UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS DE GRADO

DIVERSIDAD FENOTÍPICA DE LA COLECCIÓN DE TOMATE A TRAVÉS DE FENOTIPADO CONVENCIONAL Y DIGITAL

Por:

Deisy Ximena Quispe Blanco

EL ALTO – BOLIVIA

Diciembre, 2024

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

DIVERSIDAD FENOTÍPICA DE LA COLECCIÓN DE TOMATE A TRAVÉS DE FENOTIPADO CONVENCIONAL Y DIGITAL

Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniera Agrónoma

Deisy Ximena Quispe Blanco

Asesores:

Lic. Ing. Gonzalo Quispe Choque .....

Lic. Ing. Félix Marza Mamani .....

Tribunal Revisor:

Lic. Ing. Soledad Chavez Vino .....

Lic. Ing. Paulino Bruno Condori Ali .....

Lic. Ing. Jaime Boris Goyochea Zambrana .....

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador .....

DEDICATORIA:

A mis queridos padres que los respeto y admiro mucho Simón Quispe Aruquipa y Lourdez Blanco Aduviri, gracias a su incondicional apoyo en mi formación profesional.

A quienes me acompañaron y brindaron su apoyo y comprensión sincera durante los momentos de inquietud.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Pública de El Alto, Carrera de Ingeniería Agronómica del Área de Ciencias Agrícolas Pecuarias y Recursos Naturales, por contribuir a mi formación profesional.

Al Centro nacional de producción de semilla de hortalizas (CNPSH) perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), por darme la oportunidad de realizar el trabajo de investigación.

A mis Padres Simón Quispe y Lourdez Blanco, y hermanos por su apoyo incondicional durante la realización de esta Tesis, por su paciencia y por no escatimar en palabras de ánimo.

A mis asesores Ing. Gonzalo Quispe Choque y Dr. Félix Marza Mamani, quienes me orientaron en mi trabajo experimental y documental durante el transcurso de mi tesis y por compartir conmigo sus conocimientos y experiencias.

A mis tribunales revisores: Ing. Soledad Chavez Vino, Dr. Paulino Bruno Condori Ali e Ing. Jaime Boris Goyochea Zambrana, quienes aportaron su tiempo para la revisión de este trabajo.

A la M.Sc. Silene Veramendi e Ing. Dania Llave por compartir sus técnicas y conocimientos para orientarme en el trabajo de Caracterización.

Agradecer a todos mis amigos que han estado a mi lado y que han contribuido a mi crecimiento personal y profesional que han estado trabajando conmigo en campo, laboratorio y en la toma de fotografías, apoyarme en los momentos de preocupaciones o frustraciones. Gracias por estar presentes y compartir el día a día.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS i
ÍNDICE DE CUADROS v
ÍNDICE DE FIGURAS vi
ÍNDICE DE ANEXOS ix
ABREVIATURAS x
RESUMEN xi
ABSTRACT xii

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Antecedentes 1
1.2. Planteamiento del problema 2
1.3. Justificación 2
1.4. Objetivos 3
1.4.1. Objetivo general 3
1.4.2. Objetivos específicos 3
1.5. Hipótesis 3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 4
2.1. Origen de (*Solanum* spp) 4
2.2. Distribución Geográfica y diversidad genética 4
2.3. Botánica del cultivo 4
2.4. Recursos fitogenéticos y bancos de germoplasma de Bolivia 5
2.5. Erosión genética e importancia de la conservación de recursos fitogenéticos 5
2.6. Conservación in situ y ex situ de los recursos genéticos 6
2.7. Parientes silvestres del tomate como fuente para mejoramiento 6

2.8. Caracterización Morfológica 7
2.9. Descriptores 7
2.10. Plataformas de fenotipado de alto rendimiento (HTPP) 8
2.11. Tomato Analyzer 8
2.12. Estadística descriptiva 8
2.13. Coeficiente De Correlación Muestral De Pearson 9
2.14. Análisis multivariado 9
2.15. Análisis de componentes principales 10
2.16. Análisis de agrupamiento 10
2.17. Método de grupos de pares no ponderados utilizando medias aritméticas (UPGMA) 10
3. MATERIALES Y MÉTODOS 11
3.1. Localización 11
3.1.1. Ubicación Geográfica 11
3.2. Materiales 11
3.2.1. De Laboratorio 11
3.2.2. De Campo 12
3.2.3. De Gabinete 12
3.2.4. Material genético 12
3.3. Metodología 14
3.3.1. Metodología en Campo 14
3.3.1.1. Procedimiento experimental 14
3.3.2. Metodología para el Análisis con el software Tomato Analyzer 17
3.3.3. Metodología para Pruebas de germinación 17
3.3.4. Diseño experimental 18
3.3.5. Variables de respuesta 19
3.3.5.1. Variables cuantitativas 19

