

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS DE 32 LÍNEAS S1
DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* Mill.)”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

TERESA LUCILA ARAUJO MORENO

LIMA – PERÚ

2023

tesis final

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

5%

★ **hdl.handle.net**

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS DE 32 LÍNEAS S1
DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* Mill.)”**

TERESA LUCILA ARAUJO MORENO

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Dr. Raúl Humberto Blas Sevillano

PRESIDENTE

.....
Dr. Federico Alexis Dueñas Dávila

ASESOR

.....
Ing. Mg. Sc. Sarita Maruja Moreno Llacza

MIEMBRO

.....
Ing. M. S. Andrés Virgilio Casas Díaz

MIEMBRO

Lima – Perú

2023

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios quien permitió la ejecución de este trabajo al darme salud, protección y fortaleza emocional.

En segundo lugar, a mis padres Vicente Emiliano Araujo Abanto y Nelly Patricia Moreno Castillo quienes me impulsaron durante toda mi carrera profesional a no declinar ante las adversidades. Además, me sostuvieron y con su ejemplo me guiaron a tomar buenas decisiones y alcanzar mis metas trazadas. Por lo que estaré eternamente agradecida y siempre tendrán mi completo amor, respeto y admiración.

AGRADECIMIENTOS

A mi estimado asesor PhD. Federico Alexis Dueñas Dávila quien me acompañó en toda la travesía de la ejecución de este trabajo de investigación, involucrándose y orientándome de forma vehemente, impulsándome a aprender el correcto uso de las herramientas tecnológicas empleadas en el análisis de datos. Por lo que estoy completamente agradecida y guardaré con afecto sus palabras de aliento.

Al decano de la facultad de Agronomía, el Ing. Mg. Sc. Andrés Virgilio Casas Díaz, por confiar en mi persona para el desarrollo de la presente investigación y por persuadirme a terminar con prontitud y de manera meticulosa mi investigación.

Al Ing. Mg. Sc. Hugo Elías Huanuqueño Coca por esclarecer mis dudas sobre el tema de genética. Aporte muy valioso que potenció mi discusión con términos científicos y técnicos. A mi familia por ser mi soporte en todo momento. A mis padres nuevamente y a mi hermana Carla Patricia Araujo Moreno por ser la fuente de inspiración y orientación durante mi vida académica.

A mi mejor amiga Reina Aleli Chate Benites, a quien tuve la dicha de conocer en las aulas de estudio y quien, con sus ocurrencias y cariño, hizo llevaderos los días de clases. Agradezco todo el tiempo compartido, los consejos, secretos, sueños y apoyo incondicional que siempre me demostró.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	OBJETIVO GENERAL	1
1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE TOMATE.....	3
2.2.	ORIGEN Y DOMESTICACIÓN.....	3
2.3.	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	5
2.4.	GENERALIDADES DEL CULTIVO DE TOMATE	5
2.4.1.	Descripción botánica	5
2.4.2.	Fenología del cultivo	7
2.4.3.	Requerimientos edafoclimáticos.....	7
2.4.4.	Manejo agronómico en invernadero	7
2.5.	CALIDAD DEL TOMATE.....	11
2.6.	VARIEDAD Y DIVERSIDAD EN EL TOMATE.....	11
2.6.1.	Clasificación de cultivares de tomate	12
2.7.	MEJORAMIENTO GENÉTICO EN EL TOMATE.....	14
2.7.1.	Hibridación	15
2.7.2.	Herencia genética.....	18
2.8.	CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN EN EL TOMATE	19
2.8.1.	Descriptor	19
2.9.	CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN	21
2.10.	CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS FITOGENETICOS	21
2.10.1.	Conservación <i>ex situ</i>	21
2.10.2.	Conservación <i>in situ</i>	22
III.	METODOLOGÍA	23
3.1.	ÁREA EXPERIMENTAL	23
3.1.1.	Ubicación experimental.....	23
3.2.	MATERIALES Y EQUIPO EMPLEADOS	24
3.3.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	24
3.4.	DISEÑO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
3.4.1.	Diseño experimental	25

3.5. DESCRIPTORES DE CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN.....	26
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	26
3.6.1. Análisis numérico de datos (EDA)	26
3.6.2. Análisis de varianza (ANOVA) y Kruskal-Wallis	27
3.6.3. Análisis multivariado.....	27
3.6.4. Análisis de sendero o Path analysis	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1. ANÁLISIS NUMÉRICO DE DATOS (EDA).....	28
4.1.1. Caracteres cualitativos	28
4.1.2. Caracteres cuantitativos	31
4.2. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)	33
4.3. PRUEBA NO PARAMÉTRICA (KRUSKAL-WALLIS).....	35
4.4. ANÁLISIS MULTIVARIADO.....	37
4.4.1. Análisis factorial de componentes principales (AFCP).....	37
4.4.2. Análisis de clúster Jerárquico (ACJ)	42
4.5. ANÁLISIS DE SENDERO O PATH ANALYSIS (PA)	44
V. CONCLUSIONES	47
VI. RECOMENDACIONES	48
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	49
VIII. ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Fase vegetativa y reproductiva del ciclo fenológico del cultivo de tomate.....	7
Tabla 2: Guía para estimar las necesidades de agua para el cultivo de tomate bajo invernadero	9
Tabla 3: Tipos de variedades de tomates para consumo en fresco	14
Tabla 4: Disposición de tratamientos (Familias) según bloques en el invernadero	26
Tabla 5: Eigenvalue (valor propio) y porcentaje de varianza absoluta y acumulada de la variación fenotípica total explicado por los componentes principales	37
Tabla 6: Coordenadas, Cos^2 y contribución de las variables cuantitativas en poblaciones de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) orgánico, estudiadas en el Huerto UNALM	39
Tabla 7: Estadísticos de bondad de ajuste y criterios de referencia	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema del método genealógico en tomate	17
Figura 2: Cruce monohíbrido de Mendel	18
Figura 3: Ubicación del campo experimental del Programa de Investigación y Proyección Social en Hortalizas de la UNALM.....	23
Figura 4: Grafico de sedimentación de los 11 componentes principales en el eje horizontal y los eigenvalues (valor propio) en el eje vertical.....	38
Figura 5: Representación gráfica de la distribución de las variables cuantitativas originales en poblaciones de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) sobre el primero y segundo componente principal	40
Figura 6: Grafico de dispersión de las 160 accesiones de tomate con base al plano formado por el primero y segundo componente principal.....	41
Figura 7: Dendograma de las 160 accesiones de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	42
Figura 8: Representación gráfica de las 160 accesiones de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) agrupadas en dos clústeres por el método jerárquico.....	43
Figura 9: Modelo lineal de ecuaciones estructurales entre las variables independientes, dependientes y latentes	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Descriptores para la caracterización morfológica y evaluación agronómica y composición química del fruto a evaluar en las líneas de S1 de tomate	61
Anexo 2: Matriz básica de datos cualitativos (MBD) para el cultivo de tomate.....	64
Anexo 3: Tabla de frecuencia de variables cualitativas en poblaciones de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) orgánico, estudiadas en el Huerto UNALM	70
Anexo 4: Grafico de frecuencias de las variables cualitativas del cultivo de tomate.....	71
Anexo 5: Matriz básica de datos cuantitativos (MBD) para el cultivo de tomate segregantes obtenidos del tomate híbrido, producto de una hibridación entre el tomate comercial <i>S. lycopersicum</i> cv. Huascarán y <i>S. lycopersicum</i> var. ceraciforme.....	73
Anexo 6: Análisis descriptivo de variables cuantitativas y estadísticos simples en poblaciones de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) orgánico, estudiadas en el Huerto UNALM.....	79
Anexo 7: Prueba de Normalidad de errores, homogeneidad de varianzas de errores y modelo estadístico adecuado para cada variable cuantitativa del tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	80
Anexo 8: Resumen de resultados de ANOVA que compara 32 familias con 160 individuos de tomate.....	81
Anexo 9: Pruebas de significancia por el método de Duncan	82
Anexo 10: Gráficos de Barras Duncan	84
Anexo 11: Resumen de resultados de Kruskal-Wallis que compara 32 familias con 160 individuos de tomate.....	85
Anexo 12: Pruebas de significancia por el método de Bonferroni	86
Anexo 13: Gráfico de barras Bonferroni	88
Anexo 14: Medida de la adecuación de la muestra por KMO.....	90
Anexo 15: Matriz de correlaciones en poblaciones de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	91
Anexo 16: Representación gráfica del \cos^2 de las variables cuantitativas originales en poblaciones de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) sobre el primero y segundo componente principal	92
Anexo 17: Numero de clúster con su respectivo índice de valor por cada método.....	93
Anexo 18: Frecuencia y porcentaje de probabilidad por número de clúster	94
Anexo 19: Nivel de significancia del coeficiente de correlación entre variables.....	95

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como finalidad evaluar las características fenotípicas y agronómicas de 32 líneas de tomate S1, procedentes del cruce entre el tomate comercial *S. lycopersicum* cv. *Huascarán* y *S. lycopersicum* var. *ceraciforme*. La fase experimental de esta investigación se realizó en el invernadero “Super Pepón” del programa de investigación en Hortalizas de la Universidad Nacional Agraria La Molina. A nivel de campo, se utilizó un arreglo de bloques completamente al azar (DBCA) con 32 tratamientos (líneas de tomate S1) y 5 repeticiones. Se evaluaron un total de 17 variables cualitativas y 12 variables cuantitativas, utilizando los descriptores de tomate del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Los datos de las variables cuantitativas fueron sometidos a análisis de varianza (paramétrico), Kruskal Wallis (no paramétrico), análisis multivariado (análisis de componentes principales y agrupamiento jerárquico) y análisis de sendero. Por otro lado, se analizaron las variables cualitativas mediante una tabla de frecuencia. Se establecieron dos componentes principales que explicaron el 50.16% de la varianza total, la cual se explica principalmente por el peso, longitud y ancho de fruto, número de lóculos, número de días a la floración y maduración. Mediante el análisis de agrupamiento jerárquico se explicó que no existe una completa diferenciación dentro de cada familia y entre familias, sin embargo, la familia F-44 presentó las mejores características agronómicas tanto a nivel de planta como de fruto. Adicionalmente, el análisis de sendero reveló una fuerte relación directa entre el tamaño y peso de fruto, mientras que los sólidos solubles y la acidez titulable tuvieron un fuerte efecto causal en la calidad organoléptica del fruto.

Palabras clave: fenotipo, accesiones, descriptores, caracterización, evaluación.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the phenotypic and agronomic characteristics of 32 S1 tomato lines from the cross between the commercial tomato *S. lycopersicum* cv. *Huascarán* and *S. lycopersicum* var. *ceraciforme*. The experimental phase of this research was carried out in the "Super Pepón" greenhouse of the Vegetable Research Program of the Universidad Nacional Agraria La Molina. At the field level, a completely randomized block arrangement (DBCA) was used with 32 treatments (S1 tomato lines) and 5 replications. A total of 17 qualitative and 12 quantitative variables were evaluated using the International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) tomato descriptors. Data from quantitative variables were subjected to analysis of variance (parametric), Kruskal Wallis (non-parametric), multivariate analysis (principal component analysis and hierarchical clustering) and path analysis. On the other hand, qualitative variables were analyzed using a frequency table. Two principal components were established that explained 50.16% of the total variance, which was mainly explained by weight, fruit length and width, number of locules, number of days to flowering and ripening. Hierarchical cluster analysis explained that there is no complete differentiation within and between families; however, the F-44 family presented the best agronomic characteristics both at the plant and fruit level. Additionally, path analysis revealed a strong direct relationship between fruit size and weight, while soluble solids and titratable acidity had a strong causal effect on fruit organoleptic quality.

Keywords: phenotype, accessions, descriptors, characterization, evaluation.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate cultivado (*Solanum lycopersicum*) es la hortaliza más consumida a nivel mundial después de la papa. El 75% de la producción mundial está destinado para el consumo en fresco y el 25% restante para la agroindustria (Fernández, 2022). Para satisfacer la creciente demanda mundial de alimentos, se han desarrollado variedades o híbridos mejorados que producen entre 150 a 500% más que las variedades tradicionalmente cultivadas y que, además presentan mejores características agronómicas, de calidad y resistencia o tolerancia al estrés biótico y abiótico (Vallejo y Estrada, 2002). Sin embargo, se ha evidenciado a nivel mundial, que la principal limitante para el desarrollo de genotipos superiores es la insuficiente investigación en la caracterización morfológica y evaluación agronómica de las colecciones de germoplasma, que representan aproximadamente el 80% y 95% de los materiales conservados (Agudelo *et al.*, 2011 y Vallejo y Estrada, 2002). En el Perú se dispone de escasa investigación en esta área, por ello, el presente estudio, busca caracterizar y evaluar agromorfológicamente 32 fenotipos segregantes obtenidos del tomate híbrido, producto de cruces entre el tomate comercial *S. lycopersicum* cv. *Huascarán* y *S. lycopersicum* var. *ceraciforme*, con la finalidad de identificar las familias promisorias que procuren mejores características de interés físico, químico y agronómico. Para dicho fin, se utilizaron descriptores del tomate del Instituto internacional de Recursos Fitogenéticos-IPGRI, que permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos de alta heredabilidad, además de la evaluación de caracteres cuya expresión está influenciada por el medio ambiente, entre ellos del rendimiento, la productividad agronómica, susceptibilidad a estrés, y caracteres bioquímicos y citológicos.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar las características fenotípicas de 32 líneas S1 de tomate procedentes del cruce de cultivares mejorados de tomates y sus correspondientes características agronómicas.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar treinta y dos líneas de tomate S1, según los descriptores del International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), con base en el estudio de clústeres, para su posterior tipología.
- Determinar las líneas con mejores características agronómicas, evaluando sus potencialidades tanto a nivel de planta como de fruto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE TOMATE

La producción global de tomate en el año 2021 superó los 180 millones de toneladas métricas, con un área cosechada superior a 5 millones de hectáreas, siendo los diez países con mayor producción (en orden descendente) China, India, Turquía, Estados Unidos, Italia, Egipto, España, México, Brasil y Nigeria (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAOSTAT], 2022).

En ese mismo año, la producción anual del Perú fue de 243,651.16 toneladas (en Ica 129,068 t, en Arequipa 44,515 t y en Lima 28,443 t), con un rendimiento de 44.11 t/ha, siendo Ica el de mayor rendimiento promedio (102.72 t/ha), seguido por Arequipa (51.226 t/ha) y Lima (32.939 t/ha). Las variedades que más destacan son katya, redondo, rio grande, brigada y chef (FAOSTAT, 2022; Sistema Integrado de Estadística Agraria [SIEA], 2023 y Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MINAGRI], 2021).

Según estudios del Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI, el tomate es la tercera hortaliza de mayor consumo promedio anual a nivel nacional, con 6.8 kg por persona (INEI, 2012). Sin embargo, la demanda de este cultivo aumentó significativamente debido al creciente reconocimiento de su valor nutricional, es una fuente de vitaminas (C, A y K), sales minerales (potasio y hierro) y antioxidantes (antocianinas y betacaroteno), que en conjunto ayudan a reducir el colesterol y los triglicéridos y mejoran la coagulación de la sangre (Ministerio de Agricultura y Riego AgroRural [MIDAGRI], 2019). También es una fuente de empleo, principalmente para pobladores de las zonas rurales del país, dado que requiere en promedio 165 jornales por hectárea (MINAGRI, 2021).

2.2. ORIGEN Y DOMESTICACIÓN

Botánicamente, el tomate se conoce como *Solanum lycopersicum*, aunque antiguamente se le denominaba *Lycopersicum esculentum* (Labate *et al.*, 2007). Tiene un genoma diploide

simple con 12 cromosomas (Giovannoni, 2004). Su origen se ubica, posiblemente, en la costa oeste de Sudamérica, se distribuye desde el Ecuador hasta el norte de Chile, con dos especies endémicas en las islas Galápagos (Doebley *et al.*, 2006; Darwin *et al.*, 2003; Peralta y Spooner, 2005). Actualmente se han identificado 17 especies, de las cuales solo una pertenece a la especie cultivada (*S. lycopersicum*) (Peralta *et al.*, 2006 y MINAM, 2020).

Durante mucho tiempo se creía que el ancestro del tomate cultivado era *Solanum lycopersicum cerasiforme*, sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que la variedad “ceraciforme” es un híbrido de tomates silvestres y cultivados (Nesbitt y Tanksley, 2002).

Desde hace 10,000 años, la humanidad ha estado alterando la composición genética de las especies silvestres, a través de la selección artificial de genes, creando especies domesticadas y con características deseables por el mercado (Doebley *et al.*, 2006). Esta selección puede variar dependiendo de las necesidades, costumbres y hábitats de una cultura a otra (Arora, 1997).

El proceso de domesticación se inició en América (Peralta y Spooner, 2007), siendo el Perú el centro de mayor diversidad de parientes silvestres y México la región con mayor probabilidad de domesticación (Robertson y Labate, 2007); posteriormente, se intensificó en toda Europa durante los siglos XVIII y XIX (Sims, 1980). A partir del siglo XX, el hombre comenzó a emplear técnicas de fitomejoramiento, dando lugar al desarrollo de numerosos cultivares modernos, derivados a partir de una sola especie (*Solanum lycopersicum*) (Bai y Lindhout, 2007). Ambos procesos mencionados, han provocado un cuello de botella en los cultivares modernos, reduciendo a 5% la diversidad genética de sus parientes silvestres (Miller y Tanksley, 1990). De ese modo, el tomate se utilizó por primera vez como planta ornamental en el continente europeo y, posteriormente, con la introducción de variedades de frutos rojos, Italia fue la primera en cultivarlo e incorporarlo en su gastronomía (Gorini, 2018).

2.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Según el Integrated Taxonomic Information System (ITIS, 2023), el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill = *Solanum lycopersicum* L.) presenta la siguiente jerarquía taxonómica:

Reino: Plantae
Subreino: Viridiplantae
Infrareino: Streptophyta
Superdivision: Embryophyta
División: Traqueofitas
Subdivisión: Espermatofitina
Clase: Magnoliopsida
Superorden: Asteranae
Orden: Solanales
Familia: Solanaceae
Género: *Solanum* L.
Especie: *Solanum lycopersicum*

2.4. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE TOMATE

2.4.1. Descripción botánica

El tomate es una planta dicotiledónea y herbácea perenne, que se cultiva anualmente para consumo directo o procesado (López, 2017), además presenta un polimorfismo muy acentuado en el tamaño de la planta, características vegetativas de hojas y frutos, que al ser tan diferentes pueden ser utilizados para diferentes propósitos (Gorini, 2018). Por otro parte, esta especie tiene un hábito de crecimiento que puede ser determinado o indeterminado, lo que hace posible que sea cultivada de diversas formas, teniendo en cuenta que las condiciones climáticas extremas (heladas o calor excesivo) inciden en su producción, siendo más sensibles en condiciones de campo abierto (Allende *et al.*, 2017).

El aparato radicular del tomate está constituido por una raíz principal, raíces secundarias y raíces adventicias en el tallo. La raíz puede alcanzar un metro y medio de profundidad, ocurriendo la mayor concentración en los primeros 50-60 cm de suelo suelto (Rothman y Tonelli, 2010). En el área externa de la raíz se encuentra la epidermis, que contiene pelos radiculares que permiten la absorción de nutrientes y agua. El córtex y el cilindro vascular

se encuentran en la zona interna, donde se encuentra la xilema, que es el responsable de transportar los nutrientes desde la raíz hacia todos los órganos de la planta (Escobar, 2010).

El tallo es pubescente; anguloso, de color verde y tiene un grosor de 2- 4 cm en la zona basal y es más delgado en la parte superior. El tallo principal da lugar a tallos secundarios con nuevas hojas y racimos florales, y en la porción distal se encuentra el meristemo apical, donde surgen los nuevos primordios florales y foliares (López, 2017). La planta cuando es joven tiene un crecimiento monopodial (erguido), y luego es simpodial (decumbente), lo que hace necesario el uso de tutores (Saavedra *et al.*, 2019).

Las hojas son imparapinadas, compuestas de 7- 9 folíolos peciolados, lobulados, con borde dentado y pelos glandulares que recubren la hoja. Estas se encuentran distribuidas de forma alterna y opuesta sobre el tallo con diversas posiciones como semierecta, horizontal o inclinada (López, 2017). La flor es hermafrodita por la presencia de órganos masculinos y femeninos funcionales, tiene una simetría regular, con cinco o más sépalos, seis o más pétalos de color amarillo, un pistilo y cinco estambres, todos ellos dispuestos en forma helicoidal e insertados en la base del ovario (Jaramillo *et al.*, 2012).

El racimo puede tener hasta 50 flores, pero sólo 6-7 de ellas fructifican por racimo; sin embargo, cada planta puede producir 20 a más inflorescencias para variedades de crecimiento indeterminado, mientras que las de crecimiento determinado con solo 7-8 inflorescencias (Rothman y Tonelli, 2010). Las inflorescencias se forman en las axilas de cada dos o tres hojas de la planta, y la primera flor se forma en la yema apical, apareciendo las flores restantes lateralmente y alrededor del eje floral (López, 2017).

El fruto es una baya de forma variable, en el interior hay de 2-7 cavidades ováricas con numerosas semillas y tejido placentario. Está compuesto principalmente de agua, sólidos solubles (fructosa, sacarosa y sales) e insolubles (fibras de celulosa y pectina), ácido orgánicos (ácido cítrico y ácido málico) y micronutrientes como carotenoides (licopeno y B-caroteno) responsables del color rojo y amarillo del fruto y vitamina A y C (Pedro y Ferreira, 2007; Gierson y Kader, 1986, Davies *et al.*, 1981; Gorini, 2018).

2.4.2. Fenología del cultivo

El ciclo del fenológico del tomate dura aproximadamente siete meses y la rapidez con la que se puede desarrollar el cultivo está influenciado por el clima, suelo, variedad, manejo agronómico y por el número de racimos que se dejan por planta (Jaramillo *et al.*, 2007). En el cultivo de tomate se diferencia la fase vegetativa y reproductiva, cada una con etapas intermedias y bien diferenciadas (Tabla 1) (Núcleo Ambiental S.A.S., 2015).

Tabla 1: Fase vegetativa y reproductiva del ciclo fenológico del cultivo de tomate

Fase Vegetativa		Fase Reproductiva		
Establecimiento	Desarrollo y Crecimiento vegetativo.	Primera floración y cuajado.	Desarrollo del fruto.	Madurez fisiológica y cosecha.
Desde siembra en almacigo hasta trasplante a campo definitivo (30-35 DDS*).	Acumulación de materia seca en hojas y tallos hasta 70 DDS*.	Comienza de 20-40 DDT** y continúan hasta el final del crecimiento de la planta.	A partir de 40-80 DDT** hay una mayor acumulación de materia seca en los frutos.	La madurez comienza desde 80-120 DDT** y la cosecha es permanente.

Nota. *DDS = días después de la siembra, **DDT = días después del trasplante. Fuente: (Núcleo Ambiental S.A.S., 2015).

2.4.3. Requerimientos edafoclimáticos

A pesar de que el tomate es una planta rustica, con capacidad de sobrevivir bajo condiciones adversas de clima y suelo, presenta un óptimo desarrollo morfológico y fisiológico en climas cálidos, con temperaturas entre 18-30°C (Guzmán *et al.*, 2017), humedad relativa entre 60-80% (Guzmán *et al.*, 2017); una buena luminosidad favorece la producción de materia seca y azúcares en el fruto (Jaramillo *et al.*, 2012). Asimismo, el cultivo de tomate prefiere suelos de textura media (franco-arenoso o arcillo-arenoso), con un pH entre 5.9-6.5 (CHEMONICS, 2008), con una conductividad eléctrica entre 1.5-2.0 dS/m (Núcleo Ambiental S.A.S., 2015) y un adecuado manejo de la porosidad, densidad y fertilidad, para asegurar una buena disponibilidad de nutrientes para la planta (Escaff *et al.*, 2005).

2.4.4. Manejo agronómico en invernadero

Se inicia por la desinfección del sustrato mediante la solarización húmeda, que consiste en captar la energía solar utilizando coberturas plásticas bien selladas sobre el sustrato húmedo, para aumentar la temperatura y así provocar la eliminación de patógenos (bacterias, hongos, nematodos, insectos y malezas). Este proceso tiene una duración de 40 días para climas fríos

y 20 días para climas cálidos respectivamente (Jaramillo *et al.*, 2012). Para evitar contaminar el sustrato es necesario lavar a presión los almácigos y desinfectarlos con hipoclorito de sodio (5-10ml/lit de agua durante 30 segundos). Posteriormente se distribuye el sustrato de manera uniforme sobre las bandejas, y se realiza un orificio de 0.5cm de diámetro y de 2-3mm de profundidad para colocar una semilla por cada orificio y cubrir con una fina capa de sustrato (Jaramillo *et al.*, 2007). Luego estos son trasladados a una cámara de germinación con HR>90%, temperatura en los rangos de 18-24°C, por un periodo de 3-5 días (Baudoin, 2017). Una vez instaladas las plántulas en invernadero para su crecimiento, estas requieren de una buena fertilización con riegos suaves y con una frecuencia de una vez por día, en climas frescos, y de 2-3 veces por día en climas cálidos (Jaramillo *et al.*, 2012). Cuando las plántulas están a una semana previa al trasplante, es importante reducir el riego, para provocar el endurecimiento de sus tejidos y expansión de sus raíces, con la finalidad de ir adaptándolas a condiciones de estrés (Jaramillo *et al.*, 2007).

Una buena preparación del terreno tiene como objetivo mejorar las propiedades físicas del suelo y crear condiciones favorables para mejorar la actividad biótica de los organismos benéficos. Dependiendo de las condiciones del suelo, esta labor puede realizarse de forma mecánica, animal o labranza mínima (Baudoin, 2017).

En suelos que están compactados y que nunca han sido laboreados o existido mucho paso de maquinaria o ganado, es necesario realizar el subsolado mediante el uso de maquinaria agrícola pesada que penetra a una profundidad mínima de 60cm y con una frecuencia de 1-2 años cuando hay constante uso del terreno. Posteriormente es necesario remover las capas superficiales del suelo (arado) a una profundidad máxima de 45cm y una humedad mínima de 30%, con el objetivo de incorporar los residuos vegetales del cultivo anterior y favorecer la destrucción de malezas y plagas mediante su exposición a los rayos solares. Los terrones que quedan después del arado son mullidos mediante el rastreo para facilitar el encamado que consiste en la formación de camas con una altura de 25-40cm, un ancho de 0.8-1m y un distanciamiento de 1.5m (Chemonics International, 2008) y que tiene como principal objetivo aumentar el drenaje, aireación y favorecer el desarrollo de raíces de las plantas (Jaramillo *et al.*, 2007).

Por lo general en la siembra del cultivo de tomate en surco simple y con podas de un solo tallo, se trabaja con un distanciamiento entre surcos de 1.10-1.30 m y distanciamiento entre plantas de 30-40cm, resultando una densidad de 1.9-3 plantas por m². Una alta densidad de plantas crea una mayor competencia por nutrientes, agua y luz, así como una mayor necesidad de manejo agronómico, afectando negativamente en su producción (Jaramillo *et al.*, 2007). Además, la orientación tanto del invernadero como de las hileras de plantas, deben ser de norte a sur para que ambos lados aprovechen la luz solar, uno por la mañana y la otra por la tarde (Escaff *et al.*, 2005).

El trasplante consiste en trasladar las plántulas desde el semillero a un lugar permanente, se realiza entre 25-30 días después de la siembra en almácigos y cuando estas están previamente endurecidas, con cuatro hojas verdaderas, con raíces blancas, delgadas y bien desarrolladas y una altura de 10-15cm (Jaramillo *et al.*, 2007).

