8	10%
	7.5 YR 7/10	10%
Magine	10 R 5/10	10%
	10 R 6/10	50%
	2.5 YR 6/10	10%
	5 YR 7/10	20%
	7 YR 5/8	10%
Sevaco	10 R 5/10	10%
	10 R 6/8	10%
	5 YR 5/10	10%
	5 YR 7/10	50%
	7.5 YR 7/10	10%
	5 YR 6/10	10%

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.4. Variables de rendimiento

4.4.1. Frutos por planta

En toda la fase productiva de las seis variedades, se contabilizaron todos los tomates producidos: La variedad Carucha obtuvo 15 frutos por planta en promedio, Decía y Magine 19 frutos, la variedad Dodel 12 frutos, la variedad Domi 16 frutos y el testigo Sevaco tuvo un promedio de 22 frutos por planta (Cuadro 21).

De acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro A-12), el número de frutos por planta presentó diferencias significativas en las seis variedades, con una probabilidad de error del 0.37%, en la investigación de Hernández *et al.* (2012), Se obtuvieron similares resultados para las variedades Carucha 19 frutos, Domi 18 frutos, Magine 13 frutos, Dodel ocho frutos y Decia cuatro frutos.

Según el análisis de correlación de Pearson (Cuadro A-10), la variedad Dodel, presentó correlación positiva entre las variables de número de frutos y número de lóculos del fruto. Presentado probabilidades de error del 2.92% ($P_v=0.0292<0.05$). Las variables número de frutos con número de lóculos del fruto con un $r=0.68$ presentando una buena correlación

Cuadro 21: Medida resumen de la variable frutos por planta

Variedad	Variable	N	Media	D.E.	E.E.	C.V.%
Carucha	Frutos por planta	10	14.90	3.67	1.16	24.60
Decia	Frutos por planta	10	18.80	6.23	1.97	33.15
Dodel	Frutos por planta	10	11.50	5.17	1.63	44.95
Domi	Frutos por planta	10	15.80	7.98	2.52	50.53
Magine	Frutos por planta	10	19.40	5.97	1.89	30.76
Sevaco	Frutos por planta	10	21.60	5.66	1.79	26.21

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.4.2. Número de cortes

El total de cortes realizados en las variedades Carucha y Domi son 7, Decia y Sevaco 9 cortes, en la variedad Dodel se realizaron 6 cortes y en la variedad Magine 8 cortes en toda la fase de producción.

En comparación a los datos del estudio por Hernández *et al.* (2012), cuyos datos presentaron significativas a los datos del presente estudio. Para la variedad Carucha y Domi cuatro cortes, Magine cinco cortes, Dodel tres cortes y Decia dos cortes.

4.4.3. Peso promedio de frutos por planta

Esta variable se tomó pesando cada fruto con el instrumento balanza analítica, de las variedades de tomate en estudio, respecto a la variable peso promedio de frutos (Cuadro 22), la variedad Dodel presento el mejor comportamiento, con un promedio de 67.16 gramos y un

coeficiente de variación del 27.41%, a diferencia de la variedad Carucha, expreso menor peso de frutos con un promedio de 29.41 gramos y un coeficiente de variación de 9.56%.

Con relación al análisis de varianza (Cuadro A-13), el peso promedio de frutos presento diferencias significativas en las seis variedades, con una probabilidad de error del 0.01%.

Cuadro 22: Medidas resumen de la variable peso promedio de fruto por planta

Variedad	Variable	N	Media(g)	D.E.	E.E.	C.V. %
Carucha	Peso de fruto por planta	10	29.41	2.81	0.89	9.56
Decia	Peso de fruto por planta	10	33.88	4.84	1.53	14.27
Dodel	Peso de fruto por planta	10	67.16	18.41	5.82	27.41
Domi	Peso de fruto por planta	10	35.39	5.65	1.79	15.97
Magine	Peso de fruto por planta	10	34.63	5.39	1.70	15.55
Sevaco	Peso de fruto por planta	10	34.23	1.73	0.55	5.05

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

El comportamiento de la cantidad de frutos de cada variedad en comparación al peso promedio por fruto. La variedad Dodel obtuvo el mejor peso promedio con 67.16 gr, las variedades Decia, Domi y Magine obtuvieron resultado similar de 33.88 gr, 35.39 gr y 34.23 gr respectivamente, y la variedad Carucha obtuvo el resultado más bajo en comparación a las anteriores de 29.41 gr.

Se observa que la variedad Dodel obtuvo la menor cantidad de frutos, pero frutos de mayor tamaño. Y la variedad testigo Sevaco obtuvo la mayor cantidad de número de frutos y de peso promedio similar a las demás variedades (Figura 5).

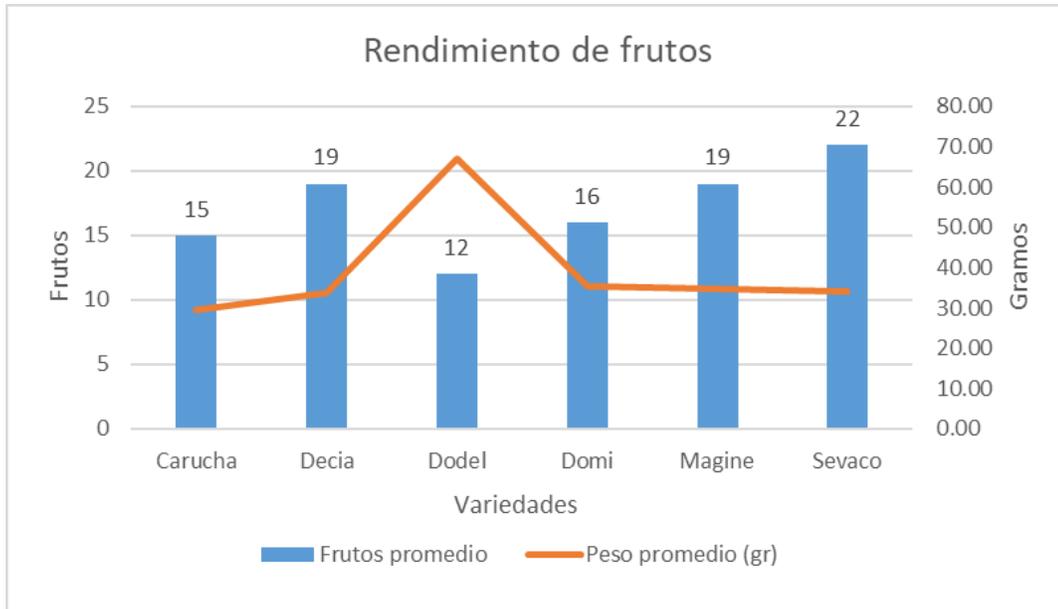


Figura 5: Número y peso de frutos por planta. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.4.4. Dureza en fruto maduro

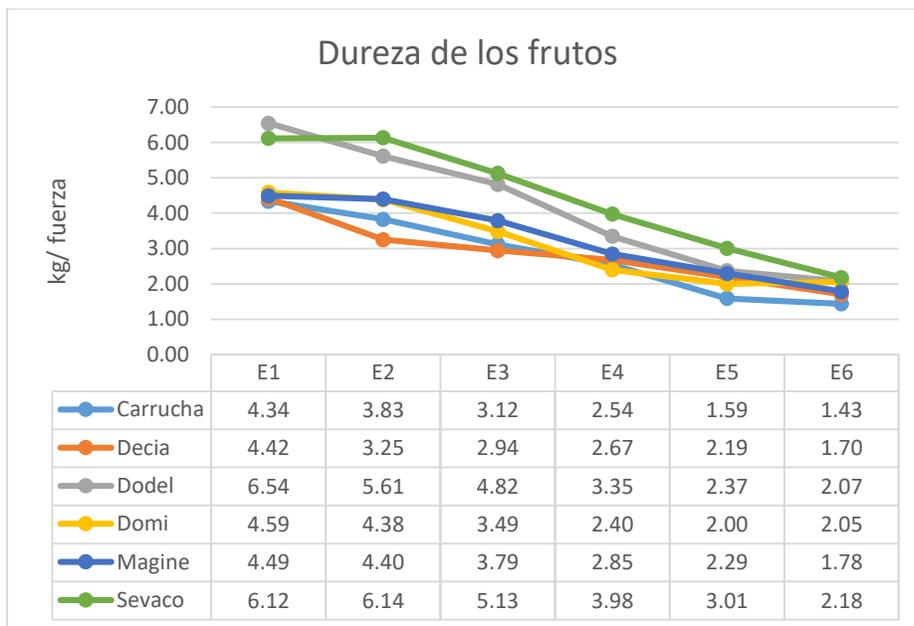


Figura 6: Dureza de frutos, Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

En la gráfica 6 se muestra 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).

4.4.5. Cantidad de semillas en un gramo

La cantidad de semillas promedio por gramo en la variedad Carucha es de 352, la variedad Decia de 321, Dodel con promedio de 279, Domi con 422, Magine tiene 390 semillas en un gramo y Sevaco cuenta con 366 semillas.