3.3.5.2. Variables cualitativas 23

3.3.5.3. Descriptor de Tomato Analyzer 35

3.3.6. Análisis estadístico 42

3.3.7. Análisis estadístico Univariado 42

3.3.7.1. Análisis descriptivo 42

3.3.7.2. Diagrama de caja y bigotes 42

3.3.7.3. Análisis de frecuencias 43

3.3.8. Análisis estadístico multivariado 43

3.3.8.1. Análisis de correlación 43

3.3.8.2. Análisis de componentes principales (PCA) 43

3.3.8.3. Análisis de correspondencia múltiple (MCA) 43

3.3.8.4. Análisis clúster 44

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 45

4.1. Condición Ambiental 45

4.2. Análisis de estadística descriptiva univariada 46

4.2.1. Análisis descriptivo para variables cuantitativas evaluadas con descriptores convencionales (IPGRI y UPOV) 46

4.2.2. Análisis descriptivo para variables cuantitativas evaluadas con el descriptor de alto rendimiento Tomato Analyzer 47

4.2.3. Diagrama boxplot para el análisis de variabilidad morfológica 50

4.2.4. Análisis descriptivo para variables cualitativas evaluadas con descriptores convencionales (IPGRI y UPOV) 53

4.3. Análisis de estadística descriptiva multivariada 55

4.3.1. Matriz de correlación y dispersión 55

4.3.2. Análisis de componentes principales para 21 variables cuantitativas evaluadas con descriptores convencionales 57

4.3.3. Análisis de componentes principales para variables agronómicas evaluadas con el software Tomato Analyzer 59

4.3.4. Análisis de correspondencia múltiple para variables categóricas evaluadas con descriptores convencionales (IPGRI y UPOV) 60

4.3.5. Análisis de correspondencia múltiple para 36 variables categóricas evaluadas con descriptores convencionales (IPGRI y UPOV) 61

4.3.6. Análisis de agrupamiento jerárquico de las 61 accesiones 63

5. CONCLUSIONES 70

6. RECOMENDACIONES 72

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 73

8. ANEXOS 82

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Material genético 12

Cuadro 2. Estadística descriptiva para variables cuantitativas evaluadas con descriptores convencionales 46

Cuadro 3. Estadística descriptiva para variables cuantitativas evaluadas con el software Tomato Analyzer 48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a) Preparación y esterilización del sustrato, y b) Almacigado y repique 14

Figura 2. a) Limpieza y desinfección del ambiente protegido, y b) Preparación y trasplante de accesiones de tomate 15

Figura 3. a) Tutorado, b) Poda de formación y de mantenimiento, y c) Cosecha. 16

Figura 4. Análisis con el software Tomato Analyzer 17

Figura 5. Metodología para Pruebas de germinación 18

Figura 6. a) Longitud de la hoja primaria (LHP), b) Ancho de la hoja primaria (AHP), y c) Longitud de la enredadera (LE). 19

Figura 7. a) Longitud de pétalo (LDP), y b) Longitud de sépalo (LS), y c) Longitud de estambre (LDE). 20

Figura 8. a) Peso del fruto (PF), b) Longitud del fruto (LF), y c) Ancho del fruto (AF)... 21

Figura 9. a) Longitud del pedicelo (LP), b) Longitud del pedicelo desde la capa de la absición (LPCA), c) Ancho de la cicatriz del pedicelo (ACP), y d) Tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz (TZCAC). 21

Figura 10. a) Grosor del pericarpio (GP), y b) Tamaño del corazón (TDC). 22

Figura 11. a) Sólidos solubles totales (SS), b) Firmeza del Fruto (FF), c) Número de flores por racimo (NFR), y d) Número de frutos por racimo (NFDR). 23

Figura 12. a) Tipo de crecimiento de la planta (TCP), y b) Tamaño de la planta (TP). 24

Figura 13. a) Densidad de la pubescencia del tallo (DPT), b) Densidad del follaje (DF), y c) Posición de la hoja (PH). 25

Figura 14. Tipo de hoja (TH) 26

Figura 15. a) Grado de disección de la hoja (GDH), b) Tipo de inflorescencia (TF), c) Coloración antocianina de las venas (CAV), y d) Color de corola (CC). 27