Un buen riego es el suministro de agua al suelo, de manera oportuna, eficiente y uniforme. Esta labor depende de la temperatura, humedad relativa, radiación, viento, fenología del cultivo y de la pendiente del terreno (Jaramillo *et al.*, 2007). El sistema de riego puede ser por gravedad, aspersión y goteo, siendo este último el más eficiente en cuanto al uso del agua (Chemonics International., 2008). Según Núcleo Ambiental S.A.S. (2015), es preferible realizar riegos pequeños y regulares inmediatamente después del trasplante, porque a medida que el cultivo crece y se desarrolla su demanda hídrica aumenta (Tabla 2).

Tabla 2: Guía para estimar las necesidades de agua para el cultivo de tomate bajo invernadero

Semana de trasplante	Estado de desarrollo	Mínimo*	Máximo*
1	Enraizamiento	0,6	1,25
2-5	1ero – 4° racimo floral	1,5	3,0
6	5° racimo floral	3,5	3,8
7-9	6° racimo floral	3,5	4,0
10-11	7°-8° racimo floral	4,0	4,5
12-15	Inicio de cosecha	4,5	5,0
16-17		5,5	6,0
18-20		5,5	6,0
21-23		5,0	5,0
24-25		5,0	5,0
25		5,0	5,0
27		5,0	5,0

Nota. *Necesidad diaria (litros/m²/día). Fuente: (Escobar y Lee, 2010)

Por otra parte, la conductividad eléctrica (CE) y el contenido salino son los principales parámetros que determinan el riesgo del uso del agua, debido a que, una alta salinidad dificulta la absorción del agua y nutrientes en las raíces (Allende *et al.*, 2017). El cultivo de tomate puede soportar una salinidad máxima del suelo de 2.5dS/m, reduciendo su producción en 10%, por cada unidad superior al límite máximo (Maas y Holfman, 1977).

La fertilización es el aporte de nutrientes esenciales que son requeridos por la planta, en la dosis y en el momento adecuado (Jaramillo *et al.*, 2012). La fertilización puede ser edáfica, foliar o mediante la fertirrigación. Este último método consiste en la disolución de nutrientes en el agua mediante el riego por goteo. Además, por tener una alta eficiencia que permite rendimientos de 100-120kg/ha en el cultivo de tomate, es el más utilizado en invernaderos (Jaramillo *et al.*, 2012 y Escaff *et al.*, 2005).

Una buena fertilización implica mantener niveles adecuados de nutrientes tanto en el suelo como en diversas estructuras y etapas de crecimiento de la planta. Es así como la relación N/K debe ser 1:1 desde trasplante hasta la floración, mientras que la relación de N/K cambia a 1:2 o 1:3 desde el inicio del llenado de frutos hasta maduración (Jaramillo *et al.*, 2012), de modo que, el requerimiento total de nutrientes del tomate por tonelada de fruta cosechada es de 2.6kg de N, 0.5kg de P, 3.9kg de K, 1.6kg de Ca y 0.4kg de Mg (Guzmán *et al.*, 2017).

La disponibilidad de nutrientes para la planta está determinada por el pH de la solución que rodea la zona radicular, su rango óptimo esta entre 5.5-6.5, mientras que valores mayores de 7, causan deficiencias principalmente de fosforo, magnesio, hierro y manganeso (Velasco *et al.*, 2011), siendo posible su ajuste a través de la relación NH_4/NO_3 de la solución, sin que la proporción de NH_4 supere el 20% del Nitrógeno total aportado (Escaff *et al.*, 2005).

El momento oportuno para la cosecha depende de la preferencia del mercado, tecnología poscosecha, el tiempo de transporte hasta el consumidor y los objetivos de producción (consumo en fresco, agroindustria o semillas). Con base en estos factores, el productor determina el estado del fruto a cosechar (verde maduro, pintón, rosado o rojo firme), siendo las primeras etapas de madurez ideales, porque son menos susceptibles a daños físicos (Jaramillo *et al.*, 2007). Además, para una buena cosecha es fundamental evitar daños en los

frutos, colocarlos bajo sombra y clasificarlos según su tamaño, forma, sanidad y grado de madurez (Chemonics International, 2008).

2.5. CALIDAD DEL TOMATE

La calidad está influenciada por factores: genéticos, agronómicos y ambientales durante la pre y poscosecha de los frutos (Crisosto y Mitchell, 2007). Este aspecto es esencial para que el producto sea aceptado y apreciado por el consumidor (Barrett *et al.*, 2010).

Asimismo, los parámetros de calidad del fruto varían en función al destino del producto (consumo en fresco o agroindustria) (Diez y Nuez, 2008), es así como para el primer caso el argumento de compra se justifica principalmente por la apariencia externa del fruto como la homogeneidad de forma y color (Anastasio y Abad, 1997), el buen sabor que está determinado por la fructuosa y ácido cítrico (Gierson y Kader, 1986), y una larga vida poscosecha (Diez y Nuez, 2008). En el segundo caso se exige que los frutos sean de color rojo intenso con homogeneidad de tamaño y forma, piel lisa y flexible para facilitar el pelado, además debe presentar un pH de 4.2-4.4, alta viscosidad (Diez y Nuez, 2008), alto contenido de sólidos solubles y ácido cítrico de 4.5-7.5 y 0.35-0.55 respectivamente (Gould, 1992).

2.6. VARIEDAD Y DIVERSIDAD EN EL TOMATE

El tomate cuenta con una amplia diversidad de parientes silvestres divididos en la sección Lycopersicoides (*S. Lycopersicoides* y *S. sitiens*); sección Juglandifolia (*S. juglandifolium* y *S. ochranthum*) y la sección Lycopersicon (*S. lycopersicum*; *S. pimpinellifolium*; *S. pennellii*; *S. arcanum*; *S. chmielewskii*; *S. neorickii*; *S. habrochaites*; *S. chilense*; *S. huaylasense*; *S. peruvianum*; *S. corneliomulleri*; *S. cheesmaiae* y *S. galapaguense*). Todas ellas reúnen 17 especies en total, de las cuales solo una es domesticada (*S. lycopersicum*) (MINAM, 2020), la cual se divide en las variedades commune (tomate común); grandifolium (tomate hoja de papa); validum (erecto o arbusto); cerasiforme (tomate cereza) y pyriforme (tomate pera) (Cásseres, 1980). Sin embargo, dentro de la clasificación de tomates en el Perú de la especie *S. lycopersicum*, se han descrito dos variedades para todo el mundo, y ambas se encuentran en el interior del país, estas variedades son Lycopersicum (tomate común) y Cerasiforme (tomate Cherry) (Ardiles, 2021).

La especie *S. lycopersicum* es una planta autógama con variedades cultivadas homocigotas (Domingos, 2011). No obstante, estudios realizados por Rick (1950, 1958) dieron evidencias de altas tasas de polinización cruzada natural en la región nativa de América del sur occidental. Estos hallazgos además de favorecer la alta variabilidad de los cultivares nativos, posibilitan la existencia de cruzamientos naturales entre el tomate con otras especies sexualmente compatibles. Vallejo (1999) menciona que, las especies *S. lycopersicum var. ceraciforme*, *S. pimpinellifolium* y *S. cheesmaiae* pueden cruzarse fácilmente con *S. lycopersicum var. lycopersicum* (especie cultivada), obteniendo híbridos de la F1 con una buena fertilidad, apareamiento cromosómico y segregación cromosómica.

El tomate domesticado es cultivado en 19 departamentos del Perú y en todo mundo, además cuenta con numerosos cultivares que son destinados tanto para consumo en fresco como para la agroindustria. La variedad ceraciforme corresponde al tomate nativo del Perú, que se encuentra distribuido en 14 departamentos del país. (MINAM, 2020). De acuerdo a la Clasificación Nacional de Productos Agrarios (CNPA), los cultivares comerciales del tomate en el Perú son “Rio Grande”, “Marzano”, “Marglobe”, “Dominator”, “cereza” y cultivares importados como “tomate riñón” y “tomate de mesa” para la producción de semillas (MINAGRI, 2016).

2.6.1. Clasificación de cultivares de tomate

El tomate tiene una amplia diversidad de cultivares adaptados a diferentes condiciones ambientales, prácticas culturales, destino del fruto, gustos, tamaños, formas, colores, etc., lo que hace que su clasificación sea compleja y variada (Aso, 2015). Se puede hacer una primera clasificación considerando la época de maduración de la planta, en la cual se distinguen cultivares con maduración precoz (65-80 días) que por lo general tienen un porte bajo, se adapta mejor en climas templados y de latitudes altas y requiere menor inversión, mientras que cultivares de maduración intermedia (75-90 días) y tardía (85-100 días) son más grandes y por lo tanto requieren de una mayor inversión (Cásseres, 1980).

Otra forma de clasificar al tomate es según su hábito de crecimiento, en la cual se diferencian cultivares de crecimiento determinado, indeterminado (Cásseres, 1980) y semideterminado (Rothman y Tonelli, 2010). La primera tiene un crecimiento limitado por presentar un racimo floral al terminar el tallo (Cásseres, 1980), con un ciclo corto de 100 días, presentan

inflorescencias cada 1-2 hojas, pueden alcanzar un máximo de 7-8 racimos por planta, y poseen un gen de autópora SP (Rothman y Tonelli, 2010). La segunda presenta una yema vegetativa terminal en cada brote, que permite el desarrollo de plantas de porte alto y frondoso, siendo necesario su manejo en invernaderos (Escaff *et al.*, 2005), además presentan inflorescencias cada 2-3 hojas y pueden formar hasta 20 racimos por planta y la última presenta características intermedias, crecen indeterminadamente hasta que se produce un racimo y se autópora (Rothman y Tonelli, 2010). Por último, según Jaramillo *et al.* (2012) los tomates también pueden clasificarse según su uso (consumo en fresco y agroindustria) y forma externa de los frutos de la siguiente manera:

Tomate tipo Milano: son el grupo de tomates de mejor palatabilidad y de mayor tamaño y peso (200-400 g), presentan más de cuatro lóculos, tienen forma achatada o semiachatada y se consume en fresco (maduro o verde). Aquí se encuentran los tomates arriñonados que provienen de la variedad Marmande y también milanos mejorados de larga vida (>22 días) a temperatura ambiente, esta propiedad está dada por la presencia del gen RIN (Escaff *et al.*, 2005).

Tomate tipo Chonto: su forma es redonda u ovalada y levemente elongada con un peso promedio de 70-220 g y tienen de 2-4 lóculos. Se consumen en fresco y también son utilizados para preparar guisos, pastas, ensaladas y encurtidos.

Tomate tipo Cherry o cereza: procede de la domesticación de *S. pimpinellifolium* y se caracterizan por su pequeño tamaño (18-30 mm) y peso promedio de 10 g. Su forma puede ser tipo pera, bombillo o redonda y por lo general se agrupan en ramilletes de 15 o más frutos. Se consumen en fresco, en cocteles y para decorar platos.

Tomate tipo Industrial: se caracterizan por presentar altos contenidos de sólidos solubles y un color rojo intenso, su tamaño puede variar desde redondos hasta periformes y su uso es exclusivamente para procesamiento agroindustrial. Por otra parte, Díez y Nuez (2008) establecen un criterio de clasificación para tomates de consumo en fresco de acuerdo al tamaño y nervadura de los frutos (Tabla 3):

Tabla 3: Tipos de variedades de tomates para consumo en fresco

Tamaño de fruto	Nervadura del fruto	Habito de crecimiento	Apariencia del fruto	Tipo
Frutos grandes calibre G y GG > 67mm	Liso o ligero	Indeterminado o determinado	Aplanados o redondos, con o sin hombros verdes, multiloculares	Beefsteak
	Medio o fuerte	Determinado e indeterminado	Irregulares con hombros verdes, multiloculares	Marmande
Frutos medianos calibre M 57-67 mm	Liso o ligero	Indeterminado o determinado	Ligeramente aplanada o redondo, con 2-3 lóculos	Vemone
		Indeterminado	Alargados y carnosos en forma de pimientos	Pepper-Shaped
Frutos pequeños calibre MM 47-57 mm	Liso	Indeterminado	Redondos sin hombros verdes	Moneymaker y canario
			Redondos	Hanging basket tomato
Frutos pequeños calibre MMM <47 mm 30-50g	Liso	Indeterminado	Redondos o aperados	Cocktail
Frutos muy pequeños 10-30 g	Liso	Indeterminado	Redondos o aperados	Cereza (“cherry”)

De forma semejante, los mismos autores clasifican al tomate para procesamiento según su uso, en la variedad para pelado entero y para pasta. Las formas para pelado entero (pera, pera alargada, ovalado o cilíndrico) deben facilitar el pelado de los frutos y el tamaño puede variar entre 60-100g. Mientras que las variedades para pasta son menos restrictivas en la forma (cuadrados, ovalados y redondos) y tamaño de fruto que puede variar entre 60-130g (Diez y Nuez, 2008).

2.7. MEJORAMIENTO GENÉTICO EN EL TOMATE

El mejoramiento de cultivos o *plant breeding* es el arte y la ciencia de alterar la genética de las plantas para producir cultivares (variedades o híbridos) genéticamente superiores a las variedades nativas, adaptadas a condiciones específicas, de mayor rendimiento económico y de mejor calidad. Esta práctica se viene realizando a través de la selección de plantas desde los comienzos de la agricultura. No obstante, el fitomejoramiento como ciencia empezó en el año 1900, con el redescubrimiento de las leyes de Mendel (Vallejo y Estrada, 2002), aun cuando se tiene evidencias anteriores, que corresponden a la fase intuitiva o empírica del mejoramiento.

Los fitomejoradores reconocen la necesidad de grandes y diversas fuentes de material genético, que están disponibles en bancos de germoplasma, colecciones privadas y de materiales colectados en campo (Brock, 1971). La mayor parte de la variación genética se encuentra en las especies silvestres del tomate, mientras que solo el 5% de esta variación se encuentra en los tomates cultivados (Miller y Tanksley, 1990). Sin embargo, también existe una gran variación genética en las especies domesticadas (variedades locales), que se mantienen en los sistemas agrícolas tradicionales, pero están expuestas a la extinción genética por el remplazo de variedades modernas (Camacho *et al.*, 2006) o por los cruzamientos espontáneos que ocurren en sus fincas.

Diversas investigaciones en los parientes silvestres del tomate han demostrado que estos pueden aportar cualidades específicas en el mejoramiento genético del cultivo, por ejemplo, para el incremento de sólidos solubles en el fruto (*S. cheesmanii*, *S. chmielewskii*, *S. lycopersicum* var. *ceraciforme*, *S. habrochaites* y *S. neorickii*), resistencia a patógenos (*S. chilensis*, *S. pimpinellifolium*, *S. habrochaites*, *S. peruvianum* var. *ceraciforme*), alto contenido de vitaminas y alto valor de pH en frutos (*S. pimpinellifolium*), resistencia a altas temperaturas (*S. habrochaites*) y tolerancia a la sequía (*S. pennellii*) (Fernández, 2022).

2.7.1. Hibridación

Poehlman (1992) menciona que los principales métodos para crear nuevas variedades de especies autógamias son la introducción, selección e hibridación. Siendo este último común en el cultivo de tomate que cuenta con menos del 5% de polinización cruzada natural (Vallejo y Estrada, 2013). La hibridación sexual busca introducir genes deseables que están presentes en dos o más genotipos diferentes (constitución homocigota y constante) en un solo genotipo para aumentar la variabilidad genética de caracteres específicos (Vallejo, 1999 y Dávila *et al.*, 2020). Estos caracteres se pueden adquirir mediante los progenitores o de algunos individuos de su progeñe que sean superiores a la de sus progenitores en características cuantitativas como rendimiento, peso específico, tolerancia a bajas temperaturas, etc., cuya herencia está determinada por múltiples genes (Poehlman, 1992). Los progenitores pueden estar emparentados o no, como los que provienen de otras partes del mundo o pertenecen a especies diferentes (Harrington, 1954).

Para el manejo de las poblaciones segregantes de la F2 durante el proceso de la hibridación, el método de selección genealógica o *pedigree* se ajusta mejor a los objetivos de esta investigación, de manera que, permite desarrollar la habilidad de selección, adquirir un conocimiento genético amplio del material segregante, descartar genotipos indeseables y concentrar el esfuerzo en los genotipos potenciales, observar menor número de plantas dentro de cada cruzamiento pero con alta eficiencia, estudiar la herencia de cada individuo y llevar un registro genealógico del comportamiento del material en cada generación (Vallejo, 1999).

En la generación F2 comienza la segregación y la primera oportunidad de selección. La selección es estricta cuando se presentan caracteres de alta heredabilidad, mientras que la selección es moderada cuando se presentan caracteres de baja heredabilidad (Dávila *et al.*, 2020). Por lo general el medio ambiente tiene un impacto significativo sobre el rendimiento de la planta individual, por lo que no es recomendable seleccionar en la F2 para alto rendimiento (Vallejo, 1999). En la generación F3 se descartan los híbridos teniendo en cuenta el número de familias promisorias y se pronostica el potencial de los híbridos. En la generación F4 permite la selección de caracteres de baja heredabilidad o de rendimiento, mientras que en la F5 se realiza siembras de altas densidades para que el fitomejorador obtenga semilla suficiente para la ejecución de prueba de rendimiento y calidad en la generación F6. Posteriormente en las generaciones F6 y F7 se realiza la identificación de las mejores familias (Dávila *et al.*, 2020). Finalmente, en la última evaluación de las familias promisorias se incluye la observación detallada para identificar características indeseables, evaluaciones de calidad y rendimiento, evaluaciones de crecimiento de semilla, registros de línea o variedad y entrega al agricultor (Vallejo, 1999) (Figura 1).

La selección de plantas individuales desde la generación F2-F6 es relevante, porque el cultivo de tomate al ser una especie autógama, causa una reducción de la heterocigosis o aumento de la homocigosis, es decir que, en la generación F3 comienza la aparición de diferencias familiares y en generaciones posteriores se reduce la variabilidad dentro de las familias, pero aumenta entre las familias (Vega, 1990).

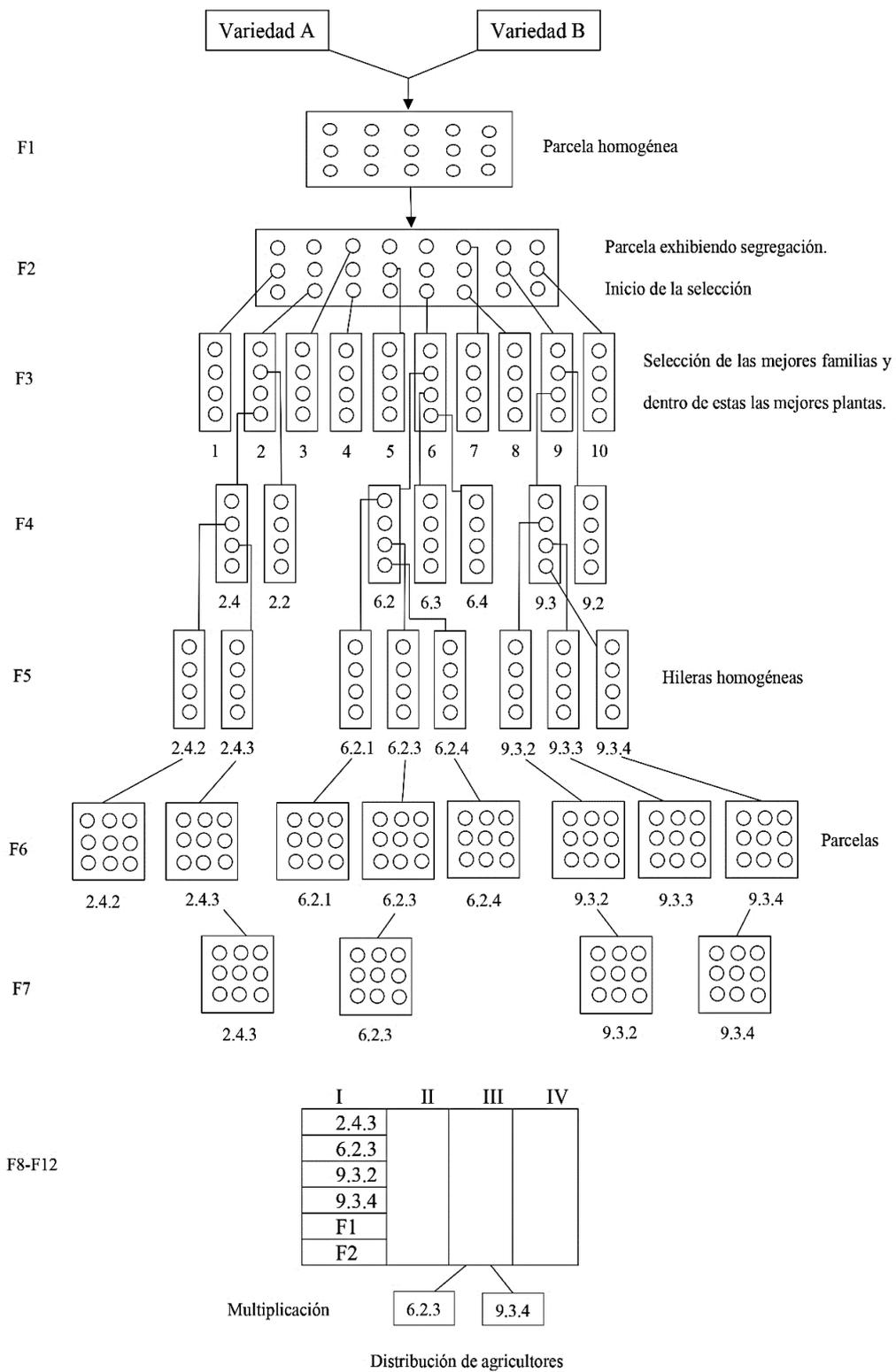


Figura 1: Esquema del método genealógico en tomate

Para reforzar y ampliar los principios mendelianos sin contradecirlos, los estudios de Johanssen y Woltereck fueron importantes en el análisis de la herencia cuantitativa (variación continua), mediante la afirmación de que la variación que ocurre dentro de una línea pura está limitada por su genotipo al interactuar con el ambiente. Mas adelante, Nilsson-Elhe, East y Bateson lograron explicar que más de un par de genes pueden o no segregarse independientemente, pero influyen sobre un carácter en específico de forma acumulativa y continua (Jenkins, 2014).

Para el estudio de caracteres cuantitativos es necesario determinar la heredabilidad y la proporción de variación fenotípica por efecto genético y ambiental, para establecer criterios de selección de poblaciones segregantes (Vallejo, 1994).

2.8. CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN EN EL TOMATE

Los recursos fitogenéticos representan toda la diversidad genética vegetal, los cuales están sujetos a un proceso continuo de selección y adaptación a las condiciones ambientales cambiantes (Vallejo y Estrada, 2002). Para el uso eficiente del potencial genético que se encuentran en las colecciones de germoplasma, es necesario un conocimiento profundo de las accesiones (Beuselinck y Steiner, 1992), que pueden promoverse mediante una caracterización y evaluación (Engels, J. y Visser, L. 2003), mejorando las estrategias de colección, conservación e identificar las necesidades de variabilidad, para diseñar estrategias de mejoramiento genético (Vallejo y Estrada, 2002).

2.8.1. Descriptor

Morera (1995) menciona que se han creado listas de descriptores estandarizados para cada cultivo con el fin de garantizar el registro adecuado de todos los caracteres. Estas listas fueron elaboradas en colaboración entre el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos-IPGRI, los fitomejoradores y los encargados del desarrollo de cultivos locales en cada país. Según Franco e Hidalgo (2003), un descriptor se define como una característica o atributo que en su mayoría se refiere a la descripción morfológica y arquitectura de la planta, cuya expresión se puede medir, registrar y evaluar fácilmente. Por su parte, Delgado de la Flor (1980) usa el término “descriptor” para hacer referencia a las diversas características relevantes en la descripción de una colección, ya sean de naturaleza morfológica, agronómica, fisiológica o citogenética.

Franco e Hidalgo (2003), señalan que las características visibles de una especie tienden a ser homogéneas, pero pueden variar en intensidad y en grados de expresión, a esta diferencia se le denomina “estado del descriptor” que se registran mediante escalas de valor que varían según la expresión del descriptor:

- a. Datos Cualitativos de tipo binario, cada descriptor presenta dos estados (presente=1, ausente=0). Por ejemplo, presencia de flores blancas (1), ausencia de flores blancas (0).
- b. Datos Cualitativos de tipo nominal o sin secuencia, el descriptor se registra usando una serie de estados previamente definidos, por ejemplo, 1 = blanco, 2 = crema, 3 = amarillo.
- c. Datos Cuantitativos de tipo ordinal o con secuencia, el descriptor se registra utilizando una serie usando una serie de estados previamente definidos, por ejemplo, para altura de planta: 1 = corta (<0.5m), 3 =intermedia (>0.5 <1.5m), 5 = alta (>1.5m).
- d. Datos Cuantitativos de tipo continuo el descriptor se registra en unidades internacionales (SI) estándar, por ejemplo, altura de planta = 0.9m, peso de 100 semillas = 250g.

En la actualidad el IPGRI (1996) clasifica a los descriptores en cinco categorías en la documentación de recursos fitogenéticos:

- a. Descriptores de pasaporte brindan la información necesaria para el manejo de una accesión y describe los parámetros que deben cumplirse al recolectar una accesión.
- b. Descriptores de manejo proporcionan las bases para el manejo, multiplicación y regeneración de las accesiones en el banco de germoplasma.
- c. Descriptores del sitio y medio ambiente describen el lugar específico y las condiciones ambientales que son importantes para realizar las pruebas de caracterización y evaluación
- d. Descriptores de caracterización permiten la discriminación fácil y rápida entre fenotipos altamente hereditarios, es decir que no están influenciados por el medio ambiente. Franco e Hidalgo (2003) mencionan que dentro de este grupo se encuentran los descriptores botánicos-taxonómicos, que corresponden a las características morfológicas que describen a la especie y que son comunes en todos los individuos que la conforman.

- e. Los descriptores de evaluación son sensibles a las variaciones ambientales, aunque muy valiosos para el mejoramiento de los cultivos. Estos descriptores abarcan características genéticas de rendimiento, productividad agronómica, susceptibilidad a estrés y caracteres bioquímicos y citológicos. Franco e Hidalgo (2003) mencionan que dentro de este grupo se encuentran los descriptores morfo-agronómicos de tipo cualitativo o cuantitativo de interés agrícola.

2.9. CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN

La caracterización de una especie estima la variabilidad existente en el genoma de la población de individuos que la componen. Los efectos de los genes pueden o no manifestarse en características visibles, estableciéndose dos niveles:

El primer nivel se refiere a la variabilidad detectable a simple vista, y que se divide en los siguientes tipos: a. características relacionadas con la morfología y arquitectura de la planta, que se utilizaron inicialmente para la clasificación botánica y taxonómica, pero que pueden presentar variantes. b. características relacionadas con el manejo agronómico y la producción de la especie, que son de interés para los mejoradores y agrónomos. c. características que solo se expresan como respuesta a estímulos ambientales ya sean bióticos o abióticos, a este tipo de caracterización se le denomina evaluación.

El segundo nivel se refiere a la variabilidad no detectable a simple vista, se le conoce como caracterización molecular porque implica la identificación interna de la célula mediante el uso de marcadores moleculares (Franco e Hidalgo, 2003).

2.10. CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS FITOGENÉTICOS

2.10.1. Conservación *ex situ*

Es aquella que conserva la variabilidad genética de la flora fuera de su comunidad natural, y está menos influenciada por las fuerzas de selección, por lo tanto, presenta dificultades de adaptación al ser reintroducido a su hábitad natural. Se divide en varias modalidades como: conservación *in vitro*, colecciones de campo, cámaras frías, nitrógeno líquido, etc. (Henríquez y Rica, 2002).

Las semillas ortodoxas representan el 90% de los recursos genéticos, que se conservan en cámaras frigoríficas (Gepts, 2006). Actualmente existen más de 75.000 accesiones de *Lycopersicon* en bancos de germoplasma distribuidos principalmente en los Estados Unidos y Taiwán, siendo la Unidad de recursos fitogenéticos del departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA), Centro de recursos genéticos del tomate (TGRC) y Centro asiático de investigación y desarrollo de vegetales (AVDRC) los más importantes en todo el mundo. El Perú cuenta con 936 accesiones de germoplasma en la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) (Robertson y Labate, 2007). Sin embargo, estos carecen de una adecuada caracterización y evaluación, por lo que limita en gran parte de su uso por los fitomejoradores (Gepts, 2006). Por este motivo, es fundamental la detección de posibles genotipos deseables para su uso en programas de mejoramiento genético de plantas (Valls, 1988).