4.4.6. Vida en anaquel

La duración del periodo que los frutos que son aptos para el consumo en general, alimentos frescos o procesados (agroindustria) de las variedades Carucha, Decia, Dodel y Magine es de 13 días, para Domi fue un periodo de 14 días y Sevaco con 15 días.

4.4.7. Solidos solubles en fruto maduro

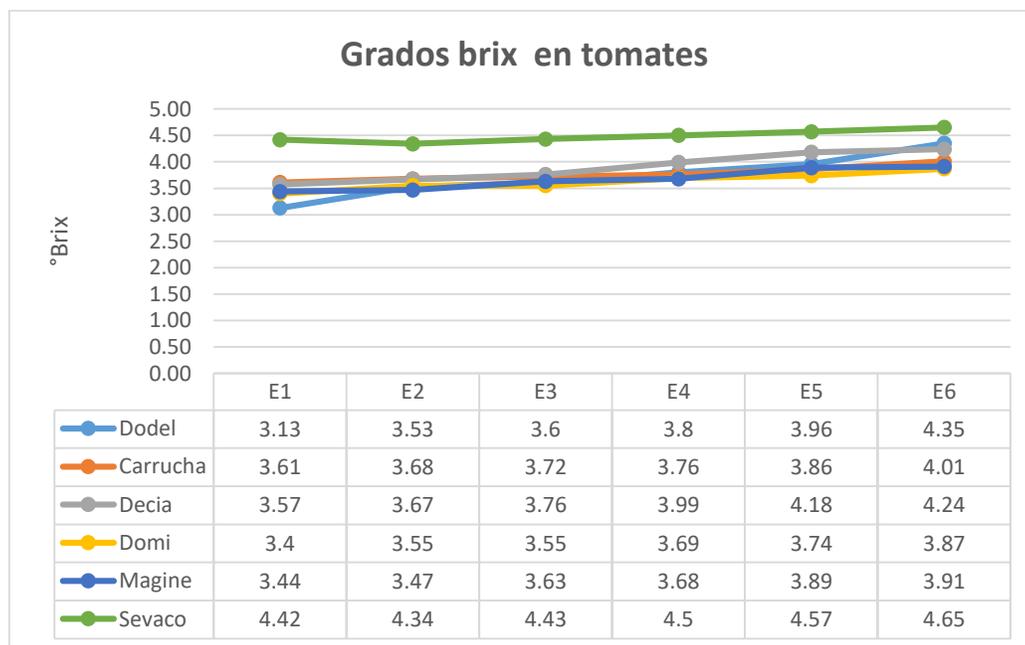


Figura 7: Grados Brix en variedades. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

En la figura 7 se muestra el comportamiento de los grados de madures conforme va madurando el fruto, en la que se observa como como este comportamiento puede explicarse por la síntesis y acumulación de ácidos orgánicos hasta el momento de corte y su pérdida debida a la respiración, durante la maduración. La degradación de los polisacáridos de las membranas celulares, ejercen una contribución importante sobre el aumento en contenido de azucares. (Reina 1998).

En el Cuadro 23 se muestran las medidas resumen de los grados Brix de las variedades de tomate en estudio, en los 6 estadios de madurez que se clasifican desde verdes hasta sobremaduruz. 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 siendo menor que la variedad Sevaco. Los menores contenidos de sólidos estuvieron representados por la variedad Domi con un valor menor a 3,8ºBrix.

Los sólidos solubles presentes en el fruto de tomate dependen del potencial fisiológico y genético de éstos para desarrollarlos. Los tomates redondos tienen en general entre 3 a 5% de sólidos solubles, dependiendo de la madurez de cosecha y la cultivar (CODEX 2013). Según lo descrito, el total de las accesiones están dentro de los parámetros indicados.

Cuadro 23: Medidas resumen de la variable Solidos Solubles

TRA.	EST.	Variable	N	Media	CV	Min	Max
Dodel	1	BRIX	6	3.13	4.80	3	3.4
Dodel	2	BRIX	7	3.53	9.36	3.2	4
Dodel	3	BRIX	6	3.60	14.49	3	4.4
Dodel	4	BRIX	11	3.80	8.81	3.2	4.4
Dodel	5	BRIX	21	3.96	12.76	3.4	5.2
Dodel	6	BRIX	15	4.35	7.92	3.8	5
Decia	1	BRIX	9	3.57	7.55	3	3.9
Decia	2	BRIX	6	3.67	11.27	3.20	4.4
Decia	3	BRIX	7	3.79	9.70	3.3	4.2
Decia	4	BRIX	11	3.99	4.81	3.6	4.2
Decia	5	BRIX	17	4.18	5.43	3.9	4.8
Decia	6	BRIX	25	4.24	6.94	4	5
Magine	1	BRIX	18	3.44	9.30	3	4.1
Magine	2	BRIX	6	3.47	10.10	3.2	4
Magine	3	BRIX	10	3.63	10.23	3	4.1
Magine	4	BRIX	13	3.68	9.03	3	4.2
Magine	5	BRIX	17	3.89	8.23	3.2	4.6
Magine	6	BRIX	20	3.91	10.56	3.4	5.2
Carucha	1	BRIX	10	3.61	7.77	3.1	4
Carucha	2	BRIX	12	3.68	7.03	3.3	4
Carucha	3	BRIX	10	3.72	8.09	3.2	4.2
Carucha	4	BRIX	8	3.76	5.85	3.5	4.2
Carucha	5	BRIX	22	3.86	6.76	3.4	4.6
Carucha	6	BRIX	166	4.01	6.41	3.6	4.4
Domi	1	BRIX	8	3.40	10.31	3	3.9
Domi	2	BRIX	6	3.55	12.57	3	4.3
Domi	3	BRIX	7	3.66	15.93	3	4.3
Domi	4	BRIX	8	3.69	10.89	3	4.1
Domi	5	BRIX	18	3.74	8.99	3	4.2
Domi	6	BRIX	15	3.87	8.72	3.2	4.4
Sevaco	1	BRIX	6	4,3	8,06	3,8	4,8
Sevaco	2	BRIX	11	4,34	9,74	3,9	5,2
Sevaco	3	BRIX	11	4,65	11,7	3,8	5,7
Sevaco	4	BRIX	13	4,62	16,29	3,8	6,2
Sevaco	5	BRIX	22	4,57	11,65	3,8	6,2
Sevaco	6	BRIX	30	4,65	12,49	4	6,2

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.5. Análisis multivariado

El análisis de conglomerados (clusters) tiene por objeto agrupar elementos en grupos homogéneos en función de las similitudes o similares entre ellos. Normalmente se agrupan las observaciones, pero el análisis de conglomerados puede también aplicarse para agrupar

variables. Estos métodos se conocen también con el nombre de métodos de clasificación. El principal criterio que determina la precisión y confiabilidad del clusters es el coeficiente de correlación cofenético (cophenetic correlation coefficient).

4.5.1. Análisis de variables cuantitativas

Según el Dendrograma (figura 8), aplicando una distancia euclídeana de 55 y el criterio como investigadores, se obtienen 3 agrupaciones de las variedades de tomate en estudio. La agrupación 1 está representada por materiales de la variedad Dodel, siendo el grupo de mayores diferencias y mejor comportamiento en las variables peso promedio de fruto y altura de la planta, luego le sigue la agrupación 2, en la cual participan la mayoría de los materiales en estudio, predominando las variedades Carucha, Sevaco, Magine, Decía, Dodel y Domi, finalmente la agrupación 3, estando representada por materiales de las variedades Sevaco, Dodel y Magine, siendo el grupo con mayor similitud en las características morfoagronómicas estudiadas.

El coeficiente de correlación cofenético (Cophen. Corr) $r = 0.75$, existe excelente correlación entre las variables en estudio.