Figura 16. a) Posición de estilo (PE), b) Pubescencia del estilo (PDE), y c) Dehiscencia de la antera (DA). 28

Figura 17. Forma predominante del fruto (PDF) 30

Figura 18. a) Color exterior del fruto maduro (CEFM), b) Forma del hombro del fruto (FHF), y c) Presencia / ausencia del pedicelo sin unión (PAP). 32

Figura 19. a) Forma del corte transversal del fruto (FCTF), b) Número de lóculos (NL), y c) Forma de la cicatriz del pistilo (FCP). 33

Figura 20. a) Forma del terminal de la floración del fruto (FTFF), y b) Condición de la cicatriz del terminal de la floración (CCTF). 35

Figura 21. a) Medidas básicas b) Índice de la forma del fruto, c) Bloque, y d) Homogeneidad. 37

Figura 22. a) Forma del extremo proximal del fruto, y b) Forma del extremo distal del fruto…. 39

Figura 23. a) Asimetría, b) Excentricidad interna, y c) Sección latitudinal. 41

Figura 24. Circulo climático de la temperatura registrada durante la campaña agrícola 2022-2023 durante los meses de septiembre hasta finales de mayo 45

Figura 25. Diagrama Boxplot: Descriptor de planta (A) 50

Figura 26. Diagrama Boxplot: Descriptor de Flor (B) 51

Figura 27. Diagrama Boxplot: Descriptor de Fruto (C) 52

Figura 28. Frecuencias en base a descriptores cualitativos 54

Figura 29. Matriz de correlación y dispersión de 23 variables cualitativas evaluadas con descriptores convencionales 56

Figura 30. Análisis de Componentes Principales de 21 variables cuantitativas 58

Figura 31. Biplot de PCA que muestra descriptores morfométricos y colorimétricos obtenidos del software Tomato Analyzer agrupadas por especies 59

Figura 32. Análisis de Correspondencia Múltiple (MCA) para 61 accesiones para variables agronómicas cualitativas 60

Figura 33. Análisis de Correspondencia Múltiple para variables categóricas 63

Figura 34. Dendograma de las 61 accesiones construido a partir de variables cualitativas y cuantitativas 64

Figura 35. Características morfológicas del clúster 1 65

Figura 36. Características morfológicas del clúster 2 65
Figura 37. Características morfológicas del clúster 3 66
Figura 38. Características morfológicas del clúster 4 67
Figura 39. Características morfológicas del clúster 5 68
Figura 40. Características morfológicas del clúster 6 68
Figura 41. Características morfológicas del clúster 7 69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Croquis 83

Anexo 2. Tabla de frecuencias en base a descriptores cualitativos 84

Anexo 3. Tabla de contribución de las variables cuantitativas evaluadas por descriptores convencionales en las tres primeras dimensiones. 87

Anexo 4. Tabla de contribución de las variables evaluadas por descriptores de alto rendimiento Tomato Analizer en las primeras tres dimensiones. 88

Anexo 5. Promedios de variables cuantitativas por cada clúster 90

Anexo 6. Tabla de frecuencias categóricas por clúster 91

Anexo 7. Invernadero 7 con los genotipos en estudio 97

ABREVIATURAS

ÅDN	Ácido Desoxirribonucleico
CNPSH	Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas
HTP	Fenotipado de Alto Rendimiento
HTPP	Plataformas de Fenotipado de Alto Rendimiento
INIAF	Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal
IPGRI	Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos
MCA	Análisis de correspondencia múltiple
PCA	Análisis de componentes principales
ppp	Puntos por pulgada
spp	Especies
TA	Tomato Analyzer (Analizador de Tomates)
TGRC	Centro de recursos genéticos del tomate
UPOV	Unión Internacional para la protección de las obtenciones vegetales
UPGMA	Método de grupos de pares no ponderados utilizando medias aritméticas
Σ	Sumatoria