2.10.2. Conservación *in situ*

Esta técnica conserva las plantas dentro de su hábitat natural, por lo tanto, el material genético está influenciado por las fuerzas de selección, permitiendo así, su continua evolución y adaptación al medio ambiente. Existen varias opciones en las que se destacan los parques nacionales, reservas biológicas, reservas genéticas, estaciones ecológicas, santuarios de vida silvestre, etc. (Henríquez y Rica, 2002).

III. METODOLOGÍA

3.1. ÁREA EXPERIMENTAL

3.1.1. Ubicación experimental

La presente investigación se realizó en el invernadero “Súper Pepón” del campo experimental del Programa de Investigación y Proyección Social en Hortalizas, ubicado en la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), que se encuentra en el distrito de la Molina, provincia de Lima, departamento de Lima. Con las siguientes coordenadas: Latitud sur: 12° 05' 04" y Longitud oeste: 76° 56' 34", su ubicación altitudinal es de 236 msnm, tal como se aprecia de la Figura 3.



Figura 3: Ubicación del campo experimental del Programa de Investigación y Proyección Social en Hortalizas de la UNALM

Nota. En el cuadro rojo se aprecia la ubicación del invernadero en el cual se realizó la investigación de análisis de 32 líneas S1 de tomate del Programa de Investigación y Proyección Social en Hortalizas. Fuente: Imagen Google Earth y Programa de Investigación en Hortalizas.

3.2. MATERIALES Y EQUIPO EMPLEADOS

El material genético estaba constituido por 32 líneas que provenían de un progenitor de tomate tipo “Cherry” morado y un cultivar mejorado de tomate “Huascarán” rojo, pertenecientes al Programa de Investigación y Proyección Social en Hortalizas de la Facultad de Agronomía de la UNALM. Para su abonamiento y control de plagas y enfermedades se utilizaron insumos como: Compost; Pantera (Azufre); Ceniza; EMS; Gallinaza; GreenBiol Plus (Abono Orgánico Biol); Agrostemin® - GL (Bioestimulante); Oligomix®-Co (Fertilizante); En Vivo® SC (Insecticida biológico) y Sulfato de cobre.

El estudio fue realizado en el invernadero “Súper Pepón” de tipo techo plástico curvado, con paredes de malla antiáfidos, parcialmente cerrado, con riego por goteo y con manejo orgánico. Para las labores dentro del invernadero se utilizaron: Trampas de melaza, trampas amarillas y azules, trampas de agua y cal. En cuanto a equipos y herramientas se utilizaron: lampa, rastrillo, escarda, mochila pulverizadora, rolexs, clips para tutorar, tijeras y para la evaluación de los descriptores se utilizó vernier digital, cinta métrica, regla 30cm, balanza electrónica, refractómetro digital, pHmetro, titulador, cuaderno de campo y lápiz.

3.3. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

La preparación del terreno se realizó quince días antes del trasplante y se utilizó un tractor para el gradeo del suelo y de forma manual se realizó el nivelado del suelo y surcado, conformado por 6 columnas con una separación de 80 cm. En cuanto al trasplante se realizó con dos plántulas por golpe y un distanciamiento de 40 cm entre plantas y 60 cm entre familias o líneas.

Se utilizó el sistema de riego tecnificado por goteo, con una duración de dos horas y con una frecuencia de dos a tres veces por semana, la cual fue aumentando según el estado fenológico del cultivo. En lo referente al abonamiento se aplicó 800g de compost de gallinaza por planta, en forma localizada luego de dos semanas del trasplante. Un mes después del trasplante se realizó aplicaciones de Biol al 5% con una dosis (2L/100) en forma mensual hasta la primera cosecha. De forma complementaria se aplicó una mezcla de Agrostemin®- GL al 2.5% y Oligomix®-Co al 0.5%.

Para el manejo de plagas y enfermedades se realizaron evaluaciones semanales. Asimismo, bajo el manejo orgánico se instalaron trampas de plástico amarillas y azules (para el monitoreo y control de *Prodidiplosis longifolia*, trips y pulgones. En ese contexto, de forma preventiva se aplicó azufre en polvo sobre los brotes para *Prodidiplosis longifolia*, trampas de melaza y aplicaciones de Envivo®- SC (insecticida biológico) con una dosis (40ml/cil) para *Tuta absoluta* y sulfato de cobre para las enfermedades fungosas. Posteriormente, se realizaron podas de hojas enfermas, las cuales fueron eliminadas para prevenir su propagación y para mejorar la ventilación dentro del invernadero. Durante estas actividades, se desinfectaron los instrumentos con hipoclorito de sodio al 5%. La poda para las plantas de crecimiento indeterminadas y semideterminadas consistieron en eliminar los chupones y mantener un solo tallo principal. En cambio, para las plantas determinadas se dejó un brote vegetativo y no se eliminaron los chupones.

Después de 20 días del trasplante, se realizó el guiado de plantas, para ello, se colocaron ganchos con rafia denominados “Rollexs hooks” en la parte superior del invernadero, y con ayuda de clips se guiaron a la planta conforme fueron creciendo, evitando que la planta se arrastre o curve. Por último, la cosecha se realizó de forma manual alrededor de 72 días después del trasplante, cuando los frutos estaban en estado de madurez y pintones.

3.4. DISEÑO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1. Diseño experimental

La investigación es de naturaleza cuantitativa con alcance relacional-explicativo, con diseño experimental puro en condiciones de control zonal, con un arreglo de bloques completamente al azar (DBCA), que considera 32 tratamientos (líneas S1 de tomate) con 5 repeticiones, conforme al siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \rho_j + e_{ij}$$

Donde: μ : efecto de la media general de la variable agronómica o productiva; τ_i : efecto del *i*-ésima línea S1 de tomate, ρ_j : efecto del *j*-ésimo bloque y e_{ij} : efecto del error experimental en la *i*-ésima línea y la *j*-ésima repetición o bloque. El detalle de la disposición de los tratamientos según bloque se aprecia en la Tabla 4.

Tabla 4: Disposición de tratamientos (Familias) según bloques en el invernadero

Bloques 1	Bloques 2	Bloques 3	Bloques 4	Bloques 5	Bloques 6
2	25	20	44	62	86
-	26	21	45	63	87
4	27	22	46	-	88
5	28	23	47	65	89
6	29	24	48	66	90
7	30	49	73	-	-

Nota. Las celdas representadas con “-” indican no presencias de familias.

3.5. DESCRIPTORES DE CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN

Para la caracterización morfológica y evaluación de las 32 líneas de tomate se realizó mediante los descriptores del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI, 1996), a esto se le agregó otros más como: color de la placenta, posición de la inflorescencia, presencia de hoja en la inflorescencia e índice de madurez, debido a que en anteriores campañas se observó como resaltante estas características. Considerándose la evaluación de 29 descriptores en total, de los cuales 17 son cualitativos y 12 son cuantitativos; algunos de ellos evaluados en el estado de floración, fructificación o en plena cosecha (Anexo 1).

3.6. ANALISIS ESTADÍSTICO

3.6.1. Análisis numérico de datos (EDA)

Se utilizó resúmenes numéricos y visualizaciones para explorar los datos e identificar posibles relaciones entre variables, a este proceso se le denomina análisis exploratorio de datos, la cual permite determinar anomalías (valores atípicos, revelar patrones, identificar posibles relaciones entre variables y generar preguntas o hipótesis interesantes que se pueden comprobar más adelante mediante métodos estadísticos más formales. Considerando que, para el caso de las variables cualitativas, se realizó un análisis de frecuencia para determinar la moda en cada línea y respecto a las variables cuantitativas, se realizó un análisis descriptivo que abarca el cálculo del mínimo valor, máximo valor, media aritmética, mediana, desviación estándar, varianza, primer cuartil, tercer cuartil, rango de variación, coeficiente de variación.

3.6.2. Análisis de varianza (ANOVA) y Kruskal-Wallis

Mediante el ANOVA se evaluó las diferencias significativas entre los tratamientos, con la finalidad de determinar el mejor tratamiento, en función de las variables cuantitativas. Para la comparación de medias se aplicó la prueba de Duncan, tomando como valores críticos de alfa (< 0.05). También se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, para el caso particular de las variables no paramétricas, y para calcular la diferencia de la media estimada, se utilizó la prueba irrestricta de Bonferroni con un alfa (< 0.05).

3.6.3. Análisis multivariado

Se emplearon las herramientas del análisis multivariante, tales como el Análisis Factorial de Componentes Principales (AFCP) con la finalidad de identificar variables subyacentes, que mediante la reducción de dimensiones, permita identificar patrones o agrupamientos de unidades (líneas S1), y con ellas proponer una agrupación mediante el uso de Análisis de clúster Jerárquico (ACJ), agrupando por proximidad las unidades de análisis y obtener grupos, cuya identidad morfológica y características productivas sean muy similares. El estadístico de Walde apoyará tal pretensión.

3.6.4. Análisis de sendero o Path analysis

Se utilizó descrita por Mayta *et al.* (2015) con base a las sugerencias de Wright y Gómez (2011), que consideró desarrollar un sistema de ecuaciones, formadas por las correlaciones morfológicas en estudio. Para ello, en primer lugar, se evaluó aquellas variables que presenten diferencia estadística entre la correlación de las variables en estudio y el rendimiento del fruto por planta. En segundo lugar, se obtuvo el efecto directo de las correlaciones morfológicas sobre el rendimiento, por medio de la estandarización de los resultados de coeficiente de regresión múltiple; por tanto, el análisis del coeficiente de sendero, se realizó por medio de sistemas de ecuaciones y, para su descripción e interpretación, se consideró los caracteres que presentaron diferencia estadística significativa entre la correlación y el rendimiento de grano (Mayta *et al.*, 2015).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS NUMÉRICO DE DATOS (EDA)

4.1.1. Caracteres cualitativos

Las accesiones de la progenie segregante F2, que provienen de la autofecundación del híbrido F1, obtenido a partir de la hibridación de *S. lycopersicum* L (tomate comercial rojo) x *S. lycopersicum* var. ceraciforme (tomate cereza morado), se caracterizaron por presentar predominantemente el tipo de crecimiento indeterminado (1) con 91.25%, resultados que concuerdan con Florido (2008) y Domingos (2011), en accesiones de *L. esculentum*, *L. esculentum* var. ceraciforme y *L. pimpinellifolium*. El carácter determinado (2) y semideterminado (3) representaron el 5.6% y 3.12% del total de accesiones de tomate. Además, los mismos autores coincidieron en observar un crecimiento determinado únicamente en accesiones de *L. esculentum*.

La variable densidad de la pubescencia del tallo apical estuvo más representado por el carácter intermedio (3) con 64.37%, seguido por la densidad moderadamente abundante (2) con 16.25%, la densidad moderadamente escasa (4) con 11.25%, la densidad abundante (1) con 7.5% y la densidad escasa (5) con 0.6% del total. Domingos (2011), quien afirma que tanto *L. esculentum* y *L. esculentum* var. ceraciforme reportan frecuentemente densidades intermedias de pubescencia en el tallo.

Los datos demostraron que la mayor frecuencia del carácter posición de la hoja fue semierguida (2) con 81.25%, seguida por la posición horizontal (3) con 15% y la posición inclinada (1) con 3.75%, resultados que no coinciden con los de Délices *et al.* (2021), en los cuales se evidenciaron una alta predominancia de la posición inclinada o caída de la hoja en tomate silvestres de *S. lycopersicum* var. ceraciforme.

En el 87.5% de los materiales en estudio, la mayor representación de la variable tipo de inflorescencia fue el carácter unípara (1), seguido por el carácter semiunípara (2) con 11.25% y en menor proporción el carácter múltipara (3) con 1.25%. Domingos (2011), también observó predominio de inflorescencias uníparas sobre las múltiparas en tomates cultivados. Cabe señalar que, la posición de la inflorescencia sobre el tallo (1) fue de 94.37% y sobre la hoja (2) de 1.25%. Asimismo, se registró ausencia de hojas en la inflorescencia (2) con 70.62% y presencia de hojas (1) con 29.37% del total de muestras caracterizadas. Para poblaciones conformadas por tres especies de tomate, Domingos (2011), reportó una mayor presencia de hojas en la inflorescencia en poblaciones de *L. pimpinellifolium*, *L. esculentum* var. *cerasiforme* y *L. esculentum*, en orden decreciente.

El color verde para frutos inmaduros se le atribuye al efecto de la clorofila. Esta característica es muy variable tanto para frutos maduros como inmaduros (De Oliveira *et al.*, 2018). En este estudio el color verde (1) exterior del fruto inmaduro fue el de mayor predominancia con 82.5%, mientras que el 17.5% restante presentaron el color verde claro (2). Un resultado similar fue observado por De Oliveira *et al.* (2018), donde el 100% de los genotipos fueron representados por el color blanco verdoso, y otro resultado muy diferente se reportó por Vargas *et al.* (2015), en accesión “rosa” de tipo cereza, donde los frutos inmaduros eran de color blancos y los maduros de color rosa.

El carácter de ausencia de hombros o rayas verdes, está relacionado con la distribución uniforme del color en el fruto, característica que es importante en variedades para consumo en fresco, porque tiene una gran influencia en la aceptabilidad del mercado (Morales *et al.*, 1997). En este estudio, la ausencia de rayas verdes (1) en el fruto inmaduro representó el 67.5%, mientras que el 32.5% tuvieron presencia de rayas verdes (2). Por lo tanto, es posible inferir que más del 60% de la progenie de la F2 presentaron madurez uniforme en los frutos.

De otro lado, se presentó una gran variabilidad en cuanto a la forma del fruto maduro, donde predominó la forma ligeramente achatada (4) con el 51.87%, seguido por la forma redondeada (1) con 30%, la forma redondeada alargada (2) con 10.62% y la forma achatada (3) y cordiforme (5) que representaron el 4.37% y 3.12% respectivamente. Para poblaciones de tomate de tipo silvestre, Agudelo *et al.* (2011), reportaron que el 34.84% de los frutos fueron redondos, 26.31% ligeramente achatados, 21.05% cilíndricos y 15.7% redondo

alargado y Délices *et al.* (2021), encontraron una menor variación que estuvo representada por la forma redonda y aplanada con 73% y 27% respectivamente. De Oliveira *et al.* (2018), reportaron una alta expresión de la forma ligeramente aplanada con 75.68%, 16.22% aplanada y 8.11% redondeados en accesiones de tomates cultivados. Tomados juntos estos resultados, se puede apreciar que la forma del fruto es una característica que tiende a ser muy variable. Maciel y Silva (2008) explican que esta variación es el resultado de la acción de diversos loci de genes que actúan de diferentes formas. Además, Tanksley (2004), menciona que los tomates cultivados presentan mayor tamaño y diversidad en la forma del fruto, a diferencia de los tomates silvestres que presentan menor tamaño y una forma definida.

La homogeneidad intermedia (2) del tamaño del fruto tuvo el mayor porcentaje de expresión con 53.75%, seguido por un alta (1) y baja (3) homogeneidad, representando el 31.25% y 1.5% respectivamente.

El color de los frutos del género *Lycopersicum* presentan una amplia variación genética (Lindhout, 2005). En este estudio, se apreciaron cuatro colores diferentes de tomate, en la que predominó el color naranja (1) y rojo (2) con 40.62% y 38.75% respectivamente, seguido por el color marrón (3) y morado (4) que fueron representados con 11.87% y 8.75% en el mismo orden. Resultados similares se identificaron a los de De Oliveira *et al.* (2018), que reportaron cinco tipos de colores, entre ellos el más frecuente fue el genotipo amarillo con 51.31%, seguidos por verdes con 32.43%, naranja con 8.11%, rosa con 5.41% y rojo con 2.7% en accesiones de tomates comerciales. Esta variación de colores está determinada por varios genes que controlan la cantidad y el tipo de pigmento, y por la relación genotipo x ambiente (Sacks y Francis, 2001). Sin embargo, el color rojo intenso y uniforme en los frutos de tomates, representa un atractivo muy importante, que determina su compra (Gierson y Kader, 1986).

En cuanto a la intensidad del color exterior del fruto maduro, se presentaron colores intermedios (2), intensos (1) y claros (3), que representaron el 53.75%, 37.5% y 8.75% respectivamente. Resultados que coinciden con lo observado por Agudelo *et al.* (2011) y Mogollón *et al.* (2015), quienes encontraron una predominancia de 65.38% y 89% respectivamente, en la variante intensidad intermedia en poblaciones silvestres de tomate tipo cereza.

De manera semejante al carácter anterior, la pigmentación de la pulpa o carne del pericarpio de los tomates maduros es muy variable. Existen nueve loci genéticos (con un total de 15 alelos) y genes adicionales con un efecto cuantitativo que tienen grandes efectos sobre el color del fruto y contenido de pigmento en *L. esculentum* (Sacks y Francis, 2001). Los resultados de este estudio demostraron que el color rojo (2) dominó en la mayoría de accesiones caracterizadas, representando el 79.37%, seguido por el color morado (4) con 16.87% y el color naranja (1) y marrón (3) con 1.87% en ambos casos. Para la intensidad del color de la carne del pericarpio la mayor expresión se obtuvo en colores intermedios (2) con 70.62%, seguido por colores claros (3) e intensos (1) con 16.25% y 13.12% respectivamente.

En este estudio el color predominante de la placenta fue rojo (2) con 63.12%, seguido por el color verde (5) con 31.25%, y el color naranja (1), marrón (3) y morado (4), con una mínima representación de 3.12%, 1.87%, 0.62% respectivamente.

Domingos (2011), reportó que en la forma del corte transversal del fruto y del terminal de la floración son muy variables en la especie cultivada y que además observó predominancia del carácter redondo y aplanado respectivamente. Es así como en esta investigación se observó en el primer carácter la forma redonda (2) con 80.62%, seguido por la forma angular (1) con 13.12% y en menor proporción la forma irregular (3) con 6.25%, y para el segundo carácter se observó la forma aplanada (1) que estuvo representada por 81.87%, seguido por la forma indentada (3) con 14.37% y puntiaguda (2) con 3.75%.

4.1.2. Caracteres cuantitativos

El coeficiente de variabilidad fue de 12.30 - 61.25%, los valores más altos se presentaron en el índice de madurez, número de lóculos, número de inflorescencias, número de flores por inflorescencias y peso de fruto (Anexo 6). Este valor representa la variación fenotípica de una población (Canul *et al.*, 2022) y también la magnitud de la dispersión de los datos (González, 1968), que sirve como un indicativo de la precisión del diseño y de la conducción del experimento (Gavilánez, 2021). Por esta razón, en la práctica es muy utilizado porque garantiza confiabilidad (Gordón y Camargo, 2015).

Asimismo, Pimentel (1990) señala que, para ensayos agrícolas de campo, el coeficiente de variabilidad se considera bajo cuando es menor de 10%, medios de 10%-20%, altos de 20%-30% y muy altos > 30%. No obstante, Gavilánez (2021) menciona que, para experimentos agrícolas de condiciones no controladas con variables de comportamiento normal, valores $CV < 20\%$ indican un adecuado cuidado del experimento, siendo posible tolerar como máximo hasta un 35% de variabilidad. En base a lo establecido, podemos afirmar que este experimento se realizó de manera correcta, porque las cuatro variables registradas, están dentro del rango aceptable.

Canul *et al.* (2022), reportaron en accesiones de tomate nativo del sur de México, un alto coeficiente de variación de 33.09% en número de flores por inflorescencia y bajo en longitud y ancho de fruto con 6.24% y 6.34% respectivamente. En otro estudio con 40 colectas de tomate de nativo de Oaxaca y Puebla en México, se reportó el mayor coeficiente de variación de 39.69% en número de lóculos (Bonilla *et al.*, 2014). Carrillo y Chávez (2010), determinaron un alto coeficiente de variabilidad en peso de fruto con 25.9% en tomates silvestres y semidomesticados de Oaxaca. Valores altos de coeficiente de variación en número de lóculos y altura de planta fueron reportados por De Oliveira *et al.*, (2018) en 37 accesiones de tomates comerciales. Todos ellos concuerdan que, especies con amplia variación génica representan una amplia fuente de germoplasma que pueden ser aprovechados por los programas de mejoramiento genético.

La prueba de normalidad tiene como hipótesis nula H_0 de que, un conjunto de datos tiene una distribución normal, siendo común su aplicación sobre los residuos de un modelo de regresión lineal (Platas, 2021). En esta investigación se tiene un total de 160 accesiones de tomate, por lo cual se determinó que, la prueba de Kolmogorov-Smirnov-Lillifords es la más adecuada para tamaños muestrales medios (200 participantes) (Pedrosa *et al.*, 2015). Como resultado se determinó que, los errores se distribuyen de forma normal para las variables sólido soluble total (SST), acidez titulable (AT), número de días a la floración (NDF) y peso de fruto transformado (PFt), mientras que los errores no se distribuyen de forma normal para el resto de variables cuantitativas (Anexo 8).

La homocedasticidad o prueba de homogeneidad de varianzas tiene como hipótesis nula H_0 , de que, las muestras provienen de poblaciones con la misma varianza (σ^2) (Glass, 1966). La

prueba de Levene además de ser una de las más aplicadas es insensible a la violación del supuesto de normalidad, lo que hace posible su aplicación en este estudio (Glass, 1966; De la Huerta, 2012). Como resultado se determinó que, para todas las variables cuantitativas, las muestras provienen de poblaciones con la misma varianza (Anexo 7).

De acuerdo con Stahle y Wold (1989), para la aplicación correcta del análisis de varianza, es necesario cumplir con el supuesto de normalidad de errores y el de homogeneidad de varianza residual. En base a esto, se aplicó el modelo estadístico ANOVA para las variables sólido soluble total (SST), acidez titulable (AT), número de días a la floración (NDF) y peso de fruto transformado (PFt) (Anexo 7).

La prueba de Kruskal-Wallis es una alternativa no paramétrica a una prueba ANOVA (Dagnino, 2014). Tomando como base esta información, se aplicó el modelo estadístico de K-W para las variables índice de madurez (SST/AT), longitud de fruto (LF), ancho de fruto (AF), número de lóculos (NL), número de inflorescencias (NI), número de hojas en la primera inflorescencia (NHPI), número de flores por inflorescencia (NFI) y número de días a la maduración (NDM) (Anexo 7).

4.2. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

El análisis de varianza tiene como hipótesis nula de que, las medias de distintas poblaciones son iguales. Este análisis consiste en descomponer la variabilidad total de la varianza dentro de los grupos o del error (suma de cuadrados de la diferencia entre cada observación y la media del grupo) y varianza entre los grupos (suma de cuadrados de la diferencia entre la media de cada grupo y la media global), que al ser dividida con su respectivo grado de libertad se obtiene de suma de cuadrados medios respectivamente, y la razón de estos determina el F-valor, que permite aceptar la H_0 cuando su valor es cercano a 1, mientras que permite rechazar la H_0 cuando su valor es más grande y se asocia con un P-valor < 0.05 (Terrádez y Juan, 2003).

Con base en lo establecido, se determinó el resultado del ANOVA para las variables sólido soluble total (SST) y acidez titulable (AT), con un P-valor ≥ 0.05 , que indica igualdad de medias entre las familias, mientras que las variables número de días a la floración (NDF) y

peso de fruto transformado (PFt) con un p-valor < 0.05 , indican un alto grado de significancia de medias entre las familias (Anexo 8).

La prueba de Duncan compara las medias entre tratamientos y las discrimina con mucha facilidad. El valor del estadístico puede ser representado en forma de letras o en forma de barras. La primera forma indica diferencia no significativa cuando existe por lo menos una letra en común entre las medias de los tratamientos, mientras que la segunda forma indica diferencia no significativa cuando las barras por cada tratamiento colisionan entre sí (Pimentel, 1990).

El contenido de sólido soluble varía de 4.16-5.8 °Brix, destacando la familia F-44 (Anexo 9). En cuanto a los grados Brix, los resultados de este estudio fueron superiores a los de Bonilla *et al.* (2014), donde se reportaron valores de 3.49-4.78 en colectas de tomate de nativo de Oaxaca y Puebla en México, y a los de Legaria y Alvarado (2022), donde encontraron valores de 4.7 y 4.2 en las variedades comerciales “Rio Grande” y “Floradade”, respectivamente. Por el contrario, los últimos autores encontraron que, el contenido de sólidos solubles en poblaciones silvestres fueron de 5.5-9.7, presentando los mayores valores en el mismo orden según el tipo de crecimiento (indeterminado, semideterminado) y color del fruto (rojo, amarillo y morado).

Para la variable peso de fruto, se establecieron tres grupos de acuerdo con la clasificación de Diez y Nuez (2008), grupo I (Calibre MM) con valores > 90 g, conformado por las familias F2, F-4 y F-5, grupo II (Frutos muy pequeños) con valores de 10-30g, conformado por las familias F-27, F-89, F-30, F-73, F-86, F-90, F-48, F-21, F46 y F-45 y grupo III (Calibre MMM) con valores de 30-50g, conformado por el resto de familias. En el grupo I se puede apreciar los mayores valores en peso y los menores valores de grados brix, debido a que existe una elevada correlación negativa entre ambas variables (Boada *et al.*, 2010). Resultados similares se obtuvieron en las evaluaciones realizadas por Khan *et al.* (2017) en tomates de tipo Beefsteak sobre los de tipo Cherry. Por el contrario, el grupo II y III que están compuestos por tomates pequeños y de bajo peso, manifestaron un comportamiento dominante de poligenes que provocan la reducción en peso de los frutos, característico en las especies silvestres como *L. esculentum* var. *ceraciforme* y *L. pimpinellifolium* (Weller *et al.*, 1988).

La acidez titulable varió de 0.25 (F-5) a 0.51 (F-44). Asimismo, la familia F-44 presentó diferencias estadísticas con las familias F-87, F-63, F-49, F-2, F-25 y F-5. Esta variable es expresada en porcentaje de ácido cítrico, debido a que este representa más de la mitad de la acidez total en los frutos maduros (Davies *et al.*, 1981). Para un buen sabor del fruto se requiere de altas concentraciones de ácidos y azúcares (Gierson y Kader, 1986; Jaramillo *et al.*, 2007 y Anastasio y Abad, 1997). En este estudio los resultados fueron superiores a los de Khan *et al.* (2017), donde reportaron una variación de 0.24-0.39, destacando tres cultivares del tomate tipo Cherry y uno del tipo Beefsteak, en el mismo orden.

Esta variable presentó un rango de 60.4 (F-7) - 87.8 (F-2) días para iniciar la floración. Estos resultados fueron tardíos en comparación con los de Domingos (2011), donde reportó que la apertura de la primera flor fue de 37-39 días en poblaciones de *L. esculentum*, *L. esculentum* var. ceraciforme y *L. pimpinellifolium*, y con los de Legaria y Alvarado (2022), que además evidenciaron una alta variabilidad (45-73) en especies silvestres, mientras que en variedades comerciales como “Rio Grande” y “Floradade” los valores fueron constantes (57-60).

4.3. PRUEBA NO PARAMÉTRICA (KRUSKAL-WALLIS)

La prueba de Kruskal Wallis es análoga al análisis de varianza, con la diferencia de que, no asume normalidad de los datos. Tiene como hipótesis nula de que, las medias de diferentes poblaciones (3 o más) son iguales (Soto, 2013).

Las diferencias estadísticas significativas entre las familias para las variables longitud de fruto (LF), ancho de fruto (AF), número de lóculos (NL), número de inflorescencia (NI), número de hojas por inflorescencia (NHPI), número de flores por inflorescencia (NFI) y número de días a la maduración (NDM) con un p-valor < 0.05, mientras que para la variable índice de madurez (SST/AT) con un p-valor \geq 0.05, no se evidencia diferencia estadística significativa entre las familias (Anexo 11).