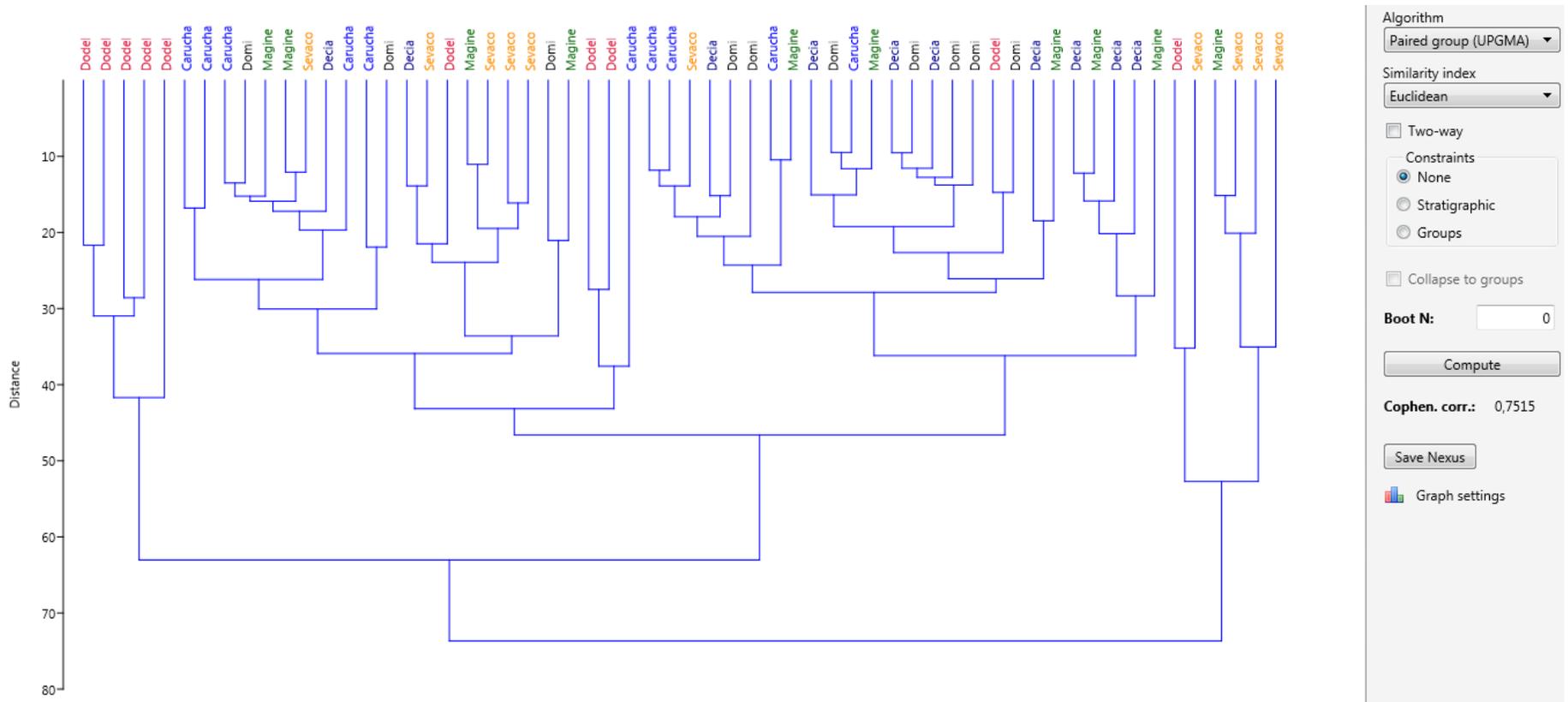


Figura 8: Dendrograma de variables cuantitativas

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.5.1.1. Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales es un método estadístico multivariante de simplificación o reducción de la dimensión de una tabla de casos-variables con datos cuantitativos, para obtener otra de menor número de variables, combinación lineal de las primitivas, que se denominan componentes principales o factores, cuya posterior interpretación permitirá un análisis más simple del problema estudiado. Su aplicación es directa sobre cualquier conjunto de variables, a las que considera en bloque, sin que el investigador haya previamente establecido jerarquías entre ellas (variables dependientes independientes), ni necesite comprobar la normalidad de su distribución.

El análisis de componentes principales permite describir, de un modo sintético, la estructura y las interrelaciones de las variables originales en el fenómeno que se estudia a partir de las componentes obtenidas que, naturalmente, habrá que interpretar y “nombrar”. El mayor número posible de componentes coincide con el número total de variables. Quedarse con todas ellas no simplificaría el problema, por lo que el investigador deberá seleccionar entre distintas alternativas aquellas que, siendo pocas e interpretables, expliquen una proporción aceptable de la varianza global o inercia de la nube de puntos que suponga una razonable pérdida de información. Esta reducción de muchas variables a pocas componentes puede simplificar la aplicación sobre estas últimas de otras técnicas multivariantes.

El método de componentes principales tiene por objeto transformar un conjunto de variables, a las que denominaremos variables originales, en un nuevo conjunto de variables denominadas componentes principales. Estas últimas se caracterizan por estar correlacionadas entre sí y pueden ser ordenadas de acuerdo con la información que llevan incorporada. Como medida de cantidad de información incorporada en una componente se utiliza su varianza. Es decir, cuanto mayor sea su varianza mayor es la información que lleva incorporada dicha componente. Es fundamental conocer la correlación entre las componentes y las variables, porque cada componente resumirá las variables con las que esté más claramente correlacionada.

4.5.1.2. Factores o CP:

En el cuadro 23 del componente 1, representa el 56.87% de la variación total. Y el componente 2 representa el 22.28% de la variación global, que representa el 79.16% de la variación.

Cuadro 23: Factores o componentes principales de las variables cuantitativas.

PC	Eigenvalue	% variance
1	806.824	56.879
2	316.063	22.282
3	150.901	10.638
4	94.708	6.6767
5	29.8982	2.1078
6	14.0687	0.99181
7	5.09903	0.35947
8	0.751512	0.05298
9	0.168518	0.01188
10	5.50489E-30	3.8808E-31
11	3.34208E-30	2.3561E-31

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.5.1.3. Gráfico de sedimentación.

Según la Figura 9 del gráfico de sedimentación es aceptable trabajar con 2 componentes.

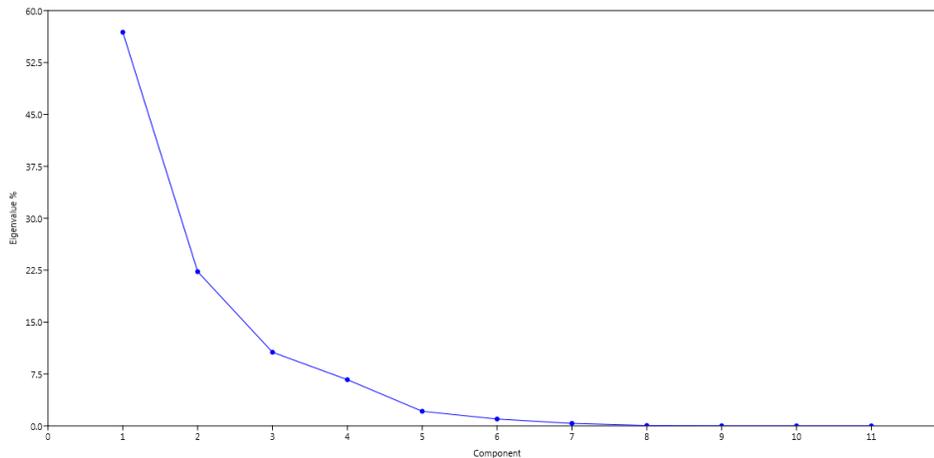


Figura 9: Gráfico de sedimentación de variables cuantitativas

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.5.1.4. Gráfico de codo:

4.5.1.4.1. Gráfico de componente 1: Tamaño

Según la figura 10 del gráfico de codos correspondiente al componente principal 1, las variables que mejor contribuyen al tamaño de las variedades de tomate en estudio corresponden a la variable de flores, altura de la planta, flores cuajadas y aborto de fruto, Las

variables de menor aporte al tamaño de las variedades de tomate corresponden a diámetro de fruto, número de lóculos y días a cosecha.

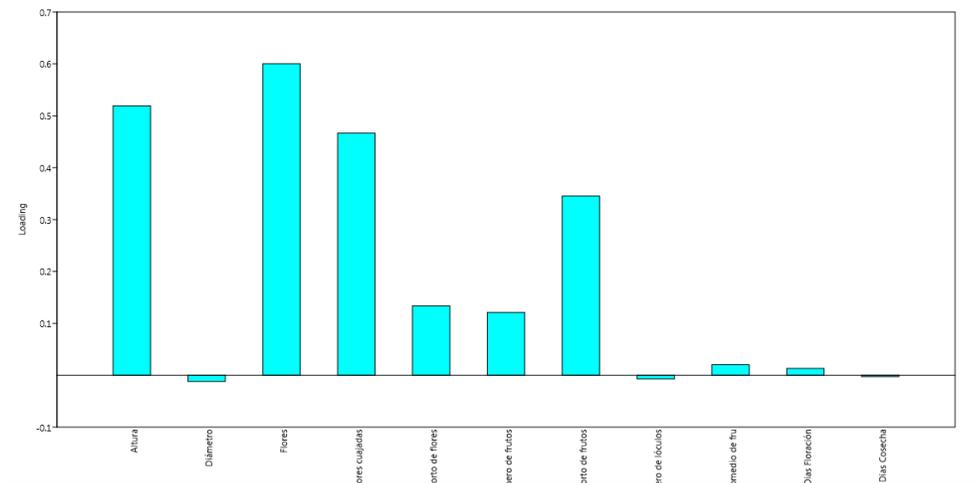


Figura 10: Gráfico de componente 1: tamaño de variables cuantitativas.

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.5.1.4.2. Gráfico de componente 2: forma

En la figura 11 del gráfico de codos correspondiente al componente principal 2, las variables que mejor contribuyen a la forma de las variedades de tomate en estudio corresponden a peso promedio de frutos, altura y días a cosecha, las de menos aporte son flores, flores cuajadas y número de frutos.