RESUMEN

El tomate (*Solanum* spp.) es una especie autógama diploide (2n = 2x = 24) con base genética limitada en especies cultivadas y diversa en especies silvestres. El objetivo de esta investigación fue determinar la diversidad fenotípica de la colección de tomate local e introducido mediante fenotipado convencional y digital. El ensayo se llevó a cabo en los predios del Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas (CNPSH), perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), durante la campaña agrícola 2022-2023, bajo un diseño experimental de bloques aumentados, usando 61 genotipos. Las variables agronómicas evaluadas fueron sometidas a dos metodologías, utilizando descriptores convencionales y el software de alto rendimiento Tomato Analyzer. La información fue sometida a diferentes análisis con los siguientes programas estadísticos: SPSS versión 27, Infostat versión 2008 y RStudio versión 4.4.0. La estadística descriptiva demostró una alta variabilidad en 11 (descriptores convencionales) y 16 (Tomato Analyzer) variables. El diagrama boxplot detectó las variables con mayor dispersión de datos: longitud de enredadera, peso del fruto, grosor de pericarpio y tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz del pedicelo. El análisis de frecuencias identificó 69 categorías de descriptores presentes en un rango del 1.3 al 15 % de los genotipos. Se identificaron correlaciones positivas entre el ancho y peso del fruto con el tamaño de la zona corchosa y el ancho del corazón. Así mismo, se identificaron correlaciones negativas entre la longitud de la enredadera con 8 variables diferentes. El análisis de componentes principales reveló a las variables: ancho del fruto, tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz, grosor del pericarpio, tamaño del corazón y peso del fruto como las que mayor contribución tuvieron para la variabilidad. El análisis de correspondencia múltiple señaló a BOL20213HT, BOL20220HT, BOL20235HT, BOL20215HT, BOL20219HT, BOL20211HT y BOL20223T como las accesiones con características distintivas en comparación con el resto. El análisis clúster reveló a las accesiones BOL20220HT y BOL20234HT como los ejemplares con características morfológicas diferenciadas al resto, además de encontrar accesiones potencialmente duplicadas.

ABSTRACT

Tomato (*Solanum* spp.) is a diploid autogamous species (2n = 2x = 24) with a limited genetic base in cultivated species and diversity in wild species. The objective of this research was to determine the phenotypic diversity of the local and introduced tomato collection through conventional and digital phenotyping. The trial was carried out on the premises of the National Center for Vegetable Seed Production (CNPSH), belonging to the National Institute for Agricultural and Forestry Innovation (INIAF), during the 2022-2023 agricultural campaign, under an augmented block experimental design, using 61 genotypes. The agronomic variables evaluated were subjected to two methodologies, using conventional descriptors and the high-performance Tomato Analyzer software. The information was subjected to different analyses using the following statistical programs: SPSS version 27, Infostat version 2008, and RStudio version 4.4.0. Descriptive statistics showed high variability in 11 (conventional descriptors) and 16 (Tomato Analyzer) variables. The boxplot diagram detected the variables with the greatest data dispersion: vine length, fruit weight, pericarp thickness, and corky area size around the pedicel scar. Frequency analysis identified 69 categories of descriptors present in a range of 1.3 to 15 % of the genotypes. Positive correlations were identified between fruit width and weight with corky area size and core width. Likewise, negative correlations were identified between vine length and 8 different variables. Principal component analysis revealed the variables: fruit width, corky area size around the scar, pericarp thickness, core size, and fruit weight as those that had the greatest contribution to variability. Multiple correspondence analyses identified BOL20213HT, BOL20220HT, BOL20235HT, BOL20215HT, BOL20219HT, BOL20211HT, and BOL20223T as accessions with distinctive characteristics compared to the rest. Cluster analysis revealed accessions BOL20220HT and BOL20234HT as specimens with morphological characteristics differentiated from the rest, in addition to finding potentially duplicated accessions.

1. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum* spp) es una especie diploide autógama de la familia Solanáceae con doce pares de cromosomas 2n = 2x = 24 (Razdan y Mattoo, 2006) considerado un cultivo importante, debido a su alto contenido en carotenoides, vitaminas, carbohidratos, así como otros minerales esenciales (Albu et al., 2021). Debido a que las variedades cultivadas poseen una base genética muy estrecha, la variación es muy baja tanto dentro como entre cultivares, por lo que es una especie muy estudiada en términos de genética. Es por esta razón que las variedades silvestres son la fuente más importante de diversidad genética para ser utilizadas en mejoramiento, ya que en ellas se pueden encontrar genes de resistencia a factores causantes de estrés biótico y abiótico (Flores et al., 2017). Por tanto, es relevante el trabajo de conservación y caracterización de estas variedades en los bancos de germoplasma (Mata, 2021).

Los caracteres heredables se pueden distinguir fácilmente a simple vista y se expresan en todos los ambientes. Por esta razón, la caracterización morfológica del germoplasma se realiza de forma visual (Salim et al., 2020). Este proceso requiere de mucho tiempo; sin embargo, la aparición de plataformas de fenotipado de alto rendimiento (HTP) ha permitido su automatización (Mishra et al., 2020). Estas herramientas tienen una alta precisión y son económicas. Tomato Analyzer (TA) es un software beneficioso en HTP para características morfológicas de frutas proporcionando datos detallados (Marefatzadeh et al., 2021).