Las variables longitud y ancho de fruto varían en un rango de 29.67-57.16 mm y 33.60-57.69 mm, respectivamente. El análisis realizado por Agudelo *et al.* (2011) mostro que la mayoría de las introducciones de tomate cherry presentaron tamaños en longitud y ancho de fruto entre 1-3cm. Por lo general el tamaño del fruto está estrechamente relacionado con el número

de lóculos y semillas, es así como se explica que, a diferencia de las especies silvestres, los cultivares comerciales presentan mayor tamaño, número de lóculos y semillas en el fruto (Valadez, 1998). En este estudio se comprobó que las familias F-2, F-4 y F-5 presentaron en promedio tamaños en longitud (50.33-57.16mm) y ancho (54.15-57.69mm) y número de lóculos (4-7) superiores al resto de las accesiones. Estos resultados coincidieron con los de Legaria y Alvarado (2022), donde reportaron 2 lóculos/fruto y pequeños tamaños en especies silvestres.

La variación promedio de esta variable fue de 8.2 (F-66) -12.6 (F-21) hojas en la primera inflorescencia. Asimismo, la familia F-21 presentó diferencias estadísticas con las familias F-5, F-63, F-48 y F-66. Domingos (2011), reportó altos valores promedio en *L. esculentum* con 11.38, medios en la *L. esculentum* var. *ceraciforme* con 10.13 y bajos en *L. pimpinellifolium* con 9.8 hojas en la primera inflorescencia.

De otro lado, se observó que el mayor número de inflorescencias se reportó en la familia F-4, con un promedio de 11.6 inflorescencias/planta, encontrando también materiales (F6, F-73, F-30, F-62, F-2 y F-48) con valores muy reducidos que varían de 4-6.4 inflorescencias/planta. Rodríguez *et al.* (2005), en evaluaciones de la generación segregante del híbrido entre un cultivar de *Lycopersicon esculentum* homocigota para el “gen nor” y la accesión LA1385 de *L. esculentum* var. *ceraciforme* encontraron, un promedio de 10 inflorescencias por planta. En cuanto al número promedio de flores por inflorescencia, las familias F-90, F-6 y F-45 presentaron los mayores valores del rango de variación de 6.8-17.8. Domingos (2011) apreció valores constantes tanto en el tomate cultivado (8.16) como en la variedad *ceraciforme* (7.5), pero estas fueron estadísticamente diferentes e inferiores con la especie silvestre *L. pimpinellifolium* (12.25), debido a que esta última se caracteriza por desarrollar inflorescencias muy largas. Pratta *et al.* (2000), al evaluar interacciones genéticas entre germoplasma silvestre y cultivado sobre la calidad del fruto, encontró una variación de 6-15 flores/inflorescencia, siendo similar al encontrado en esta investigación. El número de días a la madurez presentó valores altos, con un rango promedio de 121 (F-90) - 179.8 (F-2) días para iniciar la maduración de los frutos. Estos resultados muestran que, todas las familias presentaron un comportamiento tardío en comparación con los de Legaria y Alvarado (2022), quienes además reportaron una amplia variación de 62-105 días para iniciar la maduración en poblaciones silvestres y comerciales.

4.4. ANÁLISIS MULTIVARIADO

Para determinar la utilidad de un análisis factorial de componentes principales (AFCP), fue necesario examinar primero la existencia de correlaciones entre las variables mediante la prueba de esfericidad de Bartlett Hernández (1998). Esta prueba determina si la matriz de correlaciones es significativamente diferente de una matriz identidad ($P < 0.05$) Pedroza y Dicoovsky (2007). Adicionalmente, se aplicó la prueba Kaiser Meyer Olkin (KMO) para determinar la medida de la adecuación de la muestra. Los resultados de esta investigación arrojaron un p-valor= $4.932912e-124$ y un índice “MSA” de 0.73 (anexo 14 y 15), que indican que las variables dependientes si están correlacionadas entre sí y que además la muestra tiene un buen nivel de aplicación.

4.4.1. Análisis factorial de componentes principales (AFCP)

Consiste en la transformación de un conjunto de variables cuantitativas en variables independientes no correlacionadas, denominadas componentes principales (Franco e Hidalgo, 2003). Tiene como finalidad reducir la dimensionalidad de la varianza y determinar las variables más discriminatorias sin perder información relevante (García, 2022). En la Tabla 5 se muestran los eigenvalues (valores propios) de cada una de los componentes principales generados a partir de las variables originales, el porcentaje de varianza absoluta y el porcentaje de la varianza acumulada que llega al 100% en el componente décimo primero. Además, es posible apreciar que el número de componentes principales (dimensiones) es igual al número de variables cuantitativas en estudio, es así como se generaron 11 dimensiones, de los cuales el primero representa el mayor porcentaje de la varianza explicada, seguido por el segundo y así sucesivamente en orden decreciente.

Tabla 5: Eigenvalue (valor propio) y porcentaje de varianza absoluta y acumulada de la variación fenotípica total explicado por los componentes principales

Dimensión	Eigenvalue	Varianza absoluta (%)	Varianza acumulada (%)
Dim.1	3.5283687	32.0760791	32.07608
Dim.2	1.9899902	18.09082	50.1669
Dim.3	1.19595432	10.872312	61.03921
Dim.4	0.99132755	9.0120686	70.05128
Dim.5	0.96546979	8.7769981	78.82828
Dim.6	0.66838276	6.0762069	84.90448
Dim.7	0.59880998	5.4437271	90.34821
Dim.8	0.47863315	4.3512104	94.69942
Dim.9	0.33942148	3.0856499	97.78507
Dim.10	0.1456235	1.32385	99.10892
Dim.11	0.09801857	0.8910779	100

En la Figura 4 se muestra el gráfico de sedimentación que permite visualizar en el eje de las abscisas los once componentes principales y en el eje de las ordenadas los eigenvalues de cada uno de los componentes. En base al corte en el nivel 1 del eje de las abscisas con la distribución del eigenvalue ajustado no retenido (mayor capacidad explicativa), se recomendó tomar los dos primeros componentes principales que en conjunto representan el 50.16% de la varianza total. A pesar de no tener mucha variabilidad captada es suficiente para dar una explicación clara de los resultados.

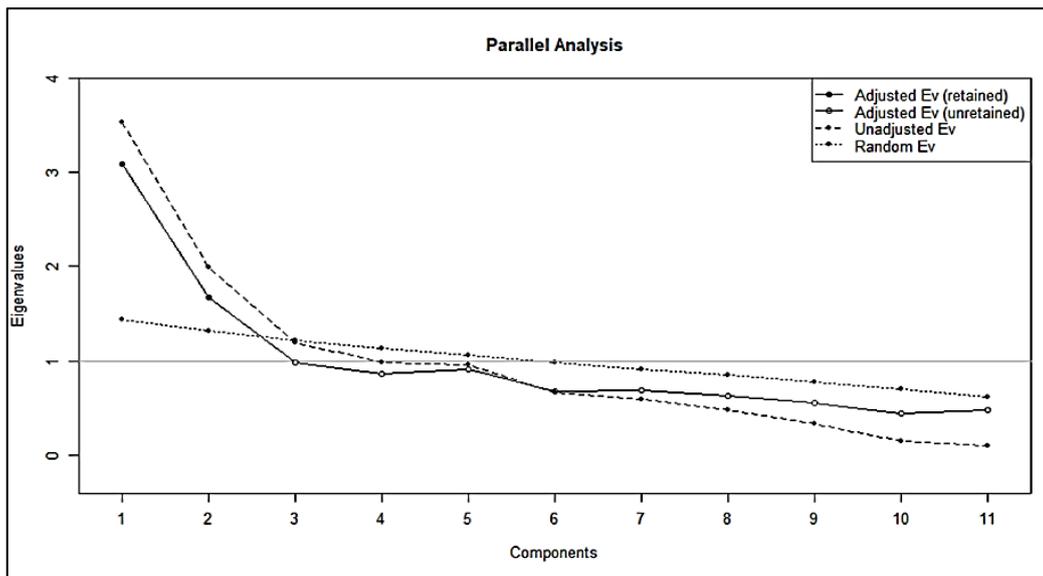


Figura 4: Grafico de sedimentación de los 11 componentes principales en el eje horizontal y los eigenvalues (valor propio) en el eje vertical

Para ubicar cada variable en un espacio bidimensional, se determinaron las coordenadas en el eje de las abscisas y ordenadas que corresponden al primer y segundo componente principal de cada una de las variables originales, respectivamente (Tabla 6). Es así como para la variable longitud de fruto (LF) con 0.86 para el primer eje en sentido positivo (derecha) y con -0.19 para el segundo eje en sentido negativo (abajo) se puede ubicar en el plano cartesiano, y así sucesivamente hasta completar todas las variables. Por otro lado, los valores del \cos^2 de cada una de las once variables (Tabla 6), indica la calidad de representación de las variables en un mapa factor, es decir que cada variable puede estar correctamente representada a medida que el valor del \cos^2 es más grande. Adicionalmente, se evaluaron los coeficientes de contribución de cada variable original asociada al componente principal (Tabla 6). Mayor valor absoluto del coeficiente significa que existe

mayor contribución en el componente principal. Además, el signo de cada coeficiente indica el sentido de la relación, es decir, signos iguales indican proporcionalidad directa mientras que signos diferentes indican proporcionalidad inversa.

Tabla 6: Coordenadas, Cos^2 y contribución de las variables cuantitativas en poblaciones de tomate (*Solanum lycopersicum*) orgánico, estudiadas en el Huerto UNALM

Variables	Coordenadas		Cos^2		Contribución	
	Dim.1	Dim.2	Dim.1	Dim.2	Dim.1	Dim.2
SST	-0.47242389	0.15092073	0.22318433	0.02277707	6.32542535	1.14458192
AT	-0.26933294	0.18436423	0.07254023	0.03399017	2.05591423	1.70805705
LF	0.86774793	-0.19232351	0.75298648	0.03698833	21.3409238	1.85871939
AF	0.89467231	-0.13911253	0.80043855	0.0193523	22.6857966	0.97248196
NL	0.7709001	0.09127107	0.59428696	0.00833041	16.8431082	0.41861558
NI	-0.02785342	-0.22658774	0.00077581	0.051342	0.02198787	2.58001284
NDF	0.1448426	0.84072412	0.02097938	0.70681704	0.59459149	35.5186193
NHPI	0.06956024	0.71342981	0.00483863	0.50898209	0.13713496	25.5771156
NFI	-0.19793798	-0.02603727	0.03917944	0.00067794	1.11041238	0.03406747
NDM	0.39412316	0.76017896	0.15533307	0.57787205	4.40240466	29.0389396
PF	0.92942231	-0.15119786	0.86382583	0.02286079	24.4823005	1.14878922

En este estudio se consideró una alta representación para aquellas variables que tengan un valor de $\text{cos}^2 \geq 0.5$. De acuerdo con lo establecido, las variables con mayor representación en orden decreciente fueron peso de fruto (PF), ancho del fruto (AF), longitud de fruto (LF), número de días a la floración (NDF), número de días a la madurez (NDM), número de lóculos (NL) y número de hojas por inflorescencia (NHPI) (Anexo 16).

Las variables peso de fruto (PF), ancho de fruto (AF), longitud de fruto (LF) y en menor proporción la variable número de lóculos (NL), presentaron los mayores valores de coeficientes de contribución, que dieron origen al primer componente principal. De igual forma, las variables número de días a la floración (NDF), número de días a la maduración (NDM), y de forma secundaria la variable número de hojas por inflorescencia (NHPI) fueron las que mayor información aportaron al segundo componente principal (Figura 5).

Asimismo, se presentó una fuerte correlación entre las variables que contribuyeron al primer componente principal (PF, AF, LF y NL), debido a que la separación angular entre los vectores de las variables fue mínima. Por lo tanto, es válido afirmar que los frutos que presentaron mayores dimensiones (ancho y longitud) desarrollaron mayor peso y número de

lúculos. Estas asociaciones encontradas se corresponden con lo anteriormente informado por Canul *et al.* (2022), donde encontraron una relación directa entre la longitud, ancho y peso promedio del fruto de accesiones de tomate nativo del sur de México.

De manera semejante, las variables número de días a la floración (NDF), número de días a la maduración (NDM) y número de hojas por inflorescencia (NHPI) mostraron una correlación positiva entre ellas, por lo tanto, podemos afirmar que las plantas de tomate que presentaron floración y maduración tardía desarrollaron mayor número de hojas por inflorescencia y viceversa. Carrillo y Chávez (2010), encontraron una relación directa entre las variables inicio de la floración y maduración de frutos en tomates silvestres y semidomesticados.

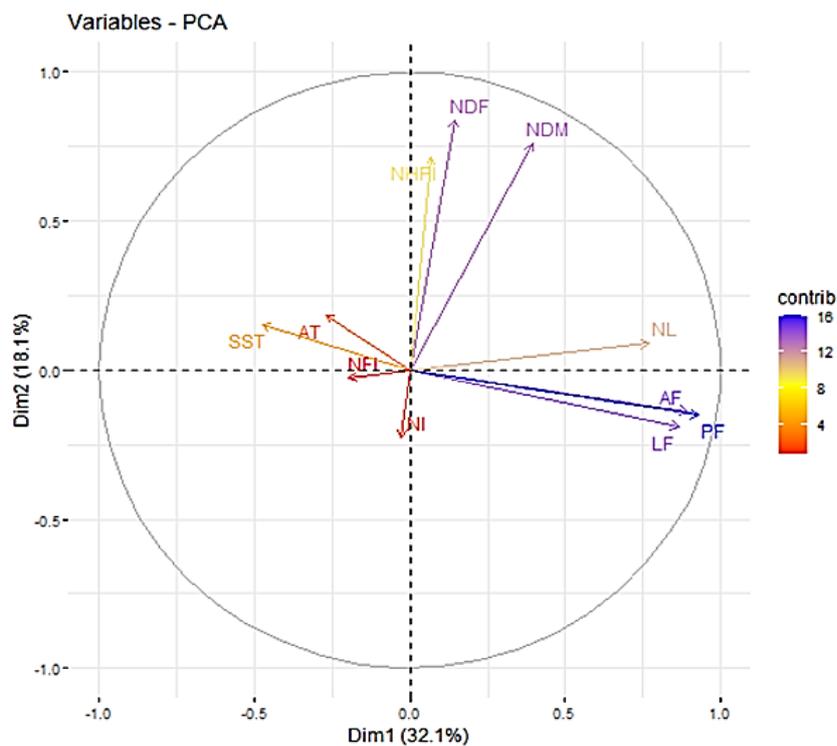


Figura 5: Representación gráfica de la distribución de las variables cuantitativas originales en poblaciones de tomate (*Solanum lycopersicum*) sobre el primero y segundo componente principal

De acuerdo al grafico de dispersión de las 160 accesiones de tomate (Figura 6) y al traslape de los vectores de las variables que tuvieron mayor contribución en los dos primeros componentes principales (Figura 6), se puede afirmar que, las accesiones número 2, 5, 9, 12 y 14 tienen un gran aporte en el peso del fruto (PF), ancho del fruto (AF), longitud del ruto (LF) y número de lóculos (NL). De forma similar ocurre con las accesiones número 8, 57, 62 y 28 que son las que mejor representan a las variables número de días a la floración (NDF), número de días a la maduración (NDM) y número de hojas en la primera inflorescencia (NHPI) respectivamente.

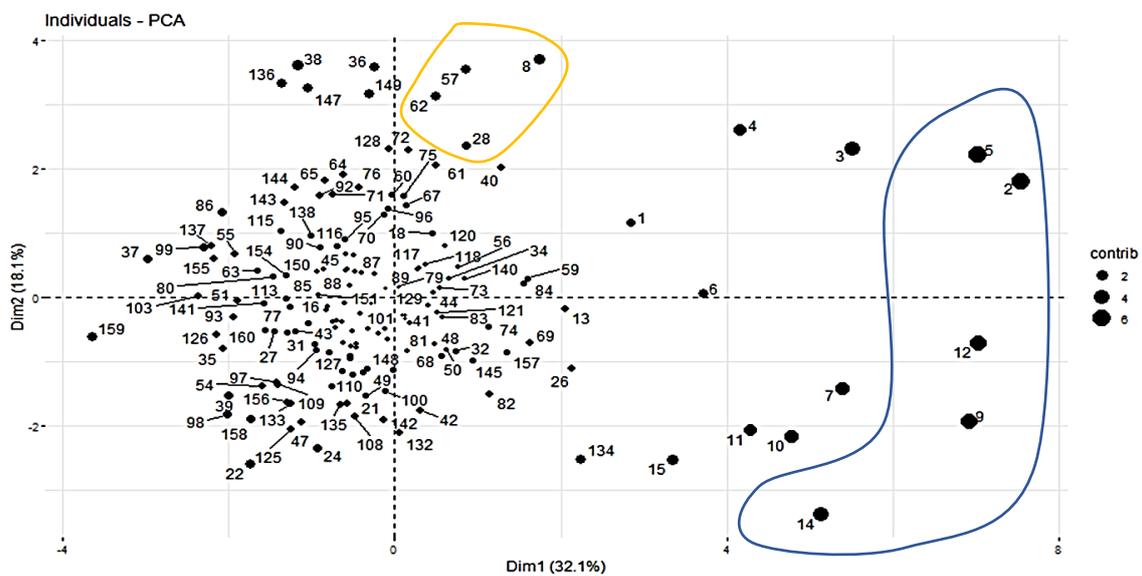


Figura 6: Grafico de dispersión de las 160 accesiones de tomate con base al plano formado por el primero y segundo componente principal

Además, observando la representación de las accesiones en el plano cartesiano compuesto por Dim1 en el eje de las abscisas y Dim2 en el eje de las ordenas (Figura 6), es posible apreciar un notable desplazamiento de las accesiones número 2, 5, 9, 12, 14 y en menor grado las accesiones 1, 4, 3, 6, 7, 15, 11, 10 hacia la parte derecha, muy separadas del resto de las accesiones. Las accesiones mencionadas representaron en conjunto a las familias F-2, F-4 y F-5, que fueron las que desarrollaron los frutos de mayor longitud, diámetro, peso y numero de lóculos, característica particular de las variedades comerciales de tomate. Por el contrario, el resto de la población presentó características de la variedad ceraciforme.

Esta diferencia fenotípica en los frutos de la generación segregante del híbrido entre el tomate comercial *S. lycopersicum* cv Huascarán y *S. lycopersicum* var ceraciforme puede explicarse mediante los principios mendelianos, donde se evidencia la presencia de factores (longitud, diámetro, peso y número de lóculos reducidos) dominantes. Asimismo, el genotipo homocigoto recesivo (aa) que coincide con la proporción fenotípica 5/160 (1/32) de las accesiones (2, 5, 9, 12 y 14) de mayor representación al Dim1, indica que la herencia de la longitud, diámetro, peso y número de lóculos en el fruto de tomate está determinada entre 2-3 genes por cada carácter mencionado.

4.4.2. Análisis de clúster Jerárquico (ACJ)

Tiene como finalidad agrupar las accesiones de las variables que cuentan con un conjunto de características comunes entre ellas y que se van uniendo hasta llegar a formar un único conglomerado denominado diagrama de árbol o dendograma (Franco e Hidalgo, 2003).

El análisis de conglomerados del presente estudio formó dos grupos (Figura 7), debido a que el 50% de los métodos analizados lo recomendaron (Anexos 17 y 18). Los cuales coincidieron en su conformación con los obtenidos en el análisis de componentes principales que explica únicamente el 50.16% de la varianza (Figura 8), a diferencia que el método jerárquico que utiliza todas las variables cuantitativas evaluadas para la obtención del dendograma.

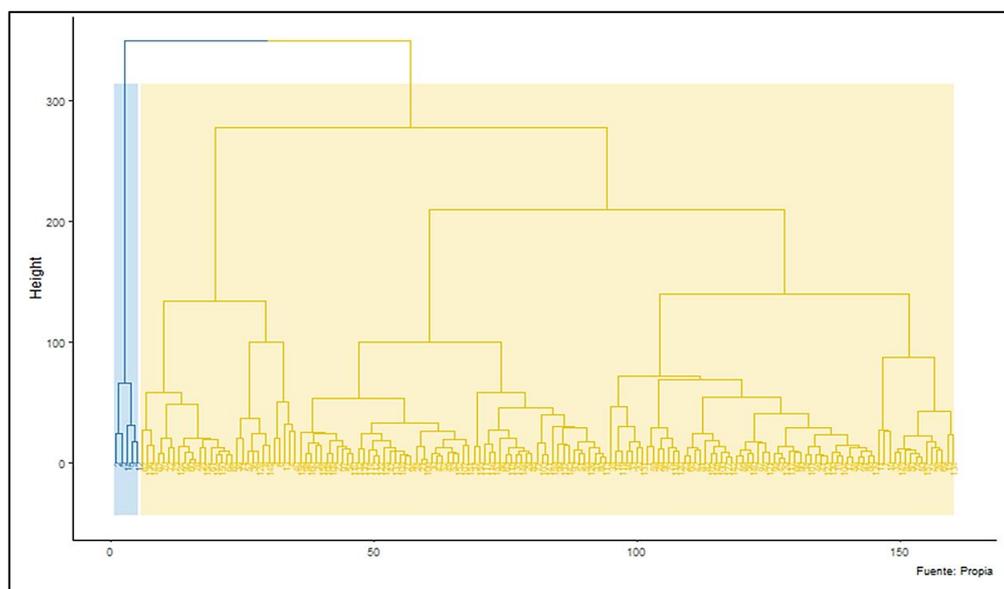


Figura 7: Dendrograma de las 160 accesiones de tomate (*Solanum lycopersicum*)

En la Figura 8 se presenta una representación gráfica de los 160 individuos de tomates agrupados en dos clústeres distintos. Esta representación visual permite identificar fácilmente la existencia de dos grupos bien diferenciados, a excepción de los individuos (3, 4, 6, 7, 10, 11 y 15) que pertenecen al “Grupo 1”. Sin embargo, estos individuos muestran una tendencia a escapar de la circunferencia que define el “Grupo 1” y se aproximan al “Grupo 2”. Asimismo, es importante destacar que los individuos del “Grupo 2” se encuentran dispersos en diferentes familias, como, por ejemplo, el individuo 2 y 5 pertenecen a la familia F-2, el individuo 9 pertenece a la familia F-4 y los individuos 12 y 14 pertenecen a la familia F-5.

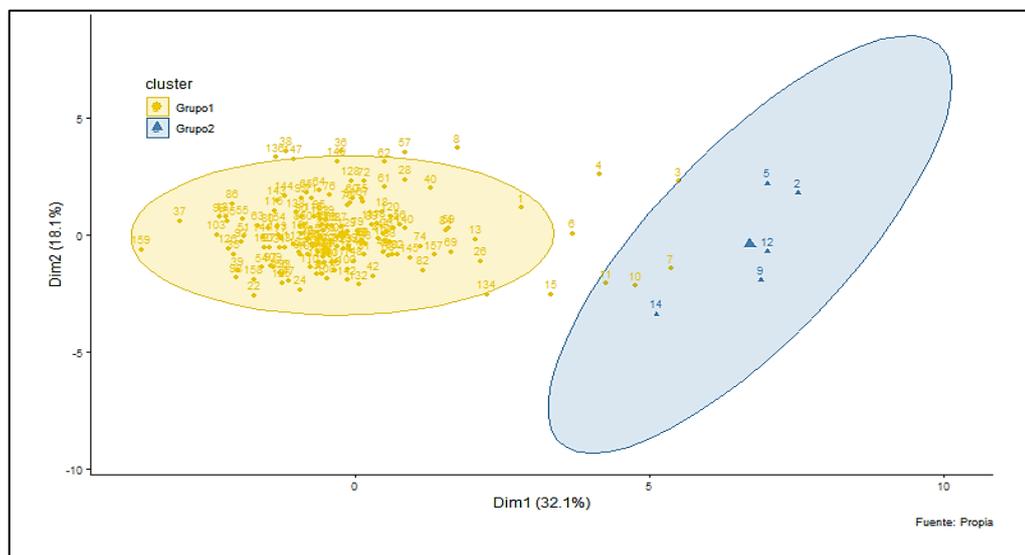


Figura 8: Representación gráfica de las 160 accesiones de tomate (*Solanum lycopersicum*) agrupadas en dos clústeres por el método jerárquico

Esto indica que los individuos no han alcanzado una diferenciación completa, debido a que presentan ciertas similitudes entre ambos clústeres. Una posible explicación para este resultado, es porque los 160 individuos de tomate tienen el mismo origen, es decir que son descendientes del mismo progenitor. Este antecedente genético compartido podría haber contribuido a la presencia de características similares entre los individuos de ambos grupos.

En el “Grupo 2” se ubicaron los individuos (2, 5, 12, 9 y 14), las cuales presentaron los mayores valores para las siguientes características:

- Los mayores valores en longitud de fruto, aproximadamente 57.77 mm

- Los mayores valores en ancho de fruto, aproximadamente 66.37 mm
- Los mayores valores en peso de fruto, aproximadamente 140.91 g
- Presentaron en promedio 6 lóculos / fruto
- Menores valores en SST, aproximadamente 4.14 %
- Menores valores en AT, aproximadamente 0.26 %
- Sabor ligeramente insípido por el bajo contenido en azúcar y acidez

Los individuos no diferenciados (3, 4, 6, 7, 10, 11 y 15), presentaron las siguientes características:

- Los mayores valores en longitud de fruto, aproximadamente 54.57 mm
- Los mayores valores en ancho de fruto, aproximadamente 53.22 mm
- Los mayores valores en peso de fruto, aproximadamente 81.53 g
- Presentaron en promedio 6 lóculos / fruto
- Menores valores en SST, aproximadamente 4.07 %
- Menores valores en AT, aproximadamente 0.34 %
- Sabor ligeramente insípido por el bajo contenido de azúcar y acidez

En el “Grupo 1” representó la mayoría de individuos, la cual se caracterizaron a excepción de los individuos no diferenciados en las siguientes características:

- Los menores valores en longitud de fruto, aproximadamente 35.16 mm
- Los menores valores en ancho de fruto, aproximadamente 37.99 mm
- Los menores valores en peso de fruto, aproximadamente 33.78 g
- Mayores valores en SST, aproximadamente 5.3 %
- Mayores valores en AT, aproximadamente 0.4 %
- Poco sabor por presentar una acidez ligeramente baja y altos niveles de azúcar

4.5. ANÁLISIS DE SENDERO O PATH ANALYSIS (PA)

El Path Analysis es un modelo multivariante que permite evaluar el ajuste de modelos causales en los que proponen un conjunto de relaciones directas o indirectas que realizan un conjunto de variables independientes (exógenas) para explicar la variabilidad de las variables dependientes (endógenas) (Pérez *et al.*, 2013). Este método se representa estadísticamente mediante un sistema de ecuaciones de regresión lineal estructuradas, que permiten diseñar

un diagrama de rutas para facilitar la interpretación del patrón de relaciones entre variables (Columbia University Irving Medical Center [CUIMC], 2023). Las variables observables y latentes se enmarcan en cuadrados y en círculos, respectivamente y están acompañadas por flechas cuyo sentido indica la dirección de la relación y el coeficiente “path” indica la magnitud de la relación entre las variables (Pérez *et al.*, 2013 y CUIMC, 2023).

En la Tabla 18 se puede apreciar que con un modelo lineal (ML) y método de optimización (NLMINB) se ha logrado identificar un buen nivel de ajuste a partir de los estadísticos de bondad de ajuste, es decir que la calidad de las relaciones que refleja la estructura de la ecuación en estudio es adecuada.

Tabla 7: Estadísticos de bondad de ajuste y criterios de referencia

Estadístico	Criterio*	ML
Chi-cuadrado (χ^2)	Significación > 0.05	0.528
Raíz del residuo cuadrático promedio (RMR)	Próximo a 0	0.371
Raíz del residuo cuadrático promedio de aproximación (RMSEA)	<0.08	0
Indicé de bondad de ajuste (GFI)	≥ 0.95	0.987
Indicé de bondad de ajuste corregido (AGFI)	≥ 0.95	0.962
Indicé de ajuste normalizado (NFI)	≥ 0.95	0.988
Indicé de bondad de ajuste comparativo (CFI)	≥ 0.95	1

Nota. *Criterio.