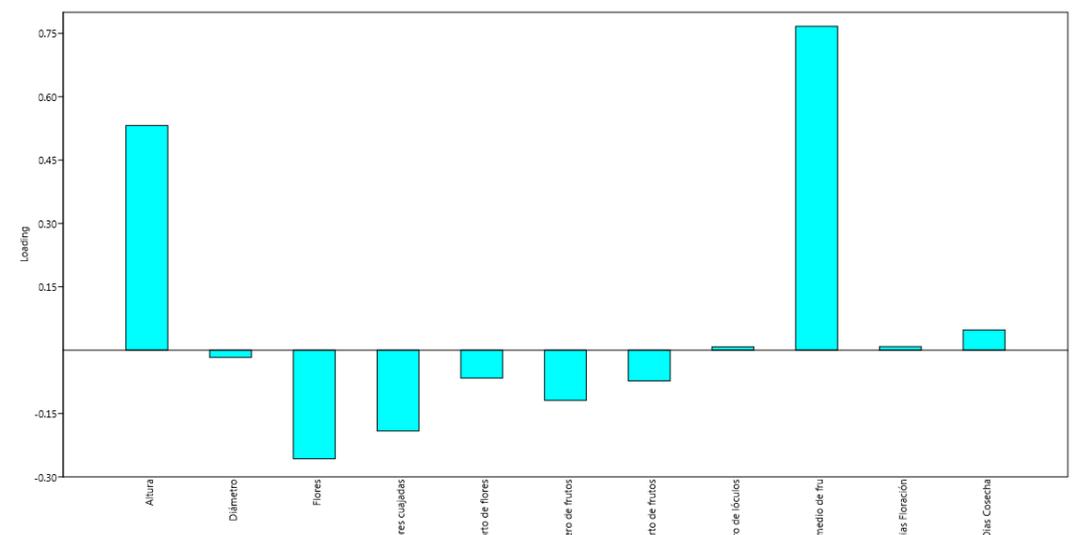


Figura 11: Grafico de componente 2: forma de variables cuantitativas

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.5.1.5. Matriz factorial:

Según el cuadro 24 de la matriz factorial, en cuanto al componente principal 1, las variables que mejor contribuyen al tamaño de las variedades de tomate en estudio corresponden a la variable de flores, altura de la planta, flores cuajadas y aborto de fruto, Las variables de menor aporte al tamaño de las variedades de tomate corresponden a diámetro de fruto, número de lóculos y días a cosecha. Respecto al componente principal 2, las variables que mejor contribuyen a la forma de las variedades de tomate en estudio corresponden a peso promedio de frutos, altura y días a cosecha, las de menos aporte son flores, flores cuajadas y número de frutos.

Cuadro 24: Matriz factorial de variables cuantitativas.

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7	PC 8	PC 9	PC 10	PC 11
Altura	0.51922	0.53174	-0.53062	-0.3597	-0.18914	-0.0075112	-0.01425	0.026013	0.0013671	0	6.0182E-17
Diámetro	-0.011976	-0.01705	-0.0093367	0.022888	0.037342	0.055987	-0.040327	0.98654	-0.13977	-5.1906E-16	6.3077E-16
Flores	0.60014	-0.25724	0.033721	0.44356	-0.016416	0.011005	0.018201	-0.0056491	0.0052404	-0.21397	-0.57377
Flores cuajada:	0.46651	-0.1912	0.25934	-0.18622	0.36611	0.095905	-0.022918	-0.010873	0.0016341	-0.39831	0.58425
Aborto de fru	0.13363	-0.066043	-0.22562	0.62977	-0.38253	-0.0849	0.041119	0.0052234	0.0036063	0.21397	0.57377
Número de fru	0.1211	-0.11856	-0.29236	0.085835	0.63584	0.31081	0.020032	-0.04627	-0.00031786	0.61228	-0.010478
Aborto de fru	0.3454	-0.072637	0.5517	-0.27205	-0.26973	-0.2149	-0.04295	0.035397	0.001952	0.61228	-0.010478
Número de ló	-0.0071931	0.0077361	0.0044514	0.0039486	0.0078298	0.014654	-0.0016491	0.13907	0.99007	-4.0371E-16	-1.3574E-16
Peso promedi	0.020371	0.76687	0.42029	0.39493	0.27984	-0.0033669	0.020667	-0.0028051	-0.011044	-3.5804E-17	-7.6078E-18
Días Floraciór	0.013055	0.0084513	0.081062	-0.068474	-0.1159	0.27366	0.9483	0.029466	-0.0057557	2.869E-16	-5.2936E-17
Días Cosecha	-0.0025656	0.047994	0.16118	-0.0030571	-0.33667	0.87315	-0.30606	-0.047659	-0.0051827	-2.3782E-16	-4.8901E-17

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.5.1.6. Plano cartesiano:

Según la figura 12 del plano cartesiano, en cuanto al componente principal 1, las variables que mejor contribuyen al tamaño de las variedades de tomate en estudio corresponden a la variable de flores, altura de la planta, flores cuajadas y aborto de fruto, Las variables de menor aporte al tamaño de las variedades de tomate corresponden a diámetro de fruto, número de lóculos y días a cosecha. Las variedades que mejor aportan a tamaño son: Decia, Sevaco, Magine y Domi. Respecto al componente principal 2, las variables que mejor contribuyen a la forma de las variedades de tomate en estudio corresponden a peso promedio de frutos, altura y días a cosecha, las de menos aporte son flores, flores cuajadas y número de frutos. La variedad que posee mejor forma es: Dodel.

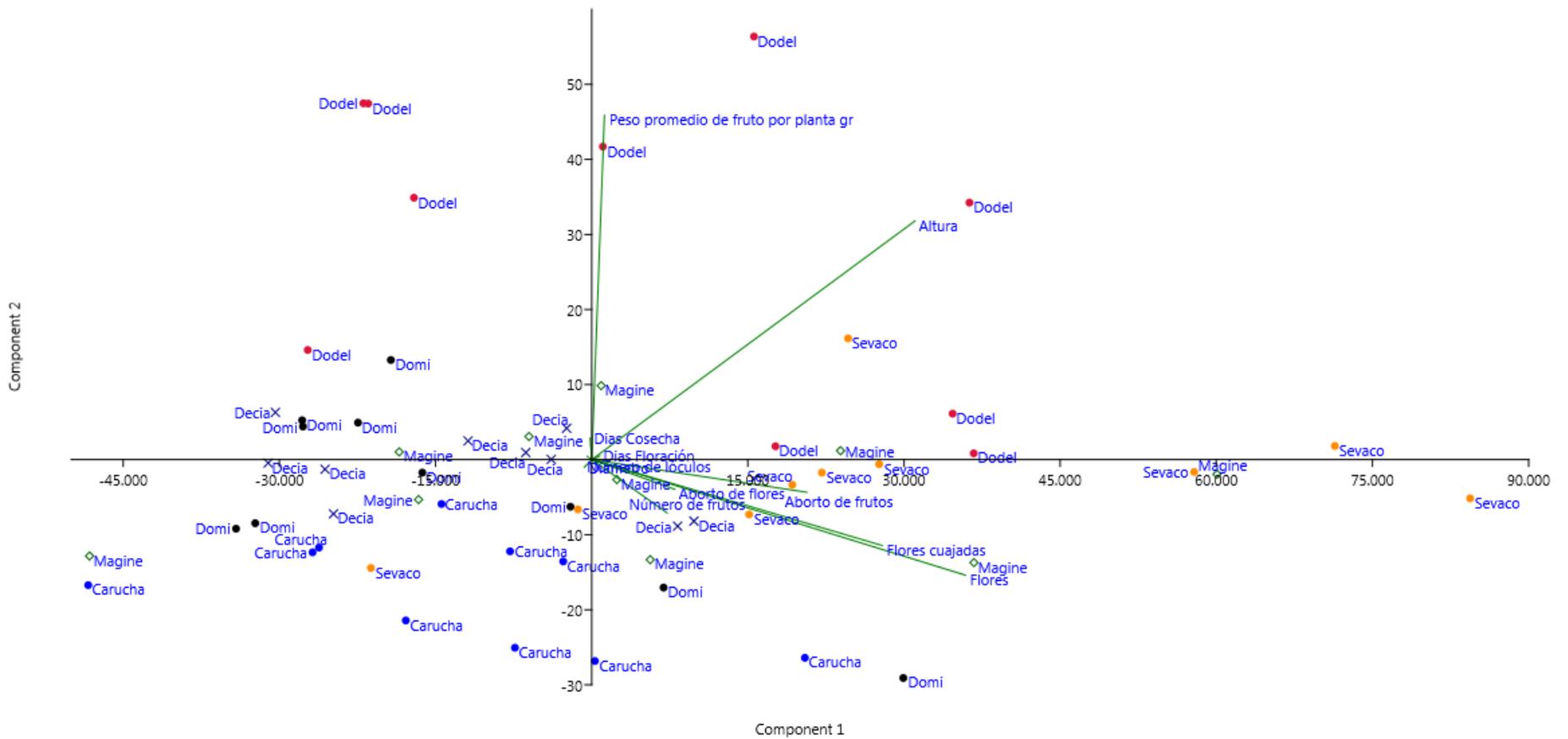


Figura 12: Plano cartesiano de variables cuantitativas

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

4.5.2. Variables cualitativas

Según la figura 13 del Dendrograma, aplicando una distancia euclídeana de 6.5 y el criterio como investigadores, se obtienen 2 agrupaciones de las variedades de tomate en estudio. La agrupación 1 está representada por materiales de la variedad Domi, Magine y Sevaco siendo el grupo de mayores diferencias y peor comportamiento en las variables forma longitudinal, color no maduro y color maduro, luego le sigue la agrupación 2, en la cual participan la mayoría de los materiales en estudio, predominando las variedades Carucha, Sevaco, Magine, Decía y Dodel finalmente la agrupación 3, estando representada por materiales de las variedades Sevaco, Dodel y Magine, siendo el grupo con mayor similitud en las características taxonómicas estudiadas.