FUENTE: Ruiz *et al.* (2010)

El sistema de ecuaciones estructurales aplicado en esta investigación plantea la existencia de cuatro variables predictoras, dos de ellas (longitud de fruto-LF y ancho de fruto-AF) que influyen directamente en el atributo propio del fruto-Atr, y las otras dos restantes (acidez titulable-AT y sólidos solubles-SST) en la calidad organoléptica del fruto-Cld. Además, es posible apreciar que, para optimizar el rendimiento por medio del peso promedio del fruto, es necesario de buenos atributos debido a que estos logran explicar el 92% de la variable respuesta. A su vez los atributos del fruto se explican en un 93% por la variable longitud de fruto y en su totalidad por la variable ancho de fruto. No obstante, el peso de fruto no guarda relación con la calidad organoléptica del fruto, pero este último sí con la acidez titulable y sólidos solubles totales en un 69% y 100%, respectivamente (Figura 9).

De acuerdo con lo establecido por el diagrama de rutas y a los resultados de las pruebas de significancia, se evidencia una fuerte relación de causalidad entre el tamaño y peso del fruto.

Por esta razón, podemos observar en los resultados que las familias F2, F-4 y F-5 del Grupo I con calibres de MM reportaron los mayores valores en tamaño y peso de fruto. Por el contrario, el resto de familias pertenecientes al Grupo II y III de calibres MMM reportaron los menores valores en tamaño y peso de fruto. Por otra parte, la familia F-44 obtuvo los mayores valores tanto en sólidos solubles totales como acidez titulable, favoreciendo directamente en la calidad organoléptica de fruto, a diferencia de las familias F-2, F-4 y F-5 que obtuvieron calidades inferiores.

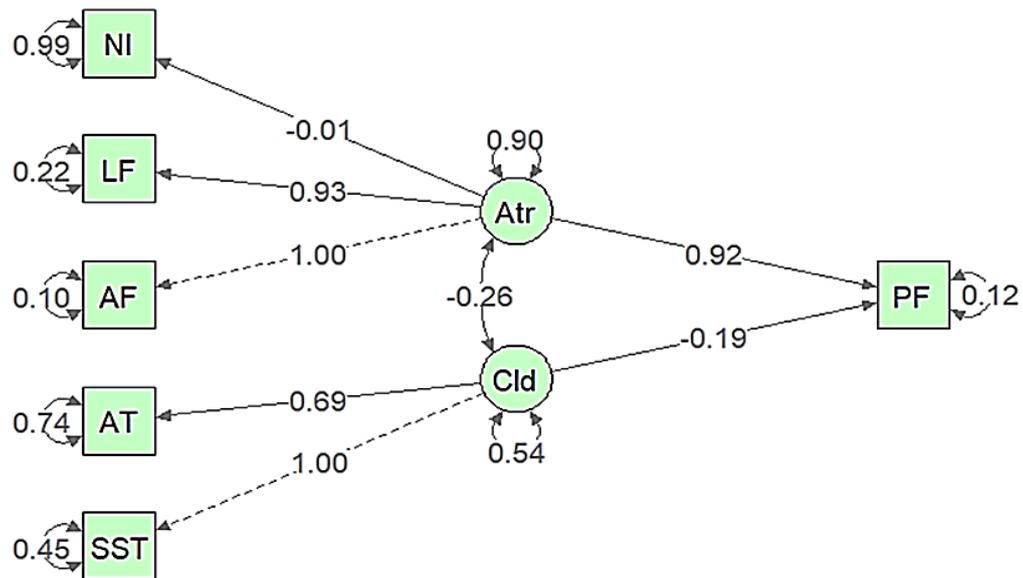


Figura 9: Modelo lineal de ecuaciones estructurales entre las variables independientes, dependientes y latentes

V. CONCLUSIONES

- Mediante el análisis de clúster jerárquico se puede afirmar que existe una alta variabilidad dentro de las familias, sin embargo, los 160 individuos de tomate S1 no han alcanzado una diferenciación completa entre familias, pues los individuos (2, 5, 9, 12 y 14) del “Grupo 2” y los no diferenciados (3, 4, 6, 7, 10, 11, 15), destacaron por presentar los mayores valores en peso, ancho, longitud y número de lóculos por fruto. En contraste el “Grupo 1”, conformado por el resto de población, presentó los valores más bajos en peso, ancho, longitud de fruto y número de lóculos por fruto.
- La línea F-44 obtuvo las mejores características agronómicas en cuanto a sus potencialidades a nivel de planta como de fruto, por presentar el mejor sabor determinado por (altos niveles en azúcar y acidez) y una buena apariencia por presentar frutos redondos, de color rojo, con una alta homogeneidad del tamaño del fruto y por la ausencia de rayas verdes en el fruto que está relacionado con la uniformidad del color del fruto, favoreciendo su aceptabilidad en el mercado para consumo en fresco.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar nuevamente el ensayo utilizando las mismas variables en diferentes condiciones (tipo de suelo, clima, riego, manejo del cultivo, etc.) con el propósito de comparar los resultados obtenidos en el presente estudio.
- Incluir como descriptores a evaluar número total de frutos por planta, rendimiento de cosecha y rendimiento de frutos maduros, para conocer las familias con mejores rendimientos.
- Realizar la caracterización utilizando marcadores moleculares para respaldar los resultados obtenidos en la caracterización morfológica.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, A. G., Ceballos, N. y Orozco, F. J. (2011). Caracterización morfológica del tomate tipo cereza (*Solanum lycopersicum* Linnaeus). *Agronomía*, 19(2), 44-53.
- Allende, M., Salinas, L., Rodríguez, F., Olivares, N., Riquelme, J., Antúnez, A., Martínez, J., Corradini, F., Sepúlveda, P., Abarca, P., Guzmán, A y Felmer, S. (2017). *Manual de cultivo del tomate bajo invernadero*. La Cruz, Chile: Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N°. 377. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6708>
- Anastasio, G., y Abad, J. (1997). Recuperación del sabor en el tomate. *Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros*, (122), 71-77.
- Ardiles, T. (13 de junio de 2021). *Tomates silvestres del Perú*. AGROPERÚ informa. Recuperado de <https://www.agroperu.pe/tomates-silvestres-del-peru/>
- Arora, R.K. (1997). Biodiversity Convention, Global Plan of Action and the National Programmes. In: *Plant Genetic Resources Bangladesh Perspective, Proceedings of a National Workshop on Plant Genetic Resources*, 26–29.
- Aso, D. (2015). *Caracterización y evaluación agronómica y de calidad de diferentes cultivares tradicionales de tomate para consumo en fresco* (Proyecto de fin de carrera). Universidad de Zaragoza. Recuperado de <https://zaguan.unizar.es/record/31586?ln=es>
- Bai, Y., y Lindhout, P. (2007). Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future?. *Annals of botany*, 100(5), 1085-1094. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm150>
- Baudoin, A. (2017). *Manual técnico de producción de tomate con enfoque de buenas prácticas agrícolas*. Bolivia: Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Recuperado de <https://www.bivica.org/file/view/id/5254>
- Barrett, D.M., Beaulieu, J.C., y Shewfelt, R. (2010). Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. *Critical reviews in food science and nutrition*, 50(5), 369-389. <https://doi.org/10.1080/10408391003626322>

- Beuselinck, P.R., y Steiner, J.J. (1992). A proposed framework for identifying, quantifying, and utilizing plant germplasm resources. *Field Crops Research*, 29(3), 261-272. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(92\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0378-4290(92)90029-9)
- Boada-Higuera, M. Y., Mejía-Ramírez, J. L., Ceballos-Aguirre, N., y Orozco, F. J. (2010). Evaluación agronómica de treinta introducciones de tomate silvestre tipo cereza (*Solanum lycopersicum* L.). *Agronomía (Manizales)*, 18(2), 59-67.
- Bonilla-Barrientos, O., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J.J., Cruz-Izquierdo, S., Reyes-López, D., Hernández-Leal, E., y Hernández-Bautista, A. (2014). Diversidad agronómica y morfológica de tomates arrañados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 37(2), 129-139.
- Brock, R.D. (1971). The role of induced mutations in plant improvement. *Radiation Botany*, 11(3), 181-196. [https://doi.org/10.1016/S0033-7560\(71\)90273-0](https://doi.org/10.1016/S0033-7560(71)90273-0)
- Camacho-Villa, T.C., Maxted, N., Scholten, M., y Ford-Lloyd, B. (2006). Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources*, 3(3), 373–384. doi:10.1079/pgr200591
- Canul-Ku, J., González-Pérez, E., Barrios-Gómez, E.J., Pons-Hernández, J.L., y Rangel-Estrada, S.E. (2022). Caracterización morfológica y agronómica de germoplasma de tomate nativo del sur de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 45(1), 23-23. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.1.23>
- Carrillo-Rodríguez, J.C., y Chávez-Servia, J.L. (2010). Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. *Revista fitotecnia mexicana*, 33(4), 1-6.
- Cásseres, E. (1980). *Hortalizas que son frutos. Producción de hortalizas* (3ra ed.). IICA/CATIE. pp. 71-74.
- Chávez-Araujo, J.L. (1993). *Mejoramiento de Plantas I* (2da ed.). México: Editorial Trillas.
- Chemonics International Inc. (2008). *Manual del cultivo de tomate. Programa de diversificación hortícola, Proyecto de desarrollo de la cadena de valor y conglomerado agrícola*. Cuenta Reto del Milenio. NI. Recuperado de <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01CH517t.pdf>
- Columbia University Irving Medical Center. (2023). *Path Analysis*. Recuperado de <https://www.publichealth.columbia.edu/research/population-health-methods/path-analysis#:~:text=Path%20analysis%2C%20a%20precursor%20to,outcome%20via%20multiple%20causal%20pathways>
- Crisosto, C., y Mitchell, J. (2007). Factores precosecha que afectan la calidad de frutas y hortalizas. Tecnología poscosecha de cultivos hortofrutícolas. Centro de información

- e investigación en tecnología poscosecha. Universidad de California. *Series de Horticultura Postcosecha*, (24), 55-61.
- Dagnino, J. (2014). Análisis de varianza. *Revista chilena de anestesia*, 43(4), 306-310. Recuperado de <http://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanestv43n04.07.pdf>
- Darwin, S.C., Knapp, S., y Peralta, I.E. (2003). Taxonomy of tomatoes in the Galápagos Islands: native and introduced species of *Solanum* section *Lycopersicon* (Solanaceae). *Systematics and Biodiversity*, 1(1), 29-53. <https://doi.org/10.1017/S1477200003001026>
- Davies, J.N., Hobson, G.E., y McGlasson, W.B. (1981). The constituents of tomato fruit—the influence of environment, nutrition, and genotype. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 15(3), 205-280. <https://doi.org/10.1080/10408398109527317>
- Dávila, M.G., Angulo-Vivas, I., y Ortiz-Bocanegra, M.A. (2020). *Mejoramiento genético en plantas alógamas y autógamas*. Universidad nacional de Colombia - sede Palmeira.
- De la Huerta-Contreras, V. (2012). *Prueba de homogeneidad de varianzas para muestras normales censuradas* (Tesis de Maestría). Colegio de Postgraduados, México. Recuperado de <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/677>
- Delgado de la Flor, B.F. (1980). *Evaluación de líneas de Ají. Memoria del Programa de Investigaciones en Hortalizas*. Informe Anual. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Délices, G., Leyva-Ovalle, O.R., Mota-Vargas, C., Núñez-Pastrana, R., Meza, P.A., y Herrera-Corredor, J.A. (2021). Morphological characterization of wild populations of *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme in the tomato domestication area. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 33(4), 303-313. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2021.v33.i4.2684>
- De Oliveira-Fernandes, M., Alvares-Bianchi, P., Almeida da Silva, L.R., Souza-Vianna, L., Azevedo-Santos, E., y Moreira-Moulin, M. (2018). Morpho-agronomic characterization and analysis of genetic divergence among accessions of tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Ciência Rural*, 48(11). Recuperado de [doi:10.1590/0103-8478cr20180433](https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180433)
- Diez, M.J., y Nuez, F. (2008). Tomato. *Vegetables II Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae and Umbelliferae* (249-326). Springer, New York. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/978-0-387-74110-9>
- Doebley, J.F., Gaut, B.S., y Smith, B.D. (2006). The molecular genetics of crop domestication. *Cell*, 127(7), 1309-1321. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.12.006>

- Domingos, J.P. (2011). *Análisis de la variabilidad en las especies del subgénero Eulycopersicon más relacionadas con el tomate cultivado* (Tesis de Doctorado). Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10251/10914>
- Engels, J., & Visser, L. (Eds.). (2003). Genebank management procedures. *A guide to effective management of germplasm collections* (pp. 73-74). IPGRI Hand Book for Genebank. No. 6. IPGRI, Rome, Italy.
- Escaff, M., Gil, P., Ferreyra, R., Estay, P., Patricia, Bruna, A., Maldonado, P., y Barrera, C. (2005). *Cultivo del tomate bajo invernadero*. Quillota, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N°. 128. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7051>
- Escobar, H., y Lee, R. (Eds.). (2010). *Manual de producción de tomate bajo invernadero* (2da ed.). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Fernández-Huaytalla, E. (2022). Los recursos fitogenéticos y su rol en la alimentación y agricultura del Perú. *Semana Nacional de Innovación 2022*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12955/1748>
- Florido, M., Plana, D., Álvarez, M., Moya, C., Lara, R.M., Caballero, A., y Florido, R. (2008). Análisis de la variabilidad morfoagronómica en la colección de tomate (*Solanum L.* sección *Lycopersicon* subsección *Lycopersicon*) conservada *ex situ* en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 29(2), 43-48.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). Area harvested and production 2021. Perú. Consultado 1 Feb. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Franco, T.L. e Hidalgo, R. (Eds.). (2003). *Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos*. Boletín técnico N°. 8. IPGRI, Cali, Colombia.
- García-Pérez, A. (2022). Análisis de componentes Principales. *Estadística aplicada avanzada con R*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Gavilánez-Luna, F. (2021). *Diseños y análisis estadísticos para experimentos agrícolas*. España: Ediciones Díaz de Santos. p. 38.
- Gepts, P. (2006). Plant genetic resources conservation and utilization: the accomplishments and future of a societal insurance policy. *Crop Science*, 46(5), 2278-2292. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.03.0169gas>
- Gierson, D., Kader, A.A. (1986). Fruit ripening and quality. En J.G. Atherton., J. Rudich

- (Eds.), *The Tomato Crop* (pp. 241-280). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-3137-4_6
- Giovannoni, J.J. (2004). Genetic regulation of fruit development and ripening. *The plant cell*, 16(1), 170-180. <https://doi.org/10.1105/tpc.019158>
- Glass, G.V. (1966). Testing homogeneity of variances. *American Educational Research Journal*, 3(3), 187-190. <https://doi.org/10.3102/00028312003003187>
- González, E.R. (1968). *Estadística general* (2da ed.). Universidad Central de Venezuela.
- Gordón, M. y Camargo, B. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 56-63.
- Gorini, F. (2018). *Guía completa del cultivo del tomate*. Editorial De Vecchi, S.A.
- Gould, W.A. (1992). *Tomato production processing & technology* (3ra ed.). CTI Publications.
- Guzmán, A., Corradini, F., Martínez, J., Allende, M., Abarca, P., Felmer, S., Antúnez, A., Riquelme, J., Salinas, S., Olivares, N., y Sepúlveda, P. (2017). Importancia y consideraciones del cultivo de tomate. En A. Torres (Ed.), *Manual de cultivo del Tomate al aire libre*. La Cruz, Chile: Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N°. 376. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6707>
- Harrington, B. (1954). *Método de mejora cerealista*. Roma, Italia: FAO.
- Henríquez, P.N. (Ed.). (2002). *Glosario de términos útiles para el manejo de los recursos fitogenéticos*. REMERFI. Recuperado de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/9096>
- Hernández-Rodríguez, O. (1998). *Análisis de Componentes Principales. Temas de análisis estadístico multivariado*. San José, Costa Rica: Editorial Universitaria de Costa Rica. p. 21.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2012). Consumo de alimentos y bebidas. *Perú: Per Cápita de los Principales Alimentos 2008-2009*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. p. 29. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1028/Libro.pdf
- Integrated Taxonomic Information System. (7 de abril de 2023). *Quick search on*. Recuperado de <https://doi.org/10.5066/F7KH0KBB>
- International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). (1996). *Descriptores para el tomate (Lycopersicon spp.)*. International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia. 44

- p. Recuperado de http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/ZPNACH866.pdf
- Jaramillo, J., Rodríguez, V., Guzmán, M., Zapata, M., y Rengifo, T. (2007). *Manual Técnico: Buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. Colombia: Convenio CORPOICA-FAO-MANA. Recuperado de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13469/43123_50544.pdf?isAllowed=y&sequence=1
- Jaramillo, J.E., Rodríguez, V.P., y Aguilar, P.A. (2012). *Factores climáticos y su influencia en la producción de tomate*. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Bogotá: CARPOICA. pp. 153-154. Recuperado de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13320/81601_62039.pdf?sequence=1
- Jaramillo, J.E., Rodríguez, V.P., y Aguilar, P.A. (2012). *Nutrición*. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Bogotá: CARPOICA. pp. 229-238. Recuperado de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13320/81601_62039.pdf?sequence=1
- Jaramillo, J.E., Sánchez, G.D., Rodríguez, V.P., Aguilar, P.A., Zapata, M.A., y Guzmán, M. (2012). *Generalidades del cultivo*. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Bogotá: CARPOICA. pp. 99-107. Recuperado de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13320/81601_62039.pdf?sequence=1
- Jaramillo, J.E., Sánchez, G.D., Rodríguez, V.P., Zapata, M.A., Guzmán, M., y Aguilar, P.A. (2012). Manejo agronómico. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Bogotá: CARPOICA. pp. 180-188. Recuperado de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13320/81601_62039.pdf?sequence=1
- Jenkins, J.B. (2014). Expansión de los principios mendelianos, II. En A. Jiménez-Sánchez, *Genética* (2da ed.). Editorial Reverté, S.A. pp. 159-164.
- Khan, M.A., Butt, S.J., Khan, K.A., Nadeem, F., Yousaf, B., y Javed, H.U. (2017). Morphological and physico-biochemical characterization of various tomato cultivars in a simplified soilless media. *Annals of Agricultural Sciences*, 62(2), 139-143. doi:10.1016/j.aogas.2017.10.001
- Klug, W.S., Cummings, M.R., y Spencer, C.A. (2006). Genética mendeliana. En M. Martín-

- Romo, *Conceptos de genética* (8va ed.). Madrid España: Pearson Educación. pp. 44-54.
- Labate, J.A., Grandillo, S., Fulton, T., Muños, S., Caicedo, A.L., Peralta, I., Ji, Y., Chetelat, R.T., Scott, J.W., Gonzalo, M.J., Francis, D., Yang, W., Knaap, E., Baldo, A.M., Smith-White, B., Mueller, L.A., Prince, J.P., Blanchard, N.E., Storey, D.B., ... y Causse, M. (2007). Tomato. En C. Kole (Ed.), *Vegetables*. Springer. pp. 7-8. https://doi.org/10.1007/978-3-540-34536-7_1
- Legaria-Solano, J.P., y Alvarado-Rodríguez, R.I. (2022). Phenotypic diversity of wild tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i5.2173>
- López-Marín, L.M. (2017). *Manual técnico del cultivo del tomate Solanum lycopersicum*. San José, Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). Recuperado de <http://repositorio.ica.int/handle/11324/3143>
- Maas, E.V., y Hoffman, G.J. (1977). Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of the irrigation and drainage division*, 103(2), 115-134. <https://doi.org/10.1061/JRCEA4.0001137>
- Maciel, G.M., y Silva, E.C. da. (2008). Herança do formato do fruto em tomateiro do grupo cereja. *Horticultura Brasileira*, 26(4), 495–498. doi:10.1590/s0102-05362008000400014
- Mayta-Mamani, A., Marza-Mamani, F., Rojas, F., Sainz-Mendoza, H.N., y Mendoza-Condori, V.H. (2015). Evaluación agromorfológica y análisis de componentes de rendimiento en doce accesiones de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Journal of the Selva Andina Biosphere*. 3(2), 58-74.
- Miller, J.C., y Tanksley, S. D. (1990). RFLP analysis of phylogenetic relationships and genetic variation in the genus *Lycopersicon*. *Theoretical and Applied Genetics*, 80, 437-448. doi:10.1007/bf00226743
- Ministerio del Ambiente. (2020). *Línea de base de la diversidad del tomate peruano con fines de bioseguridad*. Recuperado de <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/664>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2016). *Clasificación Nacional de Productos Agrarios: Estructura detallada y correspondencias de la CNPA con el Arancel de Aduanas del Perú 2012 y la Clasificación Nacional de Actividades Económicas 2012*. Recuperado de

- https://siea.midagri.gob.pe/portal/media/attachments/publicaciones/cnpa/CNPA_2016.pdf
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). *Tomate Semana nacional de frutas y verduras* 2021. Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1828921/Dossier%20Tomate.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Riego AgroRural. (2019). Cultivo de tomate. Fichas técnicas. AgroRural. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.13036/321>
- Mogollón, E.A., Sanjinez, F., y García, R. (2015). Caracterización morfológica de siete genotipos segregantes-F2 obtenidos del tomate híbrido natural (*Solanum pimpinellifolium* X *Solanum esculentum* var. Floradade). *Revista científica institucional Tzhoecoen*, 6(2), 231-242. Recuperado de <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/tzh/article/view/14>
- Morales, C., Shagarodsky, T., Reynaldo, I., Alvarez, M., Martínez, B., Pérez, S., y Rodríguez, J. (1997). Caracterización de un grupo de cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) para consumo fresco. *Cultivos Tropicales*, 18(1), 66-70. <https://ediciones.inca.edu.cu/files/anteriores/1997/1/CT18117.pdf>
- Morera, J. (1995). *Caracterización, evaluación y conservación de germoplasma. Encuentro Nacional de Recursos Fitogenéticos y Biodiversidad*. Comisión Nacional de Recursos Genéticos. Universidad de Panamá. Recuperado de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/685>
- Nesbitt, T.C., y Tanksley, S.D. (2002). Comparative sequencing in the genus *Lycopersicon*: implications for the evolution of fruit size in the domestication of cultivated tomatoes. *Genetics*, 162(1), 365-379. <https://doi.org/10.1093/genetics/162.1.365>
- Núcleo Ambiental S.A.S. (2015). *Manual tomate*. Cámara de Comercio de Bogotá. Recuperado de <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/14307>
- Platas-García, V. (2021). *Contrastes de normalidad* (Trabalho de fim de grao). Universidade de Santiago de Compostela. <http://hdl.handle.net/10347/28978>
- Pedro, A.M., y Ferreira, M.M. (2007). Simultaneously calibrating solids, sugars and acidity of tomato products using PLS2 and NIR spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, 595(1-2), 221-227. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2007.03.036>
- Pedroza, H., y Dicoovskyi, L. (2007). Análisis Multivariante de la Varianza. *Sistema de análisis estadísticos con SPSS*. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura (IICA). p. 115. Recuperado de <http://repositorio.iica.int/handle/11324/4106>

- Pedrosa, I., Juarros, J., Robles, A., Basteiro, J., y García, E. (2015). Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿Qué estadístico utilizar?. *Universitas psychologica*, 14(1), 245-254. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.upsy13-5.pbad>
- Peralta, I.E., Knapp, S., y Spooner, D.M. (2006). Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. *Tomato Genetics Cooperative Report*, 56(1), 6-12.
- Peralta, I.E., y Spooner, D.M. (2005). Morphological characterization and relationships of wild tomatoes (*Solanum* L. sect. *Lycopersicon*). *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, 104, 227-257.
- Peralta, I.E., y Spooner, D.M. (2007). History, origin and early cultivation of tomato (*Solanaceae*). Genetic improvement of solanaceous crops: Tomato. *Enfield, NH: Science Publishers*, 2, 1–27.
- Pérez, E., Medrano, L.A., y Sánchez, J. (2013). El Path Analysis: conceptos básicos y ejemplos de aplicación. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 5(1), 52-66.
- Pimentel, F. (1990). *Curso de estatística experimental* (3^o ed edição, vol 15). São Paulo, Brasil: Livraria Nobel S.A.
- Poehlman, M. (1992). *Mejoramiento genético de las cosechas* (9na ed.). México: LIMUSA.
- Pratta, G., Zorzoli, R., y Picardi, L.A. (2000). Interacciones genéticas entre germoplasma silvestre y cultivado de *Lycopersicon* spp. con efectos sobre la calidad sobre el fruto de tomate. *Plant Genetic Resources Newsletter*, (124), 7-12.
- Rick, C.M. (1950). Pollination relations of *Lycopersicon esculentum* in native and foreign regions. *Evolution*, 110-122. doi:10.2307/2405388
- Rick, C.M. (1958). The role of natural hybridization in the derivation of cultivated tomatoes of western South America. *Economic Botany*, 12(4), 346-367. doi:10.1007/bf02860023
- Robertson, L.D., Labate, J. (2007). Genetic resources of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) and Wild Relatives. En M.K. Razdan y A.K. Mattoo (Eds.), *Genetic improvement of solanaceous crops* (1^o Ed., Volume 2, pp. 34, 41 y 42). SciencePublishers. <https://doi.org/10.1201/b10744>
- Rodríguez, G., Pratta, G., Zorzoli, R., y Picardi, L.A. (2005). Caracterización de la generación segregante de un híbrido de tomate con genes nor y silvestres. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40, 41-46.
- Rothman, S., y Tonelli, B. (2010). *El cultivo de tomate*. Cátedra: Horticultura. Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNER). Recuperado de

- <https://studylib.es/doc/7901783/tomate-2010>
- Ruiz, M.A., Pardo, A., y San Martín, R. (2010). Modelos de ecuaciones estructurales. *Papeles del psicólogo*, 31(1), 34-45. <https://www.redalyc.org/pdf/778/77812441004.pdf>
- Saavedra, G., Jana, C., y Kehr, E. (Eds.). (2019). *Hortalizas para procesamiento agroindustrial*. Temuco, Chile: Boletín INIA-Instituto de investigaciones agropecuarias. Boletín. N°. 411. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6818>
- Sacks, E.J., y Francis, D.M. (2001). Genetic and environmental variation for tomato flesh color in a population of modern breeding lines. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126(2), 221-226. <https://doi.org/10.21273/JASHS.126.2.221>
- Sims, W.L. (1980). History of tomato production for industry around the world. In *Symposium on Production of Tomatoes for Processing*, 25-26. 10.17660/Acta Hortic.1980.100.1
- Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA). (2023). Datos Agrícolas 2021. Recuperado de <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/4-agricola>
- Stahle, L., y Wold, S. (1989). Analysis of variance (ANOVA). *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 6(4), 259-272. [https://doi.org/10.1016/0169-7439\(89\)80095-4](https://doi.org/10.1016/0169-7439(89)80095-4)
- Soto, P.J.L. (2013). Contraste de hipótesis. Comparación de más de dos medias independientes mediante pruebas no paramétricas: Prueba de Kruskal-Wallis. *Revista Enfermería del Trabajo*, 3(4), 166-171.
- Tanksley, S.D. (2004). The Genetic, Developmental, and Molecular Bases of Fruit Size and Shape Variation in Tomato, *The Plant Cell*, Volume 16(1), 181-189. <https://doi.org/10.1105/tpc.018119>
- Terrádez, M., y Juan, A.A. (2003). *Análisis de la varianza (ANOVA)*. Universidad Oberta de Catalunya.
- Valadez, L.A. (1998). *Producción de hortalizas* (1ra ed. 8va. Reimpresión). México: LIMUSA.
- Vallejo, F.A. (1994). Estudios genéticos básicos para la creación de nuevos cultivares de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill., adaptados a las condiciones de Colombia: interpretación integral de la investigación. *Acta Agronómica*, 44(1-4), 167-172. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/15564
- Vallejo, F.A. (1999). *Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/21007>
- Vallejo, F., y Estrada, E. (2013). *Mejoramiento genético de plantas* (2da ed.). Universidad

Nacional de Colombia - Sede Palmira.

- Vallejo, F., y Estrada, S. (2002). *Mejoramiento genético de plantas*. Universidad Nacional de Colombia - sede Palmira.
- Valls, J.F. (1988). Caracterização morfológica, reprodutiva e bioquímica de germoplasma. *Encontro sobre recursos genéticos*, 1, 106-128.
- Vargas, T.O., Alves, E.P., Abboud, A., Leal, M.A., y Carmo, M.G. (2015). Diversidade genética em acessos de tomateiro heirloom. *Horticultura Brasileira*, 33(2), 174-180. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000200007>
- Vega, U.A. (1990). Problemario de mejoramiento genético de plantas. Universidad Central de Venezuela.
- Velasco, E., Nieto, A.R., y Navarro, E.R. (2011). Nutrición mineral y riego. *Cultivo del Tomate en hidroponía e invernadero* (3ra ed.). México: Mundi-Prensa. pp. 49-62. Recuperado de <https://biblioteca.ecosur.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=50601#>
- Weller, J.I., Soller, M., y Brody, T. (1988). Linkage analysis of quantitative traits in an interspecific cross of tomato (*lycopersicon esculentum* x *lycopersicon pimpinellifolium*) by means of genetic markers. *Genetics*, 118(2), 329-339. doi.org/10.1093/genetics/118.2.329

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Descriptores para la caracterización morfológica y evaluación agronómica y composición química del fruto a evaluar en las líneas de S1 de tomate

Nivel	Descriptor	Comentario	Escala
		Variables Cualitativas	
	Tipo de crecimiento (TC)	Se evaluará cuando el segundo racimo de la planta esté maduro y se tendrá en cuenta sus variantes	1: Indeterminada; 2: Determinada; 3: Semideterminada.
Planta	Densidad de la pubescencia del tallo apical (DPT)	Se observará la parte apical de la planta entre la primera y segunda hoja completamente estirada, teniendo en cuenta sus variantes	1: Abundante; 2: Moderadamente abundante; 3: Intermedio; 4: Moderadamente escaso; 5: Escaso.
	Posición de la hoja (PDH)	En la parte superior de la planta se observará la primera hoja completamente estirada, teniendo en cuenta las variantes	1: Inclínada; 2: Semiernguida; 3: Horizontal.
	Tipo de inflorescencia (TI)	Antes del cuajado del fruto se evaluará la segunda inflorescencia de cada planta, teniendo en cuenta sus siguientes variantes	1: Unípara; 2: Semiunípara; 3: Multípara.
	Posición de la inflorescencia (PI)	Antes del cuajado del fruto se evaluará la segunda inflorescencia de cada planta, teniendo en cuenta sus variantes	1: Sobre el tallo; 2: Sobre la hoja.
	Presencia de hoja en la inflorescencia (PHI)	Antes del cuajado del fruto se evaluará la segunda inflorescencia de cada planta, teniendo en cuenta sus variantes	1: Presencia de hojas; 2: Ausencia de hojas.
De la inflorescencia y fruto	Color exterior del fruto inmaduro (CFI)	Después del cuajado y antes de la maduración del fruto se evaluará la coloración de frutos de la segunda inflorescencia teniendo en cuenta sus variantes	1: Verde oscuro; 2: Verde claro.
	Rayas verdes en el fruto inmaduro (RVFI)	Se evaluará cuando los frutos de la segunda inflorescencia empiecen a cambiar de color, según variantes	1: Ausencia (madurez uniforme); 2 = Presencia (hombros del fruto).
	Forma predominante del fruto maduro (FPF)	Teniendo en cuenta las descripciones señaladas en el Anexo II se evaluará las variantes	1: Redondeado; 2: Redondeado-alargado; 3: Achatado; 4: Ligeramente achatado; 5: Cordiforme.
	Homogeneidad del tamaño del fruto (HTF)	Se evaluará el tamaño de la segunda inflorescencia cuando el fruto se encuentre maduro teniendo en cuenta sus variantes	1: Alta; 2: Intermedia; 3: Baja.

«Continuación»

	Color exterior del fruto maduro (CEF)	Se determinará el color de forma visual cuando el fruto se encuentre en madurez	1: Naranja; 2: Rojo; 3: Marrón; 4: Morado.
	Intensidad del color del fruto maduro (ICEF)	Se determinará la intensidad del color de forma visual cuando el fruto se encuentre en madurez	1: Intenso; 2: Intermedio; 3: Claro
	Color de la carne del pericarpio (CCP)	Se determinará el color de forma visual cuando el fruto se encuentre en madurez	1: Naranja; 2: Rojo; 3: Marrón; 4: Morado.
	Intensidad del color de la carne del pericarpio (ICCP)	Se determinará la intensidad del color de forma visual cuando el fruto se encuentre en madurez	1: Intenso; 2: Intermedio; 3: Claro
	Color de la placenta (CP)	Se determinará el color de forma visual cuando el fruto se encuentre en madurez	1: Naranja; 2: Rojo; 3: Marrón; 4: Morado; 5: Verde.
	Forma del corte transversal del fruto (FCTF)	Teniendo en cuenta las descripciones del Anexo III se evaluará las variantes	1: Angular; 2: Redondo; 3: Irregular.
	Forma terminal de la floración del fruto (FTF)	Teniendo en cuenta el Anexo IV se evaluará las variantes	1: Aplanada; 2: Puntiguda; 3: Identada.
Variables Cuantitativas			
Planta	Número de hojas en la primera inflorescencia (NHPI)	Se realizará un conteo de hojas en la primera inflorescencia de cada planta y luego se agruparán según variantes	En unidades
	Peso del fruto (PF)	Se tomará aleatoriamente un fruto maduro de la segunda inflorescencia	En (g)
De la inflorescencia y fruto	Longitud del fruto (LF)	Longitud medida desde el tallo hasta el ápice de un fruto maduro de la segunda inflorescencia	En (mm)
	Ancho de fruto (AF)	Medido en la parte transversal más ancha (diámetro) de un fruto maduro de la segunda inflorescencia	En (mm)
	Número de lóculos (NL)	Se contarán los lóculos de un fruto maduro de la segunda inflorescencia	En unidades

«Continuación»

	Número de días a la floración (NDF)	Se tomará en cuenta desde el día de la siembra hasta que se observe la primera flor abierta completamente en la planta	En días
Características agronómicas	Número de días hasta la madurez (NDM)	Se tomará en cuenta desde el día de la siembra hasta que se observe el primer fruto maduro en la planta	En días
	Número de inflorescencias (NI)	Se contarán los pisos florales desde el extremo inferior hasta el extremo superior de la planta.	En unidades
	Número de flores por inflorescencia (NFI)	Se contarán el número de flores únicamente de la segunda inflorescencia.	En unidades
Composición química del fruto	Sólido soluble total (SST)	Se tomará una muestra de zumo compuesto por lo menos cinco por frutos	En unidades °Brix
	Acidez titulable (AT)	Se tomará una muestra de zumo compuesto por lo menos cinco por frutos	En unidades
	Indicé de madurez (SST/AT)	Se hallará el cociente entre sólido soluble total y acidez titulable	En unidades

FUENTE: IPGRI (1996)

Anexo 2: Matriz básica de datos cualitativos (MBD) para el cultivo de tomate

Accesión	FPF	FTF	CEF	ICEFM	CCP	ICCP	FCTF	CP	CFI	RVFI	HTF	DPT	PDH	TI	PI	PHI	TC
1	3	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	3	2	1	1	2	1
2	1	1	1	2	2	2	3	2	1	1	3	2	2	1	1	2	1
3	4	1	1	1	2	2	3	2	2	1	3	2	2	1	1	1	1
4	3	1	1	1	2	2	3	2	1	1	3	1	2	1	1	1	1
5	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1	3	3	2	1	1	1	1
6	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	1	2	1
7	4	1	1	1	1	3	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1
8	4	1	1	1	2	2	3	2	1	1	3	1	2	1	1	2	2
9	4	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	1	2	1
10	4	1	1	1	2	2	3	2	1	1	1	2	2	1	1	2	1
11	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	3	3	2	1	1	1	1
12	2	2	1	2	2	2	1	2	1	1	3	2	2	1	1	2	1
13	4	2	1	2	2	2	2	2	1	1	3	3	2	1	1	2	2
14	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	3	2	1	2	2	1
15	1	2	1	3	2	3	2	2	1	1	3	2	2	2	2	2	1
16	4	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	3	2	1	1	1
17	4	1	3	3	3	3	2	5	1	1	1	4	1	2	2	2	1
18	4	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	3	1	1	1	1	1
19	4	1	1	1	2	1	2	2	1	2	2	3	3	2	2	1	1
20	3	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	3	3	1	1	1	1
21	1	1	3	2	4	3	2	5	2	1	2	1	3	1	1	1	1
22	1	1	4	2	4	2	2	5	1	1	1	4	3	2	1	2	1
23	4	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	1	1	2	1
24	3	1	3	1	4	2	2	5	1	1	3	4	2	1	1	2	1
25	1	3	3	2	4	2	2	3	1	2	2	2	2	1	1	2	1
26	4	1	3	1	4	2	2	5	1	2	2	4	2	1	1	2	1
27	1	1	2	3	2	1	2	2	1	2	2	4	2	1	1	1	1
28	4	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	1	1	1	1

«Continuación»

29	4	1	2	1	2	1	2	2	1	2	2	3	2	1	1	1	1
30	4	3	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	1
31	4	1	2	1	2	1	2	2	2	2	1	3	2	1	1	2	1
32	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	3	3	2	2	2	2	1
33	1	1	1	2	2	2	2	5	1	1	3	2	2	1	1	2	1
34	4	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	3	1	1	1
35	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	1	1	2	1
36	4	1	1	2	2	2	2	5	1	1	3	4	2	1	1	1	1
37	4	1	1	2	2	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	2	1
38	4	1	1	2	2	2	2	2	1	1	3	3	2	1	1	2	1
39	1	1	2	3	2	2	2	5	1	1	2	3	3	1	1	2	2
40	4	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	1	2	1	2	1
41	1	1	3	2	4	2	2	5	1	1	2	4	3	1	1	2	1
42	2	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	3	2	1	1	2	1
43	1	1	4	1	4	2	2	5	1	1	1	3	2	1	1	2	1
44	4	1	1	1	2	2	2	5	1	1	2	3	2	1	1	2	1
45	4	1	4	3	2	2	2	5	1	2	1	4	2	1	1	1	1
46	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2	1	3	2	1	1	2	1
47	4	3	2	3	2	3	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	1
48	2	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1
49	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	3	2	1	1	2	1
50	4	1	1	1	2	2	2	2	1	1	3	3	2	2	1	1	1
51	1	1	1	1	2	2	2	5	1	1	1	3	1	2	1	2	1
52	4	1	1	1	2	2	2	5	1	1	2	2	2	1	1	2	1
53	5	3	2	2	2	3	1	2	2	1	2	2	2	1	1	2	1
54	4	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1
55	4	1	2	1	2	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1
56	1	3	2	1	2	1	2	2	1	2	2	3	2	1	1	2	1
57	1	1	3	1	4	2	2	5	1	2	2	3	2	1	1	2	1

«Continuación»

58	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1
59	4	1	4	3	4	3	2	5	2	1	2	3	2	1	1	2	1
60	4	1	1	2	2	3	2	2	1	2	1	3	2	3	1	2	1
61	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	3	2	1	1	1	1
62	4	1	3	2	4	2	2	3	1	2	2	3	2	1	1	1	1
63	4	3	4	2	4	2	1	5	1	2	2	3	2	1	2	2	1
64	4	1	4	1	4	2	2	5	1	2	1	2	2	1	1	1	1
65	4	1	1	1	2	2	2	5	1	2	2	1	2	1	1	2	1
66	4	1	4	2	4	2	2	2	1	2	2	3	2	1	1	2	1
67	4	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	1	1	2	1
68	4	1	2	1	2	2	2	2	1	1	3	4	3	1	1	2	3
69	4	1	3	2	4	2	2	5	1	1	2	3	2	1	1	2	1
70	3	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1
71	4	1	1	2	2	3	2	2	1	1	1	3	2	2	1	2	1
72	4	1	4	2	4	2	1	5	1	2	2	3	2	1	1	1	1
73	4	1	3	2	4	2	2	5	1	2	1	4	2	1	1	1	1
74	4	1	3	3	3	3	2	5	1	2	2	3	2	1	1	2	1
75	4	1	2	2	2	2	2	2	1	1	3	3	2	1	1	1	1
76	4	1	2	2	2	1	2	2	1	2	2	3	3	1	1	2	2
77	4	1	2	1	2	2	2	2	1	1	2	3	1	1	1	1	1
78	4	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	1	1	2	1
79	1	1	1	2	2	3	1	2	1	2	1	3	3	1	1	1	1
80	4	1	2	2	2	2	2	5	1	1	1	2	2	1	1	2	1
81	4	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1
82	4	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1	1	2	1
83	3	1	3	1	4	2	2	5	1	1	1	3	2	1	1	1	1
84	4	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	1	1	2	1
85	4	1	1	1	2	1	2	2	1	1	2	1	3	1	1	2	1
86	1	1	2	1	2	1	2	2	1	1	1	3	2	1	1	2	1

«Continuación»

87	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	3	2	1	1	2	1
88	1	3	2	2	2	2	1	2	1	1	2	3	2	1	1	2	1
89	4	1	3	2	4	3	2	5	1	2	1	2	2	1	1	2	1
90	1	1	2	2	2	2	2	5	1	1	1	3	2	1	1	2	3
91	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	1	1	2	1
92	2	3	2	2	2	2	2	5	1	2	2	3	3	1	1	1	1
93	4	3	2	2	2	2	3	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1
94	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	3	2	1	1	2	1
95	1	1	2	1	2	2	2	5	1	1	2	3	2	1	1	1	1
96	4	1	1	1	2	2	3	2	1	1	2	3	2	1	1	2	1
97	4	3	2	2	2	2	2	5	2	2	1	4	2	1	1	2	1
98	4	1	3	2	2	3	3	5	1	2	1	3	3	1	1	2	1
99	4	1	2	1	2	1	3	2	2	1	2	3	2	2	1	1	1
100	4	1	2	2	2	2	2	5	2	1	1	3	2	1	1	2	1
101	4	1	2	1	2	2	2	2	1	2	2	3	2	1	1	2	1
102	4	1	2	1	2	1	2	5	1	1	1	3	2	2	1	1	1
103	4	3	4	2	4	3	2	5	1	1	2	3	2	1	1	1	1
104	4	1	3	2	3	2	2	3	1	1	2	2	2	1	1	1	1
105	4	1	3	2	4	2	2	5	1	1	2	3	2	1	1	1	1
106	4	1	2	2	2	2	2	5	2	1	1	1	2	1	1	2	1
107	1	1	4	2	4	2	1	5	2	1	2	3	2	1	1	2	1
108	4	1	1	1	2	2	2	5	1	1	1	3	3	1	1	2	1
109	4	1	2	2	2	2	2	5	2	1	1	3	2	1	1	2	1
110	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	3	2	1	2	2	1
111	5	3	2	2	2	2	2	2	2	1	2	4	2	1	1	2	1
112	2	1	1	2	2	2	1	2	1	2	2	3	2	1	1	2	1
113	4	1	2	1	2	2	2	2	1	2	2	3	2	1	1	2	1
114	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	4	2	1	1	2	1
115	1	1	1	2	2	3	2	1	1	2	1	4	2	1	1	1	3

«Continuación»

116	1	3	2	1	2	1	2	2	1	1	1	3	2	1	1	2	1
117	2	1	4	2	4	1	2	5	1	1	2	3	2	1	1	2	1
118	4	1	3	1	4	2	2	5	1	1	2	3	2	1	1	2	1
119	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	3	3	2	1	1	1
120	2	3	1	1	2	1	1	2	1	2	1	4	3	1	1	2	1
121	2	1	1	1	2	2	1	5	1	2	2	3	2	1	1	2	1
122	2	3	2	1	2	1	1	2	1	1	2	3	2	1	1	1	1
123	5	3	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2	2	1	1	2	1
124	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	3	2	1	1	2	1
125	2	1	2	2	2	3	1	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1
126	4	3	4	3	4	3	2	2	2	1	1	3	3	1	1	1	1
127	5	3	2	2	2	1	2	2	1	1	1	3	2	1	1	2	1
128	4	3	1	3	2	2	2	2	1	1	2	3	2	1	2	2	1
129	4	3	2	3	2	2	2	2	1	1	2	3	3	1	1	2	1
130	4	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	3	3	1	1	1	1
131	5	1	2	3	2	2	1	2	1	1	2	3	2	2	1	1	1
132	3	1	1	2	2	3	1	2	1	1	2	3	2	1	1	1	1
133	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	3	2	2	1	2	2
134	4	1	4	2	4	2	1	4	1	2	2	3	3	1	2	2	1
135	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	3	2	2	1	1	2	1
136	1	1	3	1	4	3	2	5	1	1	2	3	2	1	1	2	1
137	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	1	1	2	1
138	1	1	2	2	2	1	2	2	1	2	2	4	3	2	1	2	1
139	1	1	2	3	2	3	2	2	1	1	1	3	2	2	1	2	3
140	4	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	3	2	1	1	2	1
141	2	3	1	1	2	2	1	2	1	1	1	3	2	1	1	2	1
142	1	1	1	2	2	3	2	2	2	2	1	3	3	1	1	2	2
143	1	1	1	1	2	2	2	5	1	2	3	3	2	1	1	1	1
144	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	3	2	1	1	2	1

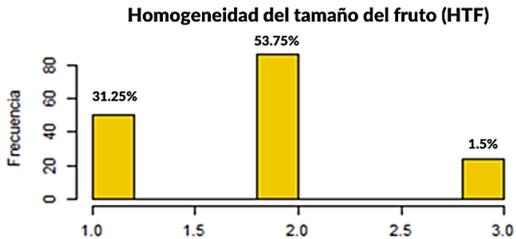
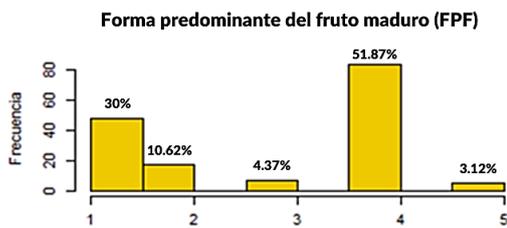
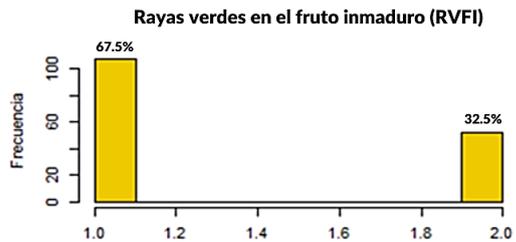
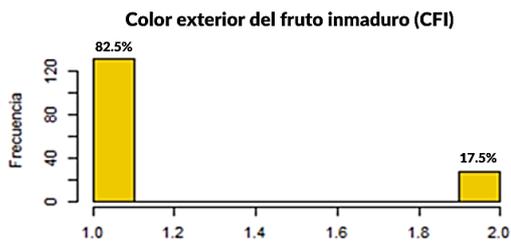
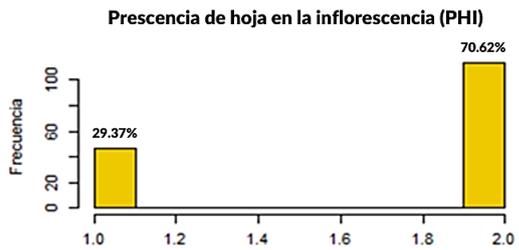
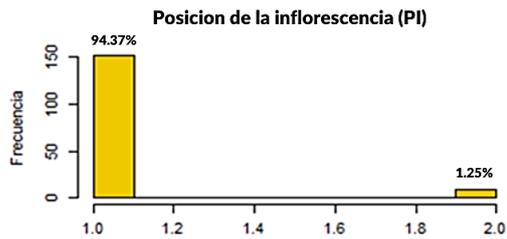
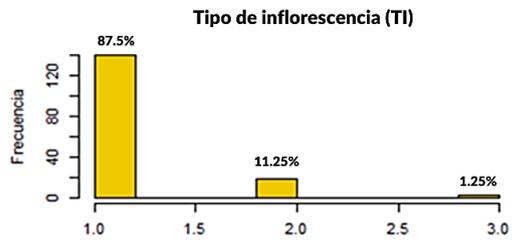
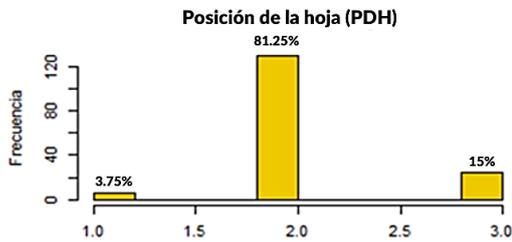
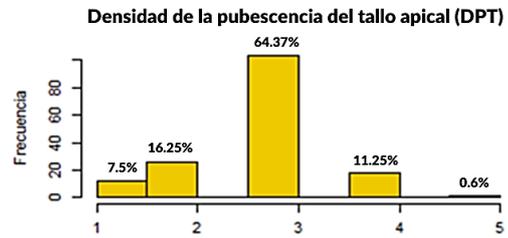
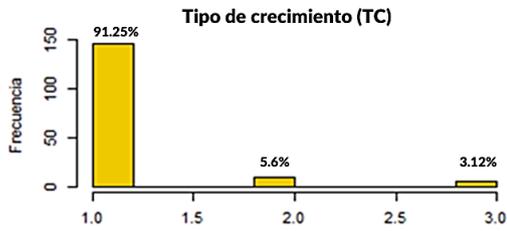
«Continuación»

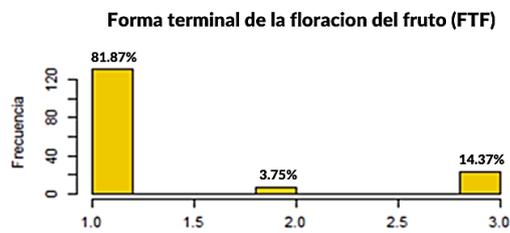
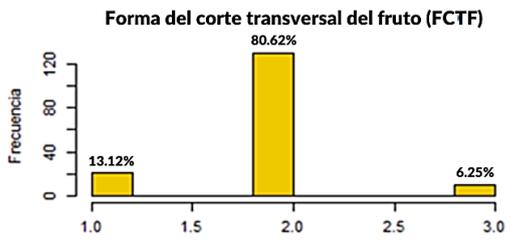
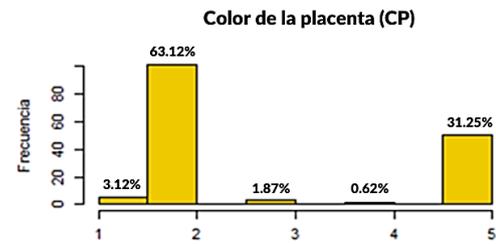
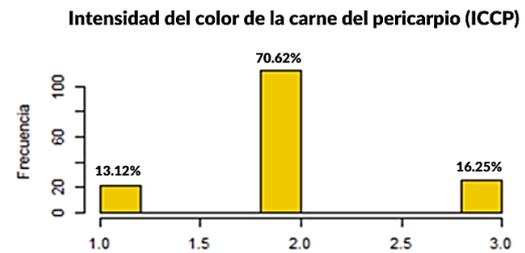
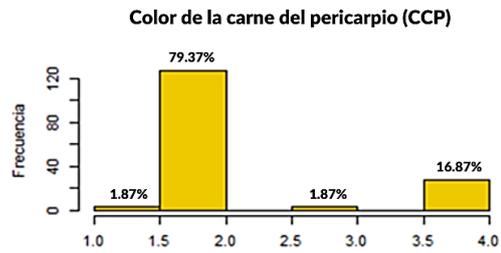
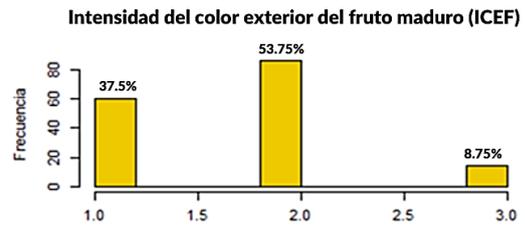
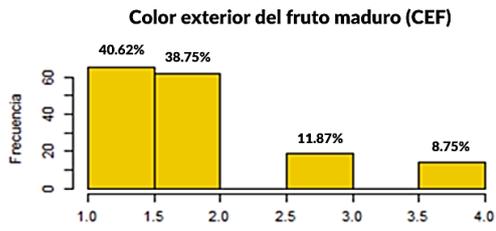
145	4	1	1	2	2	3	2	1	1	2	2	3	2	1	1	2	1
146	4	3	2	2	2	2	3	5	1	1	1	3	2	1	1	1	1
147	4	1	1	1	2	2	2	2	1	1	3	3	2	1	1	2	1
148	2	3	1	1	2	3	2	2	1	1	1	4	2	1	1	2	2
149	1	1	3	2	4	3	2	5	1	1	2	3	2	1	1	1	3
150	4	1	4	3	2	1	2	2	1	1	2	3	2	2	1	2	1
151	4	1	2	2	2	3	2	5	1	1	2	3	2	1	1	2	1
152	4	1	2	2	2	2	2	5	1	2	2	3	2	1	1	2	1
153	1	1	2	1	2	1	2	2	1	1	2	3	2	1	1	2	1
154	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1
155	4	1	1	2	2	3	2	2	1	2	1	3	2	1	1	2	1
156	2	1	2	2	2	2	1	2	1	1	2	5	2	1	1	2	2
157	4	1	2	2	2	2	2	5	1	1	3	2	2	1	1	2	1
158	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	3	2	1	1	2	1
159	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	3	2	1	1	2	2
160	4	1	2	2	2	2	2	5	1	1	2	4	2	1	1	2	1

Anexo 3: Tabla de frecuencia de variables cualitativas en poblaciones de tomate (*Solanum lycopersicum*) orgánico, estudiadas en el Huerto UNALM

Variable	Moda	Frecuencia (%)
TC	Indeterminado	91.25
DPT	Intermedio	64.37
PDH	Semierguida	81.25
TI	Unípara	87.5
PI	Sobre el tallo	94.37
PHI	Ausencia de hojas	70.62
CFI	Verde	82.5
RVFI	Ausencia	67.5
FPF	Ligeramente achatado	51.87
HTF	Intermedio	53.75
CEF	Naranja	40.62
ICEF	Intermedio	53.75
CCP	Rojo	79.37
ICCP	Intermedio	70.62
CP	Rojo	63.12
FCTF	Redondo	80.62
FTF	Aplanada	81.87

Anexo 4: Grafico de frecuencias de las variables cualitativas del cultivo de tomate





Anexo 5: Matriz básica de datos cuantitativos (MBD) para el cultivo de tomate segregantes obtenidos del tomate híbrido, producto de una hibridación entre el tomate comercial *S. lycopersicum* cv. Huascarán y *S. lycopersicum* var. ceraciforme