Estimación de parámetro: Coeficiente de correlación cofenético (Cophen. Corr) $r = 0.86$. Existe excelente correlación entre las variables en estudio.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, así como los objetivos e hipótesis planteadas, y a las condiciones bajo las cuales se desarrolló la presente investigación se concluye que:

Con base al descriptor de tomate del IPGRI se determinó en la investigación que de los seis materiales se encontraron tres formas longitudinal predominantes: Achatatada, Ligeramente Achatada y Redondeada siendo la variedad Carucha achatada, la variedad Decia, Dodel, Domi y Magine presentaron una la forma de ligeramente achatada, la variedad Sevaco presentó forma de redondeado.

Con base al descriptor del IPGRI se determinó en la investigación que de los seis materiales se encontraron dos formas de crecimiento: indeterminado y semideterminado, las variedades Dodel, Decia, Magine y Sevaco presentaron tipo de crecimiento indeterminado y las variedades Carucha y Domi con crecimiento semideterminado.

De las seis variedades, Sevaco y Decia presentaron 98 días a cosecha siendo las más precoces y la variedad Dodel tardó más con 105 días. El dato más frecuente en las variedades Carucha y Dodel presentan 104 días, Decia, Domi, Magine y Sevaco 97 días a cosecha.

La producción promedio de la variedad Carucha fue de 15 frutos por planta, Decia y Magine 19 frutos, la variedad Dodel 12 frutos, la variedad Domi 16 frutos y Sevaco tuvo un promedio de 22 frutos por planta. Los datos presentaron un elevado coeficiente de variación.

Mediante la variable peso del fruto tomada del descriptor IPGRI se determinó en la investigación que la variedad Dodel obtuvo el mejor peso promedio con 67.16 gr, las variedades Decia, Domi y Magine obtuvieron resultado similar de 33.88 gr, 35.39 gr y 34.23 gr respectivamente, y la variedad Carucha obtuvo el resultado más bajo en comparación a las anteriores de 29.41 gr.

La duración del periodo que los frutos que son aptos para el consumo en general, alimentos frescos o procesados (agroindustria) de las variedades Carucha, Decia, Dodel y Magine es de 13 días, para Domi fue un periodo de 14 días y Sevaco con 15 días.

La cantidad de semillas promedio por gramo en la variedad Carucha es de 352, la variedad Decia de 321, Dodel con promedio de 279, Domi con 422, Magine tiene 390 semillas en un gramo y Sevaco cuenta con 366 semillas.

En cuanto al análisis multivariado para las variables cuantitativas las variedades Decia, Domi, Magine y Sevaco, presentaron mejores características en las variables número de flores, altura de la planta, flores cuajadas y aborto de frutos, y la variedad Dodel es más significativa en cuanto a las variables peso promedio de frutos, altura, días a cosechas.

Para el diseño estadístico Bloques Completamente al Azar (DBCA) presentó que el factor bloqueo no es significativo en todas las variables ($p < 0.05$), por lo cual el efecto distribución de la sombra de los árboles cercanos al invernadero no afectó el desarrollo de las seis variedades.

6. RECOMENDACIONES

Utilizar la variedad Dodel si se requiere para un mercado donde la necesidad sean frutos de gran tamaño.

Utilizar la variedad Magine si se requiere un mercado donde la necesidad sea la mayor cantidad de frutos y menor tamaño de ellos.

En el establecimiento del cultivo, se deben utilizar mayores distanciamientos entre plantas y surcos, debido a la gran cantidad de follaje producido por las plantas.

Se debe utilizar podas en el cultivo para prevenir problemas fitosanitarios y de manejo, por el abundante desarrollo de follaje de cada variedad.

Tener en cuenta las condiciones climáticas del lugar a establecer el cultivo, cumpliendo con los rangos óptimos de temperatura y humedad relativa para el desarrollo.

Tomar en cuenta un tutorado que se adecue al tamaño de cada variedad, debido al desarrollo en altura expresado en las variedades que se deseen establecer.

7. BIBLIOGRAFIA

Agudelo, A. 2011. Caracterización morfológica del tomate tipo cereza (*Solanum lycopersicum linnaeus*). Ceballos Aguirre, N.; Orozco, F. J. Manizales. Colombia. Universidad de calda. 10 p

Agudelo, A; Ceballos, N; Orozco, F. 2011. Caracterización Morfológica del tomate tipo Cereza (*Solanum lycopersicum LINNAEUS*). 19(2): 44 – 53 p

Aldana, M. J. 2015. Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de tomate de cocina con buenas prácticas agrícolas bajo sistemas de macrotúneles, en el Valle De Zapotitán, Ciudad Arce Departamento De La Libertad. Velásquez W. E. San Salvador. El Salvador. Universidad De El Salvador.

Arévalo, R; Dueñas, J. 1992. Interacción de tres programas de fertilización y tres densidades de siembra en cultivo hidropónico de cebolla (*allium cepa*) utilizando como sustrato Escoria volcánica roja. Tesis Ing. San Salvador, El Salvador. Universidad Nacional del Salvador. 147 p

BAI, Y., LINDHOUT, P. (2007) Domestication and breeding of tomatoes: What have we gained and what can we gain in the future?. *Annals of Botany*. En línea. Consultado el 20 de abril de 2019. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2759208/>

Bastida C. 2012. Métodos de cultivo hidropónico de jitomate (*Solanum lycopersicum L.*) bajo invernadero basados en doseles escaleriformes. Chapingo, México. Universidad Autónoma de Chapingo. 115 p

Bayer Centro América y el Caribe. 2019. Productos (en línea). Consultado 25 Feb. 2019. Disponible en <https://www.bayercropscience-ca.com/Productos.aspx>

Bolaños, HA. 1998. Introducción a la Olericultura. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 380 p

Cáceres, A. 2011. Caracterización fenotípica y genética de mutantes EMS de tomate (*Lycopersicum esculentum L.*) Tesis M.st Biotecnología Industrial y Agroalimentaria. Universidad de Almería. Almería, España. 34 p

CATIE (Centro Agronómico Tropical De Investigación Y Enseñanza). 1990. Guía para el manejo integrado de plagas en el cultivo de tomate. Turrialba, Costa Rica. 138 p

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”). 2013. MATERIALES DE TOMATE EN INVESTIGACIÓN M6 PARA SEMILLEROS. San Salvador, El Salvador. 1 p

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”). 2015. Guía técnica cultivo de tomate. La Libertad, El Salvador. 48 p

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”). 2018. cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*). San Salvador, El Salvador. Consultado: 12 de mar. 2020. Disponible en: http://centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Centa_Tomate%202019.pdf

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 2018. Cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*). (en línea). Consultado: 11 de mar. 2020. Disponible en: http://centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Centa_Tomate%202019.pdf

CENTA-MAG (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal-Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2017-2018. Anuario de estadísticas Agropecuarias. La Libertad, SV. 2 p

Chaverría, J; Martínez, M; Gabriel, G; Enrique, A.. 2011. Guía para cultivar jitomate en condiciones hidropónicas de invernadero en San Luis Potosí. San Luis Potosí, México. Instituto Nacional De Investigaciones Forestales, Agrícolas Y Pecuarias. 57 p

CNE (Consejo Nacional de Energía). 2019. Energía Solar (en línea). El Salvador. Consultado: 29 Abr. 2019. Disponible en: https://www.cne.gob.sv/?page_id=615

CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 2006. El cultivo de tomate bajo invernadero (*Lycopersicon esculentum*. Mill). Antioquia, Colombia. Boletín Técnico 21. 48 p

Dueñas, f. 2008. Caracterización agromorfológica y evaluación de la resistencia al tylv en nuevos genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Como apoyo al programa de mejoramiento genético de la hortaliza para la enfermedad. Martínez, Yamila; Álvarez,

Marta; Moya, C.; Peteira, Belkis; Arias, Yailén; Diez, María J.; Hanson, P.; Shagarodsky, T. La Habana. Cuba. Vol. 29. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 9 p

Durany, U. 1984. Hidroponía. Cultivo de Plantas sin tierra. 5taEd. Editorial Sintes, S.A, Barcelona, España. 61p

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

Estrada, A. 2010. Germinación de la semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Var. Rio grande con dos niveles de lombricomposta bajo condiciones de laboratorio. Consultado: 12 de mar. 2020. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5043/T17964%20ESTRADA%20ALBORES%2C%20VICTALINO%20%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación). 1997. La Agricultura y los Cambios Climaticos: la función de la FAO (en línea). Consultado 09 Jun 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/Noticias/1997/971201-s.htm>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación). 2012. Productos por región. (en línea). Estados Unidos. Consultado 08 mar. 2019. Disponible en: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID =339&lang=es&country=48>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación). 2017. Estadísticas Agrícolas de tomate (en línea). Consultado 25 Jul. 2019. Disponible en <http://blogagricultura.com/estadisticas-tomate-produccion/>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación). 2012. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 176 p

Fornaris, J. 2007. Cosecha y manejo postcosecha (en línea). Consultado: 12 de mar. 2020. Disponible en: <https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/TOMATE-Cosecha-y-Manejo-Postcosecha-v2007.pdf>

Fornés, F. 2012. Caracterización de 15 variedades de tomate l'Horta de Lleida. Lleida, España. Universidad de Lleida. 262 p

GOMEZ, A. 2003. Producción de tomate con variedades tradicionales. Comunitat valenciana agraria 22: 53-58 p

Gómez, R. 2014. Guía para las Caracterizaciones Morfológicas Básicas en Colecciones de Papas Nativas. Lima, PE. 2 p

González, C. 2014. Mejora genética de una variedad tradicional de tomate (pera de girona) por el método genealógico: análisis y selección en las generaciones f2 y f3. Escola Superior D'Agricultura De Barcelona. Barcelona. España. 57 p

Google Maps. 2019. Geolocalización de Invernadero de la Facultad de Ciencias Agronómicas. San Salvador, El Salvador. 1 p

Hernández, M; Perez, 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. 10 p

Iglesias, N. 2015. Tomate en invernadero: Estudios referidos a aspectos de ecofisiología de la producción forzada para las condiciones del norte de la Patagonia. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle, Patagonia. 70 p

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>

Intendencia Económica. 2018. Dependencia alimentaria en El Salvador: La trascendencia de importaciones para el consumo nacional. San Salvador, El Salvador. Gobierno de El Salvador. 18 p

INIA Ururi (Instituto De Investigaciones Agropecuarias, Chile). Poda y deshoje en el cultivo de tomate bajo malla antiáfido. 2018 (en línea). Chile. Consultado el 03 mar. 2019. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/08/03/poda-y-deshoje-en-el-cultivo-de-tomate-bajo-malla-antiafido/>

INTAGRI (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura). 2017. Soluciones nutritivas para el cultivo de tomate. México. Serie Horticultura protegida Núm. 33. Artículos técnicos de INTAGRI. MX. 5 p

IPGRI (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos). Descriptores para el tomate (*Lycopersicon* spp.). Maccaresse, Roma. 3 p

Jiménez, J. 2018. Cultivo de tomate (para consumo en fresco). Región de Murcia. España. Oficina Comarcal Agraria de Lorca. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. 24 p

López, M. 2016. Manual técnico del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum*. San José, Costa Rica. INTA. 130 p

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de la República de El Salvador). 2016. Anuario de Estadísticas Agropecuarias, ENAP 2015-2016 y Precios de Mercado. San Salvador, El Salvador. 87 p

MARN (Ministerio de Recursos Naturales Y Medio Ambiente, SV). 2019. Meteorología (en línea). Consultado: 08 mar. 2019. Disponible en:

Mora, L. 2012. Sustratos para cultivos sin suelo o hidroponía. INDAGRO. San Jose, Costa Rica. Consultado 2 mayo. 2019. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/congresoagronomicixi/a50-6907-III095.pdf>

Nelson, G; Rosegrant, M; Koo, J; Robertson, R; Sulser, T; Zhu, T; Ringler, C; Msangi, S; Palazzo, A; Batka, M; Magalhaes, M; Valmonte, R; Edwin, M; Lee, D. 2009. Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. Washintong DC, Estados Unidos de América. 20 p

Nieto, J. 2009. Cultivo Hidropónico de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Punta Arenas, Chile. Universidad de Magallanes. 41p

Nuila, A. 1990. Manual de diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de El Salvador, San Salvador. 201 p

Olmo, A. 2012. Métodos de cultivo hidropónico de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero basados en doseles escaleriformes. Universidad Autónoma Chapingo. México. 115 p

Olmo, A. 2018. Fases de desarrollo o etapas fenológicas del cultivo del tomate. (en línea). Universidad Autónoma Chapingo. México. Consultado el 03 mar. 2019. Disponible en: <https://blogagricultura.com/etapas-fenologicas-tomate/>

Pérez, M. 2017. Curso teórico-práctico: “aplicación de la técnica de hidroponía con enfoque en cultivos hortícolas y su importancia en la seguridad alimentaria”. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador. 17 p

Quiñónez Fernández, M. V. 2014. Uso de la fibra de coco como sustrato en la producción de pascua (*Euphorbia pulcherrima*; WILD.EX KLOTSCCH) para exportación. Escuintla. Guatemala. Universidad Rafael Landívar. 66 p

Quiñónez, M. 2014. Uso de la fibra de coco como sustrato en la producción de pascua (*Euphorbia pulcherrima*; wild.ex klotscch) para exportación; Agroindustrias Jovisa, San Miguel Dueñas, Sacatepequez (2007-2010) sede regional de Escuintla. Escuintla, Guatemala. Universidad Rafael Landívar. 66 p

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>

Salazar, N. 2013. Cultivo protegido hidropónico del tomate (*Lycopersicon esculentum* mill) utilizando plántulas producidas en celdas de diferente volumen y edad de trasplante en Santa Clara, San Carlos. Tesis Lic. Ing. Agr. San Carlos, CR. Tecnológico de Costa Rica. 37-38 p

Sneath, H.A. y Sokal, R.R. 1973; Numerical Taxonomy. The Principles and Practice of Numerical Classification, San Francisco, Ca. 573 p

Torres, A. 2017. Manual de cultivo del tomate al aire libre. Ed.11. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 94 p

UCM (universidad complutense Madrid). 2018. LA MUTACIÓN. En línea. Consultado el 13 de mayo del 2019. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-56185/11-La%20mutaci%C3%B3n.pdf>

UNAL (Universidad Nacional de Colombia).1999. Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia. Citogenética y genes mayores del tomate. Palmira, Colombia.55-78 p

UPV (Universidad Politécnica de Valencia). 2017. Familia Solanáceas (Solanaceae) (en línea). Consultado: 09 de may. de 2019. Disponible en: <http://www.euita.upv.es/varios/biologia/temas%20angiospermas/Ast%C3%A9ridas/Solan%C3%A1ceas/solan%C3%A1ceas.htm>

8. ANEXOS

8.1. Cuadros

Cuadro A- 1: Composición nutricional del tomate

Tamaño de la porción	½ taza (90g) de tomate fresco
Calorías	15
Calorías de grasa	0%
% de valor diario	
Grasa saturada 0g	0%
Grasa Trans 0g	0%
Grasa total 0g	0%
Colesterol 0mg	0%
Sodio 0mg	0%
Fibra dietética 1g	4%
Azúcar 2g	
Proteína 1g	
Total de carbohidratos 4g	1%
Vitamina A	15%
Vitamina C	20%
Hierro	2%

Fuente: USDA 2012

Cuadro A- 2: Características físicas y químicas de la fibra de coco

Características físicas	Valores	Características químicas	Valores
Índice de grosor (%)	34	pH	5.6-6.9
Densidad aparente (g/cm ³)	0.059	Conductividad	0.06-2.9 milisimens
Espacio poroso total (% vol)	96.1	Nitrógeno	17 ppm
Capacidad de aireación (% vol.)	44.9	Fosforo	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 (ml/sustrato)	523	Magnesio	460 ppm
		Hierro	25 ppm
		Manganeso	1.1 ppm
		Zinc	0.7 ppm

Cobre	0.4 ppm
Boro	0.1 ppm
Cloro	26-1000 ppm
Aluminio	1.0 ppm
Lignina (%)	60-70 ppm
CIC (meq/100g)	39-130

Fuente: Mora 2012.

Cuadro A- 3: Características físicas y químicas del sustrato escoria volcánica

Características físicas	Valores	Características químicas	Valores
Porosidad total (% vol.)	50-60	pH	8.4
Densidad aparente (g/cm ³)	0-7-0.8	Nitrógeno nítrico	35 ppm
Agua fácilmente asimilable (%)	4-5	Fosforo	104-45 ppm
Agua de reserva (%)	Menor a 2	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	0.41 ppm
		Sodio	60 ppm
		Azufre	6.0 ppm
		CIC (meq/100g)	5
		Tampón	Bajo

Fuente: Mora 2012.