Accesión	Familia	SST	AT	SST/AT	LF	AF	NL	NI	NDF	NHPI	NFI	NDM	PF
1	F-2	5.50	0.34	16.21	48.68	45.45	6	8	82	12	7	154	59.43
2	F-2	3.10	0.22	13.84	52.20	67.46	7	6	91	14	7	169	137.71
3	F-2	3.80	0.29	13.19	51.62	56.21	7	3	86	12	7	192	79.25
4	F-2	3.80	0.56	6.75	45.82	46.61	8	3	89	10	7	192	61.04
5	F-2	5.20	0.26	19.82	53.33	72.73	6	4	91	12	6	192	136.64
6	F-4	4.60	0.48	9.58	62.26	49.10	3	12	83	8	9	183	85.97
7	F-4	4.10	0.22	18.30	51.23	59.09	7	9	69	9	13	153	105.75
8	F-4	5.30	0.47	11.34	35.10	37.89	7	14	95	13	10	195	31.94
9	F-4	5.00	0.26	19.53	59.70	64.85	7	13	74	8	12	153	155.74
10	F-4	4.00	0.35	11.36	53.56	63.11	6	10	64	9	8	137	87.07
11	F-5	4.40	0.15	29.89	60.15	51.49	4	10	64	8	3	160	85.62
12	F-5	4.00	0.38	10.42	63.02	63.78	7	6	71	11	11	153	141.32
13	F-5	5.20	0.25	20.83	44.65	45.59	4	9	64	10	10	178	53.43
14	F-5	3.40	0.18	18.97	60.62	63.01	2	5	64	7	13	134	133.14
15	F-5	3.80	0.33	11.64	57.36	46.90	5	8	69	7	5	125	66.00
16	F-6	5.10	0.45	11.38	36.86	38.54	2	5	69	11	26	134	34.06
17	F-6	5.50	0.47	11.77	35.05	38.18	3	9	74	12	16	134	32.84
18	F-6	4.40	0.35	12.50	35.23	41.37	3	7	74	13	22	153	40.32
19	F-6	5.10	0.31	16.60	33.44	41.42	3	6	69	11	9	134	38.40
20	F-6	5.00	0.48	10.42	38.85	41.89	3	4	69	10	23	139	44.02
21	F-7	5.10	0.47	10.92	36.21	36.63	3	5	57	8	9	134	30.52
22	F-7	4.80	0.42	11.54	30.12	30.97	2	10	57	7	9	122	24.42
23	F-7	5.10	0.41	12.45	39.56	42.77	2	11	64	13	8	134	44.97
24	F-7	4.80	0.41	11.72	36.60	32.51	2	10	53	8	1	134	25.98
25	F-7	5.60	0.42	13.46	32.83	38.74	3	11	71	9	9	153	31.98
26	F-25	4.10	0.20	20.02	42.59	49.64	3	9	69	11	6	134	62.74

«Continuación»

27	F-25	6.10	0.38	15.89	32.82	36.15	2	8	66	11	13	126	27.97
28	F-25	5.30	0.47	11.34	40.64	42.16	3	7	90	14	6	146	46.29
29	F-25	4.30	0.22	19.20	34.54	37.76	2	7	74	10	9	134	22.36
30	F-25	5.10	0.33	15.32	33.93	37.15	3	13	64	10	7	137	29.87
31	F-26	4.30	0.29	14.93	25.87	32.03	2	11	71	10	7	137	19.29
32	F-26	5.10	0.41	12.45	41.14	44.85	3	8	69	10	14	134	51.09
33	F-26	5.10	0.51	9.96	34.13	37.67	3	8	71	10	22	137	28.06
34	F-26	5.00	0.33	15.32	37.27	43.29	3	8	69	13	8	141	43.33
35	F-26	4.50	0.25	18.03	29.13	30.51	2	10	69	10	50	137	17.12
36	F-27	4.70	0.62	7.57	32.79	36.72	2	8	85	14	8	191	27.00
37	F-27	5.00	0.10	52.08	15.18	16.56	2	8	74	10	10	153	2.33
38	F-27	6.80	0.55	12.35	31.64	34.40	2	4	74	14	8	198	21.81
39	F-27	6.10	0.54	11.35	32.45	37.70	2	7	64	8	8	116	13.27
40	F-27	4.60	0.44	10.57	40.75	43.54	3	7	83	11	28	191	50.94
41	F-28	4.10	0.44	9.42	39.69	40.37	2	9	78	10	8	141	40.06
42	F-28	5.10	0.41	12.45	40.02	45.14	2	15	71	8	7	134	46.07
43	F-28	5.80	0.52	11.19	30.95	36.45	3	11	67	10	10	134	27.74
44	F-28	6.60	0.60	10.97	40.44	47.78	3	12	78	10	5	139	57.25
45	F-28	5.50	0.48	11.46	36.57	38.65	2	9	81	10	12	141	34.57
46	F-29	4.60	0.32	14.38	38.03	38.32	2	10	74	10	9	146	37.59
47	F-29	5.50	0.43	12.83	35.82	35.23	2	8	64	7	7	126	30.30
48	F-29	4.50	0.46	9.77	42.85	41.74	2	8	71	10	8	134	45.44
49	F-29	4.80	0.28	17.05	40.76	33.66	2	12	67	9	7	134	30.29
50	F-29	5.70	0.38	15.10	41.94	46.57	2	4	69	9	8	137	55.80
51	F-30	5.60	0.40	13.89	31.35	29.90	2	6	71	10	16	134	17.86
52	F-30	5.40	0.47	11.56	33.30	37.29	3	6	67	10	8	134	29.14
53	F-30	5.70	0.42	13.70	39.00	38.60	2	5	67	11	8	137	28.57
54	F-30	5.80	0.50	11.62	32.34	32.54	3	5	64	8	8	117	22.82

«Continuación»

55	F-30	5.90	0.32	18.44	29.36	29.66	2	9	76	12	12	134	15.70
56	F-20	5.20	0.40	12.90	40.04	42.84	3	6	78	11	9	141	49.23
57	F-20	5.20	0.44	11.78	39.77	42.03	3	7	88	14	10	191	26.31
58	F-20	5.80	0.32	18.13	36.54	38.06	2	7	71	10	16	134	35.33
59	F-20	4.60	0.35	13.07	43.67	44.20	3	7	76	10	8	161	51.90
60	F-20	4.80	0.29	16.67	31.08	36.81	3	7	81	12	10	161	26.64
61	F-21	3.00	0.38	7.81	33.08	35.74	3	6	88	13	8	153	24.34
62	F-21	5.00	0.42	11.84	39.71	43.37	2	4	98	13	9	161	27.37
63	F-21	7.00	0.26	27.34	30.19	34.06	2	8	76	11	8	134	25.43
64	F-21	5.10	0.46	11.07	31.78	38.87	2	10	83	14	12	148	29.84
65	F-21	6.50	0.47	13.72	30.87	38.63	3	7	81	12	11	153	29.85
66	F-22	4.80	0.44	10.87	34.25	39.33	2	8	78	11	8	137	32.97
67	F-22	5.50	0.41	13.43	36.44	41.52	2	8	81	11	7	168	37.41
68	F-22	5.00	0.48	10.42	36.80	43.70	4	8	64	10	10	134	44.13
69	F-22	5.20	0.49	10.69	39.85	51.10	4	6	74	8	10	141	63.94
70	F-22	5.50	0.35	15.63	34.24	39.66	2	7	81	11	8	161	36.26
71	F-23	5.30	0.48	11.04	33.57	36.17	2	6	69	11	25	191	27.33
72	F-23	4.90	0.38	12.76	35.37	38.64	2	5	83	12	11	178	33.26
73	F-23	5.30	0.40	13.36	38.13	43.53	3	9	83	10	8	134	45.67
74	F-23	5.70	0.31	18.55	41.14	48.37	3	9	71	11	9	137	55.72
75	F-23	6.60	0.64	10.31	35.21	41.86	4	7	74	10	9	178	40.50
76	F-24	5.50	0.44	12.64	30.55	38.33	3	9	81	12	9	160	26.96
77	F-24	4.90	0.50	9.82	18.22	25.86	5	11	69	10	7	134	38.80
78	F-24	6.10	0.49	12.54	38.10	39.49	2	8	69	10	10	137	41.47
79	F-24	5.50	0.45	12.28	35.44	43.56	2	12	81	9	5	153	41.60
80	F-24	5.20	0.52	9.91	30.31	35.10	2	10	74	11	10	137	20.22
81	F-49	4.10	0.29	14.24	33.20	41.61	2	13	71	11	8	134	39.97
82	F-49	5.20	0.42	12.31	39.33	50.20	4	8	64	10	11	120	55.22

«Continuación»

83	F-49	5.40	0.40	13.61	38.27	48.43	2	9	69	12	8	134	54.88
84	F-49	4.20	0.25	16.83	44.27	44.69	2	7	69	14	6	141	56.34
85	F-49	5.00	0.34	14.74	30.99	36.27	2	4	74	11	12	137	25.38
86	F-44	6.20	0.48	12.92	28.51	26.03	2	8	83	11	12	141	30.20
87	F-44	5.40	0.61	8.88	41.62	39.23	2	8	81	11	11	126	47.97
88	F-44	5.70	0.40	14.36	36.11	39.34	2	6	74	11	10	134	36.95
89	F-44	5.60	0.46	12.15	41.50	44.55	2	7	81	11	11	134	47.46
90	F-44	6.10	0.61	10.03	35.45	39.89	2	10	81	11	12	137	39.10
91	F-45	5.60	0.51	11.08	39.31	40.70	2	7	69	9	11	134	39.07
92	F-45	5.80	0.54	10.66	36.02	36.01	2	7	81	11	14	160	27.45
93	F-45	5.70	0.47	12.04	33.25	30.94	2	7	71	10	16	126	18.64
94	F-45	5.50	0.42	13.22	35.96	37.45	2	6	67	10	10	124	30.52
95	F-45	5.90	0.41	14.40	38.60	38.69	2	7	83	11	19	141	34.10
96	F-46	5.50	0.47	11.77	33.37	44.25	2	3	88	10	8	146	40.66
97	F-46	4.90	0.38	12.76	28.45	33.55	2	7	64	10	5	113	30.29
98	F-46	6.10	0.37	16.43	27.70	34.30	2	8	64	7	12	124	24.80
99	F-46	5.38	0.35	15.28	24.08	28.98	2	7	81	10	21	141	11.76
100	F-46	5.00	0.39	12.70	34.75	46.50	2	8	67	9	15	126	43.93
101	F-47	5.60	0.35	15.91	35.28	41.39	2	7	69	11	8	141	37.83
102	F-47	5.90	0.52	11.38	37.97	42.98	2	8	67	10	9	124	41.98
103	F-47	5.60	0.41	13.67	22.88	26.17	2	8	69	11	13	130	30.45
104	F-47	5.20	0.29	17.66	34.52	38.06	2	8	69	10	8	134	35.39
105	F-47	5.40	0.29	18.75	35.69	37.08	2	6	71	11	14	126	31.29
106	F-48	5.00	0.51	9.77	36.80	36.94	3	3	57	9	8	134	29.53
107	F-48	5.70	0.40	14.36	33.77	39.43	3	2	67	8	6	130	18.72
108	F-48	4.50	0.26	17.15	32.98	41.51	2	6	64	9	11	117	30.00
109	F-48	6.00	0.61	9.77	34.88	39.96	2	2	64	8	9	113	33.44
110	F-48	4.60	0.32	14.38	34.81	36.32	2	7	64	10	8	120	26.28

«Continuación»

111	F-73	5.20	0.38	13.54	41.70	40.20	2	6	81	6	8	130	22.09
112	F-73	5.30	0.38	14.04	35.62	34.44	2	7	69	11	9	126	25.32
113	F-73	5.00	0.31	16.28	29.14	33.24	2	8	71	11	11	137	20.24
114	F-73	5.10	0.38	13.28	42.76	32.77	2	6	74	8	8	130	29.08
115	F-73	6.30	0.46	13.67	32.93	34.89	2	5	81	11	7	134	26.61
116	F-62	4.95	0.54	9.21	37.99	34.43	2	6	88	10	7	129	29.80
117	F-62	3.60	0.45	8.04	40.45	35.31	2	6	81	11	9	137	38.57
118	F-62	6.10	0.28	22.06	40.79	41.38	2	6	74	11	3	153	43.93
119	F-62	5.40	0.49	11.10	38.83	39.75	2	6	78	10	26	153	35.14
120	F-62	4.70	0.42	11.30	41.91	40.77	2	7	78	12	9	148	45.39
121	F-63	5.90	0.31	18.81	47.44	40.46	2	9	74	11	10	138	48.74
122	F-63	4.80	0.50	9.62	36.79	34.77	2	7	71	9	12	130	26.87
123	F-63	5.50	0.35	15.63	39.52	38.39	2	9	74	9	10	141	39.36
124	F-63	4.00	0.23	17.36	38.63	31.59	2	8	76	7	10	160	24.08
125	F-63	5.60	0.36	15.63	35.75	33.52	2	11	64	8	15	122	35.52
126	F-65	6.10	0.56	10.96	28.55	31.10	2	10	69	9	6	130	25.30
127	F-65	6.40	0.47	13.70	38.34	43.42	2	9	67	9	17	130	45.90
128	F-65	6.10	0.51	11.91	36.60	42.45	2	8	81	11	9	191	30.86
129	F-65	4.50	0.33	13.79	37.25	37.59	2	8	81	10	14	141	32.71
130	F-65	4.40	0.31	14.32	32.52	34.45	2	6	69	10	7	137	33.69
131	F-66	6.00	0.52	11.43	32.89	42.72	4	12	71	9	28	134	41.16
132	F-66	4.70	0.40	11.84	41.35	45.29	2	10	57	10	7	122	30.68
133	F-66	5.80	0.36	15.90	32.80	37.75	2	3	64	7	14	126	32.00
134	F-66	4.00	0.48	8.33	43.50	49.65	4	6	64	7	10	122	81.96
135	F-66	6.20	0.48	12.92	43.30	42.46	2	10	67	8	9	124	27.82
136	F-86	6.40	0.26	25.00	29.30	29.22	2	3	110	9	10	167	16.82
137	F-86	4.60	0.42	11.06	24.55	24.93	2	6	78	11	9	134	9.90
138	F-86	5.50	0.67	8.18	32.03	36.89	3	7	76	11	8	141	26.28

«Continuación»

139	F-86	5.70	0.42	13.70	41.01	38.01	3	7	74	9	12	134	37.10
140	F-86	5.00	0.35	14.20	38.41	45.04	3	8	83	10	10	141	45.38
141	F-87	3.90	0.46	8.46	26.57	26.42	2	6	74	10	14	130	31.28
142	F-87	5.20	0.40	12.90	40.16	42.14	2	12	67	8	15	130	43.82
143	F-87	4.90	0.30	16.29	28.67	30.38	2	11	85	13	9	141	15.81
144	F-87	6.90	0.31	22.46	33.91	34.68	2	10	81	13	15	153	29.52
145	F-87	4.50	0.29	15.63	40.71	45.49	2	10	64	12	9	134	53.86
146	F-88	5.10	0.34	15.04	34.37	40.86	2	9	74	12	11	141	23.92
147	F-88	4.90	0.32	15.31	29.01	23.55	2	4	102	11	7	167	26.09
148	F-88	5.00	0.56	8.98	38.82	45.02	2	8	67	10	10	122	48.56
149	F-88	5.60	0.54	10.29	32.90	33.65	2	8	97	10	8	191	41.46
150	F-88	5.10	0.51	9.96	34.61	35.10	2	8	83	8	13	153	28.00
151	F-89	5.60	0.42	13.26	32.08	43.60	2	9	69	12	14	134	23.87
152	F-89	5.10	0.53	9.60	38.77	39.53	2	11	69	10	10	134	28.48
153	F-89	4.90	0.26	19.14	35.78	32.86	2	10	88	11	10	134	26.08
154	F-89	5.30	0.52	10.10	33.35	33.24	2	9	74	10	13	148	23.42
155	F-89	4.50	0.31	14.65	20.17	24.77	2	10	81	9	9	153	7.75
156	F-90	5.70	0.42	13.70	38.30	38.77	2	5	64	9	26	113	29.08
157	F-90	5.00	0.30	16.62	45.93	48.30	2	10	74	11	16	130	65.89
158	F-90	4.00	0.26	15.63	27.02	30.23	2	9	64	9	18	116	17.28
159	F-90	5.50	0.42	13.22	17.59	18.33	2	11	71	9	13	122	11.02
160	F-90	5.40	0.44	12.41	30.64	36.97	2	8	67	11	16	124	22.11

Nota: 160 accesiones medidas a partir de 12 variables cuantitativas: SST = Sólido soluble total (°Brix); AT = % Acidez titulable; SST/AT = Índice de madurez; LF = Longitud del fruto (mm); AF = Ancho del fruto (mm); NL= Número de lóculos; NI = Número de inflorescencias; NDF =Número de días a la floración; NHPI= Número de hojas en la primera floración; NFI = Número de flores por inflorescencia; NDM =Número de días hasta la madurez; PF= Peso del fruto (g).

Anexo 6: Análisis descriptivo de variables cuantitativas y estadísticos simples en poblaciones de tomate (*Solanum lycopersicum*) orgánico, estudiadas en el Huerto UNALM

Variable	Mín.	Máx.	\bar{X}	Me	(S)	(S ²)	Q1	Q3	r	CV (%)
SST	3.00	7.00	5.18	5.20	0.73	0.53	4.80	5.60	4.00	14.04
AT	0.10	0.67	0.40	0.41	0.10	0.01	0.32	0.48	0.58	25.91
SST/AT	6.75	52.08	13.79	12.92	4.73	22.33	11.12	15.55	45.34	34.26
LF	15.18	63.02	36.86	35.99	7.78	60.47	32.82	40.13	47.84	21.10
AF	16.56	72.73	39.63	38.72	8.30	68.92	34.94	43.41	56.17	20.95
NL	2.00	8.00	2.64	2.00	1.26	1.58	2.00	3.00	6.00	47.63
NI	2.00	15.00	7.78	8.00	2.43	5.91	6.00	9.00	13.00	31.27
NDF	53.00	110.00	73.91	71.00	9.09	82.69	67.00	81.00	57.00	12.30
NHPI	6.00	14.00	10.24	10.00	1.67	2.79	9.00	11.00	8.00	16.30
NFI	1.00	50.00	10.94	9.00	5.65	31.90	8.00	12.00	49.00	51.64
NDM	113.00	198.00	142.16	137.00	19.05	362.78	131.00	153.00	85.00	13.40
PF	2.33	155.74	39.49	32.91	24.19	584.93	26.62	45.28	153.41	61.25

Nota. SST= Solido soluble total; AT= Acidez titulable; SST/AT= índice de madurez; LF= longitud de fruto; AF= ancho de fruto; NL= Número de lóculos; NI= Numero de inflorescencia; NDF= Número de días a la floración; NHPI= Numero de hojas en la primera inflorescencia; NFI= Numero de flores por inflorescencia; NDM= Número de días a la madurez; PF= peso de fruto; Min = mínimo valor; Max = máximo valor; \bar{X} = media aritmética; Me = mediana; S = Desviación estándar; S² = varianza; Q1 = primer cuartil; Q3 = tercer cuartil; r = rango de variación y CV (%) = coeficiente de variación.

Anexo 7: Prueba de Normalidad de errores, homogeneidad de varianzas de errores y modelo estadístico adecuado para cada variable cuantitativa del tomate (*Solanum lycopersicum*)

Variable	Normalidad (Lilliford)	Condición de hipótesis	Homogeneidad (Levene)	Condición de hipótesis	Tipo de prueba	Modelo estadístico
SST	0.3394	Acepta Ho	0.3895	Acepta Ho	Paramétrica	ANOVA
AT	0.7479	Acepta Ho	0.888	Acepta Ho	Paramétrica	ANOVA
SST/AT	2.45E-08	Rechaza Ho	0.6584	Acepta Ho	No paramétrica	Kruskall-Wallis
LF	0.01318	Rechaza Ho	0.6111	Acepta Ho	No paramétrica	Kruskall-Wallis
AF	3.50E-01	Rechaza Ho	0.4112	Acepta Ho	No paramétrica	Kruskall-Wallis
NL	< 2.2E-16	Rechaza Ho	0.1127	Acepta Ho	No paramétrica	Kruskall-Wallis
NI	0.005368	Rechaza Ho	0.7713	Acepta Ho	No paramétrica	Kruskall-Wallis
NDF	0.1319	Acepta Ho	0.3047	Acepta Ho	Paramétrica	ANOVA
NHPI	8.31E-02	Rechaza Ho	0.9269	Acepta Ho	No paramétrica	Kruskall-Wallis
NFI	1.66E-08	Rechaza Ho	0.2113	Acepta Ho	No paramétrica	Kruskall-Wallis
NDM	0.000301	Rechaza Ho	0.2903	Acepta Ho	No paramétrica	Kruskall-Wallis
PF	0.0006357	Rechaza Ho	0.00322	Rechaza Ho	No paramétrica	-
PF _t =PF ^{0.3030303}	0.4462	Acepta Ho	0.3338	Acepta Ho	Paramétrica	ANOVA

Anexo 8: Resumen de resultados de ANOVA que compara 32 familias con 160 individuos de tomate

SST	GL	SSC	SCM	F-valor	p-valor	Significancia
Familia	31	21.7	0.7	1.438	0.0836	.
Residuos	128	62.33	0.4869			
CV (%)	13.47903					
AT	GL	SSC	SCM	F-valor	p-valor	Significancia
Familia	31	0.4668	0.01506	1.53	0.0529	.
Residuos	128	1.2595	0.00984			
CV (%)	24.66918					
NDF	GL	SSC	SCM	F-valor	p-valor	Significancia
Familia	31	6337	204.41	3.842	4.09E-08	***
Residuos	128	6811	53.21			
CV (%)	9.869904					
PFt = PF^{0.3030303}	GL	SSC	SCM	F-valor	p-valor	Significancia
Familia	31	19.95	0.6434	5.242	1.04E-11	***
Residuals	128	15.71	0.1227			
CV (%)	11.8443					

Nota. GL= grados de libertad; SSC = suma de cuadrados; SCM = suma de cuadrados medios; CV (%) = coeficiente de variación.

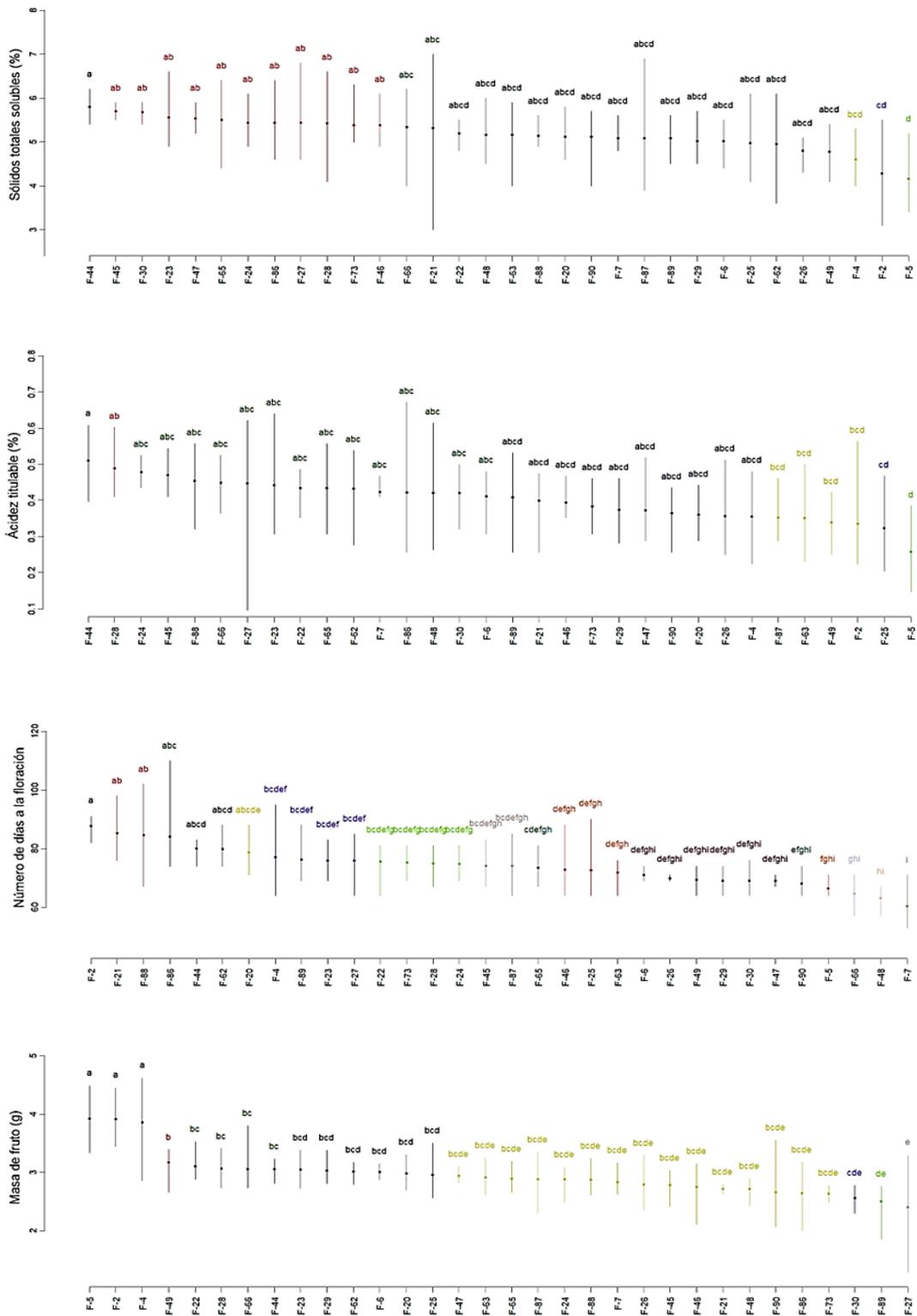
Anexo 9: Pruebas de significancia por el método de Duncan

Prueba de Duncan											
Familia	SST	Grupo	Familia	AT	Grupo	Familia	NDF	Grupo	Familia	PF ^{0.3030303}	Grupo
F-44	5.8	a	F-44	0.51072	a	F-2	87.8	a	F-5	3.9271	a
F-45	5.7	ab	F-28	0.48896	ab	F-21	85.2	ab	F-2	3.9144	a
F-30	5.68	ab	F-24	0.47872	abc	F-88	84.6	ab	F-4	3.8614	a
F-23	5.56	ab	F-45	0.46976	abc	F-86	84.2	abc	F-49	3.1705	b
F-47	5.54	ab	F-88	0.4544	abc	F-44	80	abcd	F-22	3.1052	bc
F-65	5.5	ab	F-66	0.44928	abc	F-62	79.8	abcd	F-28	3.0648	bc
F-24	5.44	ab	F-27	0.448	abc	F-20	78.8	abcde	F-66	3.0611	bc
F-86	5.44	ab	F-23	0.4416	abc	F-4	77	bcdef	F-44	3.0567	bc
F-27	5.44	ab	F-22	0.43392	abc	F-89	76.2	bcdef	F-23	3.0503	bcd
F-28	5.42	ab	F-65	0.43392	abc	F-23	76	bcdef	F-29	3.0371	bcd
F-73	5.38	ab	F-62	0.432896	abc	F-27	76	bcdef	F-62	3.0173	bcd
F-46	5.376	ab	F-7	0.42368	abc	F-22	75.6	bcdefg	F-6	3.0057	bcd
F-66	5.34	abc	F-86	0.4224	abc	F-73	75.2	bcdefg	F-20	2.9818	bcd
F-21	5.32	abc	F-48	0.42112	abc	F-28	75	bcdefg	F-25	2.9618	bcd
F-22	5.2	abcd	F-30	0.42112	abc	F-24	74.8	bcdefg	F-47	2.9423	bcde
F-48	5.16	abcd	F-6	0.41088	abc	F-45	74.2	bcdefgh	F-63	2.9147	bcde
F-63	5.16	abcd	F-89	0.40832	abcd	F-87	74.2	bcdefgh	F-65	2.8916	bcde
F-88	5.14	abcd	F-21	0.39936	abcd	F-65	73.4	cdefgh	F-87	2.8854	bcde
F-20	5.12	abcd	F-46	0.3936	abcd	F-46	72.8	defgh	F-24	2.8835	bcde
F-90	5.12	abcd	F-73	0.38272	abcd	F-25	72.6	defgh	F-88	2.8768	bcde
F-7	5.08	abcd	F-29	0.37376	abcd	F-63	71.8	defgh	F-7	2.8322	bcde
F-87	5.08	abcd	F-47	0.37248	abcd	F-6	71	defghi	F-26	2.7981	bcde
F-89	5.08	abcd	F-90	0.3648	abcd	F-26	69.8	defghi	F-45	2.7846	bcde