Cuadro A- 4: Programa de Fertilización para el cultivo de tomate

Semana después de trasplante	Fertilización (L,M,M,J,V,S)	ml / planta	Frecuencia riegos/días	ml/ día	CE	Total plantas	Total L por semana
1	6	100	3	300	1.00	120	216
2	6	125	3	375	1.25	120	270
3	6	125	3	375	1.50	120	270
4	6	150	3	450	1.75	120	324
5	6	150	3	450	2.00	120	324
6	6	200	3	600	2.25	120	432

7	6	200	3	600	2.50	120	432
8	6	200	3	600	2.50	120	432
9	6	250	3	750	2.50	120	540
10	6	250	3	750	2.50	120	540
11	6	300	3	900	2.50	120	648
12	6	300	3	900	2.50	120	648
13	6	350	3	1050	2.50	120	756
14	6	350	3	1050	2.50	120	756
15	6	350	3	1050	2.25	120	756
16	6	350	3	1050	2.00	120	756
17	6	300	3	900	1.75	120	648
18	6	300	3	900	1.50	120	648

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

Cuadro A- 5: Comparación de la demanda hídrica con temperatura y humedad relativa

Semana después de trasplante	Fase fenológica	ml / planta	Frecuencia riegos/días	ml/ día	Litros/ semana	Humedad Relativa	Temperatura (°C)
1	Desarrollo	100	3	300	1.8	55	30
2		125	3	375	2.25	60	28
3		125	3	375	2.25	55	30
4		150	3	450	2.7	75	25
5		150	3	450	2.7	45	30
6		200	3	600	3.6	55	30
7		200	3	600	3.6	61	28
8	Floración y desarrollo de fruto	200	3	600	3.6	51	29
9		250	3	750	4.5	40	32
10		250	3	750	4.5	49	31
11		300	3	900	5.4	42	30
12		300	3	900	5.4	50	25
13		350	3	1050	6.3	42	30
14	Producción	350	3	1050	6.3	45	30
15		350	3	1050	6.3	50	25
16		350	3	1050	6.3	46	29
17		300	3	900	5.4	50	25
18		300	3	900	5.4	46	29

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

Cuadro A- 6: Fenología de las variedades mutantes de tomate

INDICADORES	DOMI	MAGINE	DODEL	DECIA	CARUCHA
Fecha de semilleros	03-06-11	03-06-11	03-06-11	03-06-11	03-06-11
F de germinación	09-06-11	09-06-11	09-06-11	09-06-11	09-06-11
N° de plantas G.	16	19	17	17	15
% de germinación	95	80	85	85	75
Problema en semillero	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno
Fecha de trasplante	02-07-11	02-07-11	02-07-11	02-07-11	06-07-11
Días en semillero	29 días	29 días	29 días	29 días	33 días
N° de plantas traspl	10	10	10	9	9
Fecha de floración	25-07-11	25-07-11	25-07-11	25-07-11	25-07-11
Días a floración	52	52	52	52	52
Ramificación	abundante	abundante	algunas	Muy poca	abundante
Fecha de 1 ^{er} corte	10-09-11	10-09-11			10-09-11
N° frutos / 1 ^{er} corte	6	7	0	0	5
Apariencia del fruto	sano	sano			sano
Fecha de 2° corte	13-09-11	13-09-11			13-09-11
N° de frutos / 2° corte	16	16	0	0	15
F extrac. sem 1° corte	18-09-11	18-09-11			
N° frutos extr1° corte	6	7			3
N° de semillas 1° corte	700	800			327
Consistencia de frutos	firme	firme			firme
N° de lóculos	3-4	3-4			3-4
Consistencia de pulpa	jugosa	jugosa			jugosa
Coloración del fruto	roja	roja			roja
Apariencia externa	lisa	lisa			lisa
Fecha extrac. 2° corte	29- 09- 11	30- 09- 11			29- 09- 11
N° frutos extr 2° corte	8	8			10
N° semillas 2° Corte	1200	700			1200
Fecha de 3° corte	17 - 09 - 11	17- 09- 11	17- 09- 11		17- 09- 11
N° frutos 3° Corte	20	12	1 (1° cort)		9
Fecha de 4° corte	22-09-11	20-09-11	22-09-11	22-09-11	22-09-11
N° frutos 4° Corte	15	12	2(1° corte)	3(1° corte)	7
Fe extrac. 3° y 4° corte	06 – 10 – 11	06- 10– 11	06- 10– 11	06- 10– 11	06 – 10 – 11
Fruts extr 3° y 4°corte	9 + 10 = 19	12	2(1°corte)	3(1° corte)	5
N° sem 3° y 4° Corte	2200	800	110 (1° c)	117(1°c)	700
Fecha de 5° corte		22-09-11			
N° frutos 5° Corte		9			

Fuente: Hernández *et al.* 2012

Cuadro A- 7: Crecimiento y productividad de las variedades mutantes de tomate

variedades	Altura de Plantas cm	N° frutos/planta	N° cortes	Diám fruto	Promedio de semillas/fruto
Carucha	50	19	4	5.46 cm	140
Domi	90	18	4	5.26 cm	115
Magine	80	13	5	4.97 cm	66
Dodel	100	8	3	7.0 cm	55
Decia	110	4	2	7.3 cm	39

Fuente: Hernández *et al.* 2012

Cuadro A- 8: Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo

Análisis de la varianza

Variable N R² R² Aj CV

Diámetro 60 0.32 0.20 8.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V. SC gl CM F p-valor

Modelo 20.92 9 2.32 2.65 0.0137

Bloque 1.77 4 0.44 0.50 0.7339

Variedad 19.15 5 3.83 4.36 0.0023

Error 43.93 50 0.88

Total 64.85 59

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

Cuadro A- 9: Análisis de varianza para la variable altura de la planta

Análisis de la varianza

Variable N R² R² Aj CV

Altura 60 0.48 0.39 13.16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V. SC gl CM F p-valor

Modelo 10286.35 9 1142.93 5.14 0.0001

Bloque 346.07 4 86.52 0.39 0.8153

Variedad 9940.28 5 1988.06 8.95 <0.0001

Error 11112.63 50 222.25

Total 21398.98 59

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias

Agronómicas. UES 2020.

Cuadro A- 10: Análisis de varianza para la variable número de flores por planta

Análisis de la varianza

Variable N R² R² Aj CV

Flores 60 0.33 0.21 31.57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V. SC gl CM F p-valor

Modelo 6366.08 9 707.34 2.70 0.0123

Bloque 2242.40 4 560.60 2.14 0.0901

Variedad 4123.68 5 824.74 3.14 0.0152

Error 13122.90 50 262.46

Total 19488.98 59

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

Cuadro A- 11: Análisis del coeficiente de correlación

Variedad	Variable 1	Variable 2	n	Pearson (r)	p-valor
Carucha	Flores	Flores cuajadas	10	0.810	0.0046
		Aborto de flores	10	0.770	0.0098
		Aborto de frutos	10	0.730	0.0166
	Flores cuajadas	Aborto de frutos	10	0.940	0.0001
	Aborto de flores	Número de lóculos	10	-0.890	0.0005
Decia	Flores	Flores cuajadas	10	0.760	0.0109
		Aborto de flores	10	0.780	0.0076
		Número de frutos	10	0.680	0.0300
Dodel	Flores	Flores cuajadas	10	0.890	0.0006
		Número de frutos	10	0.700	0.0230

		Aborto de frutos	10	0.740	0.0136
	Aborto de flores	Número de frutos	10	0.640	0.0477
	Número de frutos	Número de lóculos	10	- 0.680	0.0292
Domi	Diámetro	Número de frutos	10	0.630	0.0490
	Flores	Aborto de flores	10	0.800	0.0059
		Número de frutos	10	0.770	0.0093
		Aborto de frutos	10	0.780	0.0078
	Flores cuajadas	Número de frutos	10	0.820	0.0033
	Flores cuajadas	Aborto de frutos	10	0.810	0.0046
Magine	Altura	Flores	10	0.830	0.0028
		Flores cuajadas	10	0.710	0.0223
	Flores	Flores cuajadas	10	0.880	0.0008
		Aborto de flores	10	0.670	0.0334
		Aborto de frutos	10	0.760	0.0107
Magine	Flores cuajadas	Aborto de frutos	10	0.910	0.0002
	Flores cuajadas	Número de lóculos	10	- 0.630	0.0499
	Aborto de frutos	Número de lóculos	10	- 0.630	0.0494
Sevaco	Altura	Flores	10	0.830	0.0032
		Flores cuajadas	10	0.720	0.0186
		Número de frutos	10	0.740	0.0146

	Diámetro	Flores cuajadas	10	- 0.640	0.0476
		Aborto de frutos	10	- 0.650	0.0403
	Flores	Flores cuajadas	10	0.930	0.0001
		Número de frutos	10	0.650	0.0407
		Aborto de frutos	10	0.780	0.0082
	Flores cuajadas	Aborto de frutos	10	0.930	0.0001

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

Cuadro A- 12: Análisis de varianza para la variable número de lóculos

Análisis de la varianza

Variable N R² R² Aj CV

Número de lóculos 60 0.43 0.32 10.90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V. SC gl CM F p-valor

Modelo 6.30 9 0.70 4.15 0.0005

Bloque 0.57 4 0.14 0.84 0.5065

Variedad 5.73 5 1.15 6.80 0.0001

Error 8.43 50 0.17

Total 14.73 59

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

Cuadro A- 13: Análisis de varianza para la variable frutos por planta

Análisis de la varianza

Variable N R² R² Aj CV

Número de frutos 60 0.36 0.24 33.68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V. SC gl CM F p-valor

Modelo 917.27 9 101.92 3.11 0.0048

Bloque	254.67	4	63.67	1.94	0.1179
Variedad	662.60	5	132.52	4.04	0.0037
Error	1638.73	50	32.77		
<u>Total</u>	<u>2556.00</u>	<u>59</u>			

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

Cuadro A- 14: Análisis de varianza para la variable peso promedio de frutos por planta

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
<u>Peso promedio de fruto por..</u>	<u>60</u>	<u>0.75</u>	<u>0.71</u>	<u>20.93</u>

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	10216.71	9	1135.19	16.93	<0.0001
Bloque	554.22	4	138.55	2.07	0.0992
Variedad	9662.49	5	1932.50	28.82	<0.0001
Error	3352.16	50	67.04		
<u>Total</u>	<u>13568.87</u>	<u>59</u>			

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

8.2. Figuras

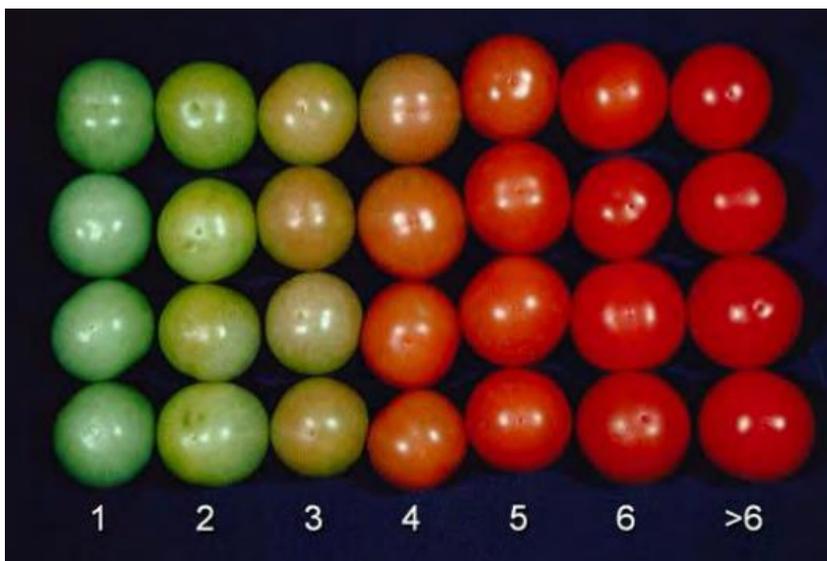


Figura A- 1: Clasificación de colores en tomate

Fuente: Igno, 2010.

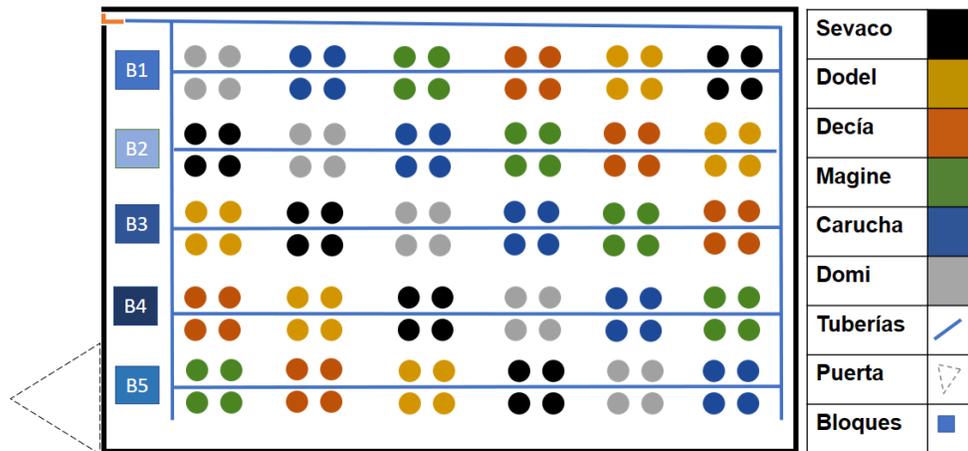


Figura A- 2: Diseño estadístico

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 3 Reparación y limpieza de invernadero

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 4: Establecimiento de macetas y sistema de riego
Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 5: Preparación de almácigos para plantines
Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 6: Plantines de tomate
Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 7: Trasplante de plantines

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 8: Tutoreo del cultivo

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 9: Desarrollo del cultivo

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

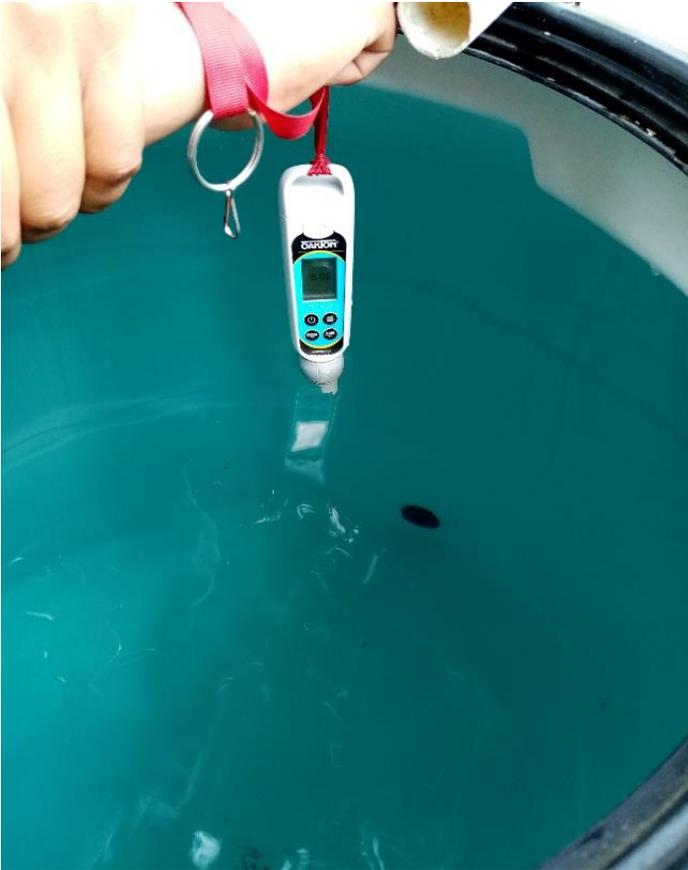


Figura A- 10: Medición de parámetros en el agua de riego
Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 11: Medición de variables altura y diámetro
Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 12: Cultivo en producción
Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 13: Producción de tomates

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 14: Equipo de trabajo

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.

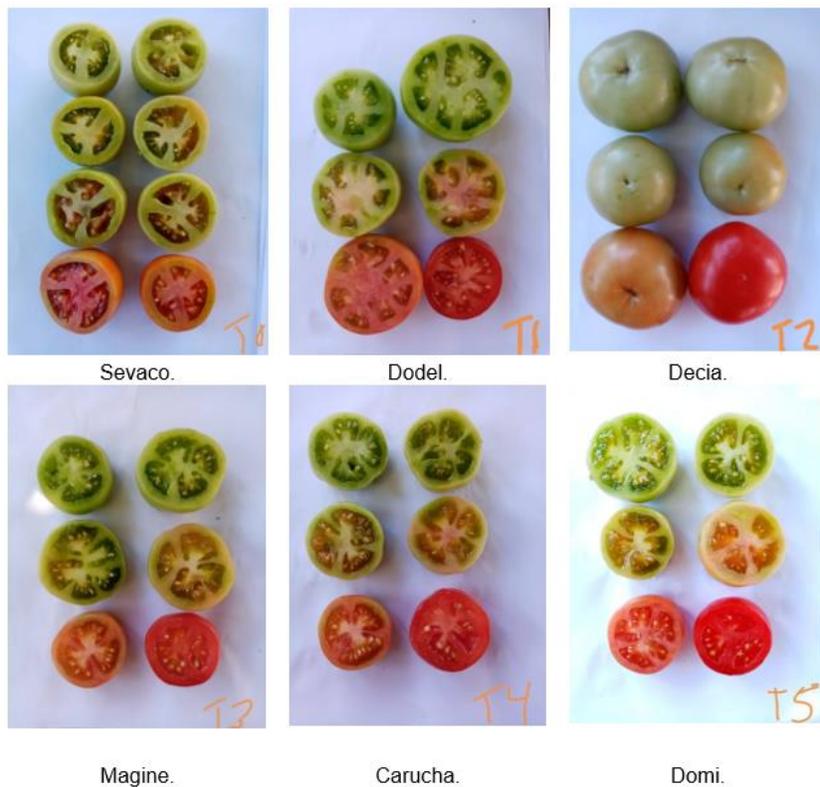


Figura A- 15: Corte horizontal de los frutos de tomate en sus diferentes estadios. Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 16: Cosecha de tomate frente al invernadero
Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 17: Cosecha de tomate en diferentes estados de madurez
Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 18: Frutos de las variedades de tomate
Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Dodel.



Domi.



Decía.



Magine.



Sevaco.



Carrucha

Figura A- 19: Frutos de las variedades de tomate
Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 20: Toma de datos en frutos.

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 21: Frutos en el cultivo

Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 22: Entrega de semillas a autoridades

Fuente: Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.



Figura A- 23: Elaboración de ficha técnica

Fuente: Fuente: Elaboración propia. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas. UES 2020.