«Continuación»

F-29	5.02	abcd	F-20	0.36096	abcd	F-49	69.4	defghi	F-46	2.7574	bcde
F-6	5.02	abcd	F-26	0.35712	abcd	F-29	69	defghi	F-21	2.7240	bcde
F-25	4.98	abcd	F-4	0.35584	abcd	F-30	69	defghi	F-48	2.7223	bcde
F-62	4.95	abcd	F-87	0.352	bcd	F-47	69	defghi	F-90	2.6661	bcde
F-26	4.8	abcd	F-63	0.35072	bcd	F-90	68	efghi	F-86	2.6429	bcde
F-49	4.78	abcd	F-49	0.3392	bcd	F-5	66.4	fghi	F-73	2.6369	bcde
F-4	4.6	bcd	F-2	0.33536	bcd	F-66	64.6	ghi	F-30	2.5638	cde
F-2	4.28	cd	F-25	0.32256	cd	F-48	63.2	hi	F-89	2.5042	de
F-5	4.16	d	F-5	0.25728	d	F-7	60.4	i	F-27	2.4063	e

Anexo 10: Gráficos de Barras Duncan



Anexo 11: Resumen de resultados de Kruskal-Wallis que compara 32 familias con 160 individuos de tomate

Variable	SST/AT	LF	AF	NL	NI	NHPI	NFI	NDM
p-value	0.4794	0.0001608	0.001013	6.14E-07	1.97E-05	3.86E-04	4.11E-03	3.35E-05

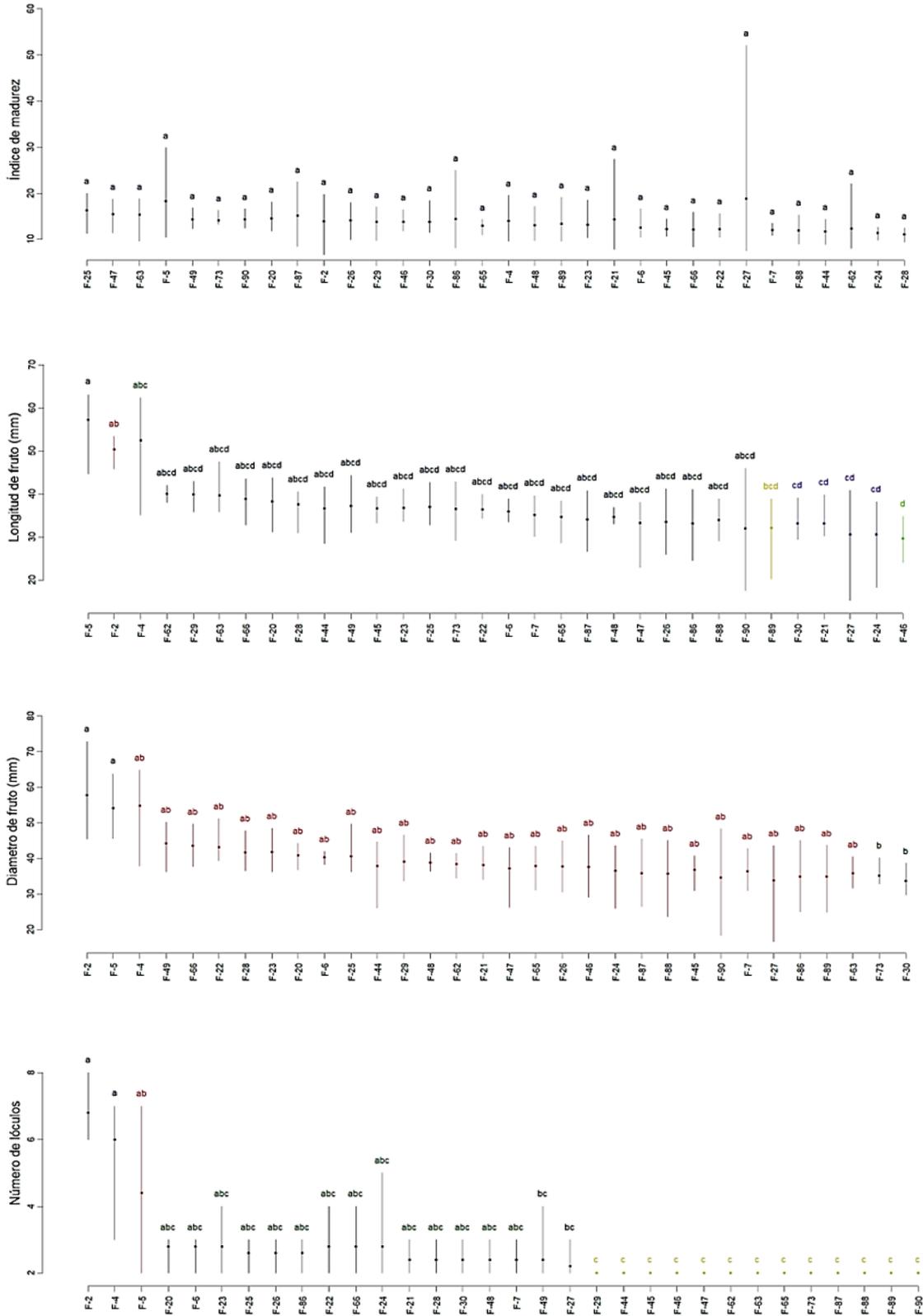
Anexo 12: Pruebas de significancia por el método de Bonferroni

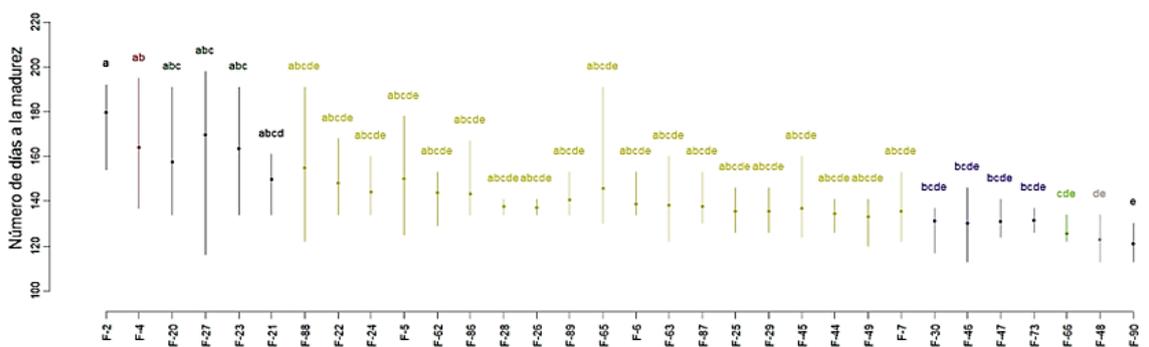
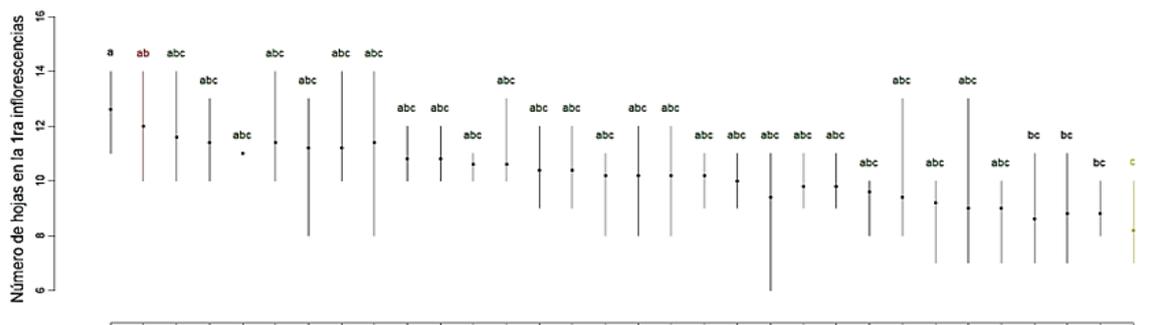
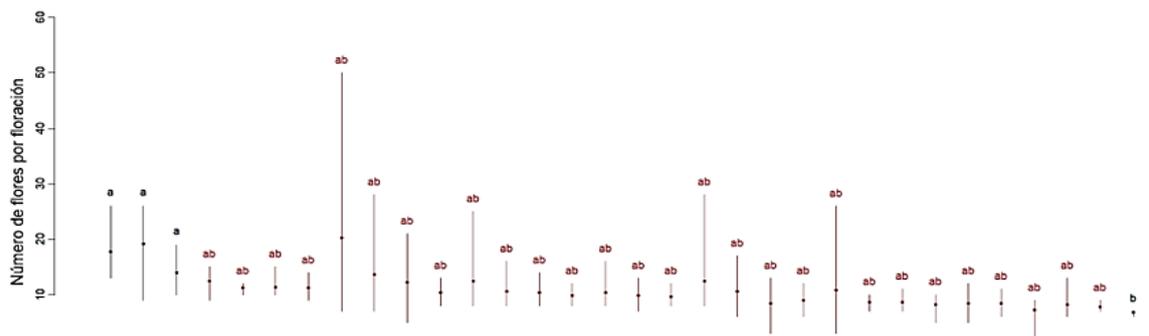
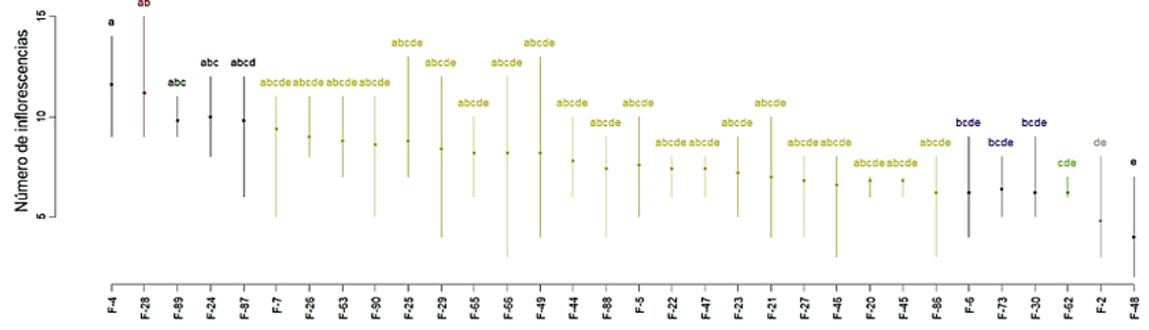
Prueba de Bonferroni											
Familia	SST/AT	Grupo	Familia	LF	Grupo	Familia	AF	Grupo	Familia	NL	Grupo
F-25	118.5	a	F-5	155	a	F-2	149.8	a	F-2	155.4	a
F-47	110.8	a	F-2	150.2	ab	F-5	148.8	a	F-4	149.2	a
F-63	109.6	a	F-4	137.4	abc	F-4	136.4	ab	F-5	129.9	ab
F-5	108.2	a	F-62	118.2	abcd	F-49	116.2	ab	F-20	110.5	abc
F-49	102.2	a	F-29	116	abcd	F-66	115.6	ab	F-6	110.5	abc
F-73	101	a	F-63	106.4	abcd	F-22	111.4	ab	F-23	100.5	abc
F-90	100.9	a	F-66	99.2	abcd	F-28	100.4	ab	F-25	96.5	abc
F-20	99.1	a	F-20	98.8	abcd	F-23	100.2	ab	F-26	96.5	abc
F-87	98.7	a	F-28	93.8	abcd	F-20	95.5	ab	F-86	96.5	abc
F-2	93.2	a	F-44	87.2	abcd	F-6	91.6	ab	F-22	90.5	abc
F-26	92.7	a	F-49	86.2	abcd	F-25	86.4	ab	F-66	90.5	abc
F-29	91	a	F-45	84.8	abcd	F-44	79.6	ab	F-24	87.5	abc
F-46	91	a	F-23	84.7	abcd	F-29	78.6	ab	F-21	82.5	abc
F-30	89.6	a	F-25	84	abcd	F-48	78	ab	F-28	82.5	abc
F-86	80	a	F-73	82.2	abcd	F-62	73.8	ab	F-30	82.5	abc
F-65	79.2	a	F-22	81.9	abcd	F-21	71.4	ab	F-48	82.5	abc
F-4	79.1	a	F-6	78	abcd	F-47	71.1	ab	F-7	82.5	abc
F-48	77.5	a	F-7	69.3	abcd	F-65	70.4	ab	F-49	72.5	bc
F-89	76.6	a	F-65	66.7	abcd	F-26	70	ab	F-27	68.5	bc
F-23	73.9	a	F-87	65	abcd	F-46	67.8	ab	F-29	54.5	c
F-21	71.4	a	F-48	64.1	abcd	F-24	66.5	ab	F-44	54.5	c
F-6	67.2	a	F-47	61.6	abcd	F-87	62	ab	F-45	54.5	c
F-45	65.3	a	F-26	61.3	abcd	F-88	61.1	ab	F-46	54.5	c
F-66	64.5	a	F-86	58.2	abcd	F-45	60.2	ab	F-47	54.5	c
F-22	60.7	a	F-88	57.8	abcd	F-90	59.8	ab	F-62	54.5	c
F-27	60.4	a	F-90	57	abcd	F-7	57.8	ab	F-63	54.5	c
F-7	59.6	a	F-89	54.4	bcd	F-27	55	ab	F-65	54.5	c
F-88	57.3	a	F-30	48.8	cd	F-86	54.4	ab	F-73	54.5	c
F-44	56.2	a	F-21	48.4	cd	F-89	53.9	ab	F-87	54.5	c
F-62	50.2	a	F-27	46.4	cd	F-63	51.4	ab	F-88	54.5	c
F-24	49.2	a	F-24	44.2	cd	F-73	44.1	b	F-89	54.5	c
F-28	41.2	a	F-46	28.8	d	F-30	36.8	b	F-90	54.5	c
F-4	143	a	F-21	141.2	a	F-90	143.4	a	F-2	149.8	a
F-28	137.3	ab	F-2	128.3	ab	F-6	134.8	a	F-4	128.9	ab
F-89	127.6	abc	F-49	117.5	abc	F-45	125	a	F-20	119	abc
F-24	126.7	abc	F-6	116	abc	F-87	110	ab	F-27	119	abc
F-87	119.3	abcd	F-44	111.5	abc	F-44	108.4	ab	F-23	118.2	abc
F-7	114.7	abcde	F-20	109	abc	F-63	106.4	ab	F-21	113.3	abcd
F-26	109.1	abcde	F-87	104.8	abc	F-89	102.6	ab	F-88	107.5	abcde
F-63	104.7	abcde	F-25	103.6	abc	F-26	102	ab	F-22	106.5	abcde
F-90	100.1	abcde	F-27	102.4	abc	F-66	95	ab	F-24	98.2	abcde

«Continuación»

F-25	96.2	abcde	F-23	99.9	abc	F-46	91.1	ab	F-5	97.6	abcde
F-29	95.1	abcde	F-62	99.9	abc	F-4	89.9	ab	F-62	96.7	abcde
F-65	92.1	abcde	F-47	94.5	abc	F-23	89.1	ab	F-86	93.9	abcde
F-66	91.4	abcde	F-26	85.1	abc	F-20	88.3	ab	F-28	84.5	abcde
F-49	86.6	abcde	F-24	84.8	abc	F-47	83.4	ab	F-26	84	abcde
F-44	81.2	abcde	F-89	84.8	abc	F-86	83.1	ab	F-89	83.9	abcde
F-88	79	abcde	F-22	84.2	abc	F-30	78.6	ab	F-65	82.7	abcde
F-5	78.1	abcde	F-30	81.1	abc	F-88	78.2	ab	F-6	79.6	abcde
F-22	72.7	abcde	F-88	81.1	abc	F-21	76.6	ab	F-63	76.4	abcde
F-47	72.7	abcde	F-45	79.4	abc	F-27	76.5	ab	F-87	72	abcde
F-23	68.7	abcde	F-86	72.8	abc	F-65	76.4	ab	F-25	68.6	abcde
F-21	65.7	abcde	F-73	70.6	abc	F-5	66.7	ab	F-29	68.6	abcde
F-27	62.2	abcde	F-90	66.2	abc	F-49	64.7	ab	F-45	68.5	abcde
F-46	60.9	abcde	F-65	64.3	abc	F-62	64	ab	F-44	66.7	abcde
F-20	55	abcde	F-28	58.7	abc	F-22	58.7	ab	F-49	63.3	abcde
F-45	55	abcde	F-4	51.3	abc	F-73	57.4	ab	F-7	63	abcde
F-86	50	abcde	F-46	49.7	abc	F-24	56.2	ab	F-30	53.8	bcde
F-6	48.2	bcde	F-7	45.2	abc	F-28	56.1	ab	F-46	52.8	bcde
F-73	47.8	bcde	F-29	43.1	abc	F-48	55.2	ab	F-47	48.5	bcde
F-30	44.7	bcde	F-5	41.8	bc	F-7	51	ab	F-73	48.2	bcde
F-62	40	cde	F-63	41.3	bc	F-25	47.7	ab	F-66	25.5	cde
F-2	29.5	de	F-48	35.2	bc	F-29	40.2	ab	F-48	22.3	de
F-48	20.7	e	F-66	26.7	c	F-2	19.3	b	F-90	14.5	e

Anexo 13: Gráfico de barras Bonferroni

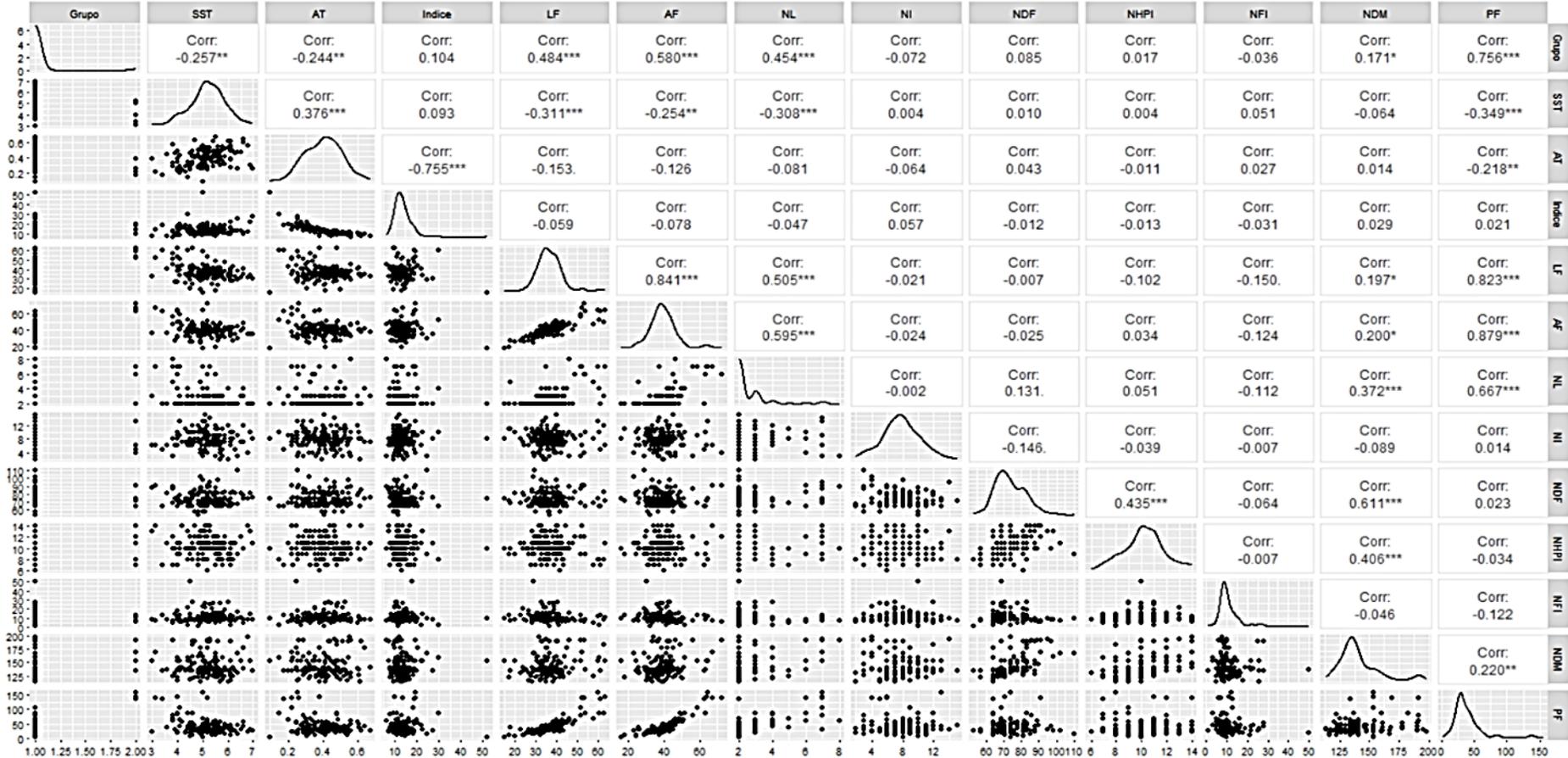




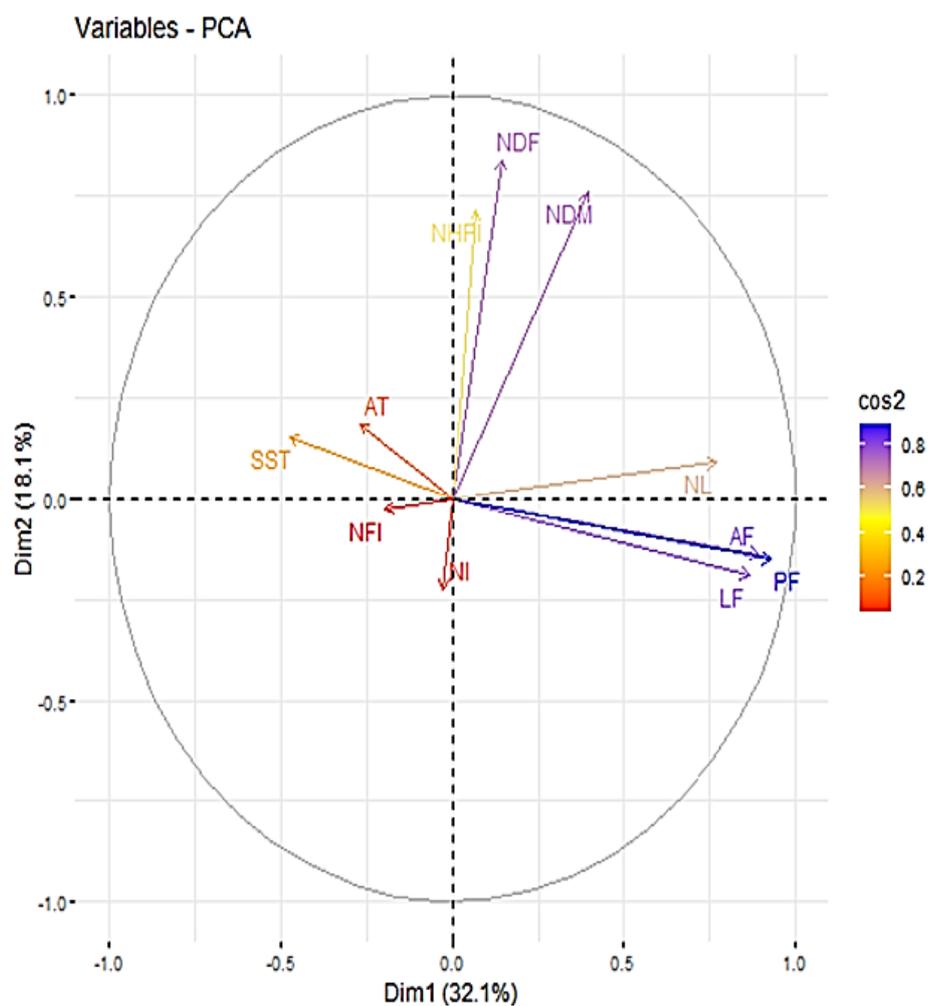
Anexo 14: Medida de la adecuación de la muestra por KMO

SST	AT	LF	AF	NL	NI
0.73	0.59	0.8	0.74	0.81	0.5
NDF	NHPI	NFI	NDN	PF	MSA
0.6	0.55	0.8	0.66	0.78	0.73

Anexo 15: Matriz de correlaciones en poblaciones de tomate (*Solanum lycopersicum*)



Anexo 16: Representación gráfica del \cos^2 de las variables cuantitativas originales en poblaciones de tomate (*Solanum lycopersicum*) sobre el primero y segundo componente principal



Anexo 17: Numero de clúster con su respectivo índice de valor por cada método

Método	Número de clúster	Índice de valor	Método	Número de clúster	Índice de valor
KL	9	5.66	Beale	2	-4.84
CH	2	45.3	Ratkowsky	3	0.296
Hartigan	3	8.1	Ball	3	278
CCC	9	-0.851	PtBiserial	2	0.666
Scott	3	136	Gap	2	-0.0727
Marriot	7	2.03632E+21	Frey	2	9.59
TrCovW	3	5285	McClain	2	0.104
TraceW	3	67.8	Gamma	2	0.877
Friedman	5	2.71	Gplus	2	105
Rubin	9	-0.0862	Tau	2	1505
Cindex	8	0.276	Dunn	2	0.251
DB	2	1.18	Hubert	0	0
Silhouette	2	0.437	SDindex	2	1.48
Duda	2	3.39	Dindex	0	0
PseudoT2	2	-59.9	SDbw	10	0.583

Anexo 18: Frecuencia y porcentaje de probabilidad por número de clúster

Número de clúster	Número de pruebas	Probabilidad (%)
9	3	10.00
2	15	50.00
3	6	20.00
7	1	3.33
5	1	3.33
8	1	3.33
0	2	6.67
10	1	3.33

Anexo 19: Nivel de significancia del coeficiente de correlación entre variables

Orden	lhs	op	rhs	est	se	z	p-value	ci.lower	ci.upper	std.lv	std.all	std.nox	Significancia
1	Calidad	=~	SST	1.000	0.000	NA	NA	1.000	1.000	0.537	0.741	0.741	-
2	Calidad	=~	AT	0.098	0.031	3.149	0.002	0.037	0.160	0.053	0.508	0.508	***
3	Atributos	=~	AF	1.000	0.000	NA	NA	1.000	1.000	7.865	0.950	0.950	-
4	Atributos	=~	LF	0.872	0.046	18.910	0.000	0.782	0.962	6.857	0.885	0.885	***
5	Atributos	=~	NI	-0.004	0.025	-0.150	0.881	-0.053	0.045	-0.029	-0.012	-0.012	NS
6	PF	~	Calidad	-6.252	2.823	-2.214	0.027	-11.785	-0.718	-3.355	-0.139	-0.139	**
7	PF	~	Atributos	2.683	0.146	18.396	0.000	2.397	2.969	21.102	0.875	0.875	***
8	SST	~~	SST	0.237	0.092	2.592	0.010	0.058	0.417	0.237	0.452	0.452	***
9	AT	~~	AT	0.008	0.001	6.496	0.000	0.006	0.010	0.008	0.742	0.742	***
10	AF	~~	AF	6.635	1.659	4.000	0.000	3.384	9.886	6.635	0.097	0.097	***
11	LF	~~	LF	13.069	1.846	7.080	0.000	9.452	16.687	13.069	0.217	0.217	***
12	NI	~~	NI	5.874	0.657	8.944	0.000	4.586	7.161	5.874	1.000	1.000	***
13	PF	~~	PF	72.550	14.303	5.073	0.000	44.518	100.583	72.550	0.125	0.125	***
14	Calidad	~~	Calidad	0.288	0.102	2.822	0.005	0.088	0.488	1.000	1.000	1.000	***
15	Atributos	~~	Atributos	61.857	7.765	7.966	0.000	46.639	77.076	1.000	1.000	1.000	***
16	Calidad	~~	Atributos	-1.556	0.474	-3.283	0.001	-2.484	-0.627	-0.369	-0.369	-0.369	***