1.1. Antecedentes

Según Torrico et al. (2014), en investigaciones sobre la diversidad genética del tomate, los análisis morfológicos y moleculares permiten diferenciar a los silvestres de los asilvestrados para determinar si son genéticamente distintos o si presentan cierto potencial de duplicados. La caracterización morfológica en 133 accesiones es una de las investigaciones realizadas para determinar la diversidad y variabilidad fenotípica, permitiendo conocer la variabilidad morfológica e identificar grupos homogéneos para caracteres cualitativos y cuantitativos (Rojas y Santos, 2014). Los descriptores cuantitativos tienen el potencial de discriminar las accesiones en grupos, la variación en los descriptores indica el potencial genético disponible en una colección de germoplasma para programas de mejoramiento (Restrepo y Vallejo, 2003). De igual manera, los resultados de diversidad morfológica del fruto de una colección fueron análogos, permitiendo indexar una colección e introducir

accesiones en grupos de variedades derivadas de la forma de la fruta (Quispe et al., 2022). Las herramientas de fenotipado Tomato Analyzer (TA) resultaron inmensamente útiles para discernir asociaciones entre los descriptores de forma, tamaño y color de la fruta (Nankar et al., 2020). Como en el caso de (Figàs et al., 2014), encontró diferencias morfológicas en los rasgos de la fruta de una colección de variedades locales de tomate, algunos grupos de cultivares lograron distinguirse claramente sobre la base de descriptores convencionales y de Tomato Analyzer. Además, el análisis estructural para diversidad genética y estructura poblacional en germoplasma de tomate arrojó resultados a nivel genotípico y de agrupamiento, revelando el grado de parentesco y distinción entre el germoplasma (Pidigam et al., 2021).

1.2. Planteamiento del problema

A lo largo del tiempo, el cultivo ha experimentado una fuerte reducción de la diversidad genética. La agricultura industrializada utiliza variedades con alta uniformidad, lo que conlleva a una alta vulnerabilidad de las variedades utilizadas. Además, esta práctica se traduce en datos agronómicos deficientes que pueden ocasionar: clasificación errónea de los materiales, duplicado de material en bancos de germoplasma y escaso o nulo conocimiento de los puntos de máxima variabilidad.

Esta falta de conocimiento dificulta la elección de parentales dónde se puedan buscar nuevos alelos para ampliar la base genética de los materiales, ya que solo un pequeño número de accesiones tiene datos relevantes. Esto representa un obstáculo para que un fitomejorador u otro experto en el tema pueda aprovechar al máximo el uso del germoplasma tanto con los datos fenotípicos como genotípicos.

1.3. Justificación

El estudio de variabilidad y diversidad de especies silvestres y cultivadas del género *Solanum* spp es crucial desde el punto de vista genético y morfológico, debido a que las especies silvestres son un gran reservorio de genes resistentes a sequías, bajas temperaturas, salinidad y diversas enfermedades, con fenotipos aptos para enfrentar dichas adversidades y las especies cultivadas cuentan características morfológicas requeridas a nivel comercial como ser: forma, color, tamaño y firmeza del fruto, con cualidades químicas en sólidos solubles, minerales, azúcares, ácidos, entre otros. Debido a ello, se hace necesaria la recolección, evaluación y caracterización del germoplasma local y exótico

(parientes silvestres). Por lo tanto, el valor de estas características como posible fuente de mejoramiento es necesario.

La correcta caracterización de estos genotipos requiere de mucho tiempo debido a la naturaleza cuantitativa de las características. Sin embargo, la caracterización convencional más la ayuda del fenotipado digital lleva a la reducción en tiempo obteniendo datos más precisos y relevantes para ser utilizados de manera eficiente y ayudar a discernir en el momento de realizar alguna labor para mejorar la calidad, rendimiento y resistencia a factores adversos, estableciendo asociaciones de diferentes genotipos y evitar duplicados en el banco de germoplasma. Con todo lo planteado, se tendrá una base de datos con información relevante sobre las accesiones y que esté a disposición de futuras investigaciones.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar la diversidad fenotípica de la colección de tomate mediante fenotipado convencional y digital.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la variabilidad entre el germoplasma local e introducido en base a características cualitativas y cuantitativas.
- Analizar la variación de la forma del fruto en base a caracteres morfométricos implementados en el software Tomato Analyzer.
- Determinar la correlación entre diferentes caracteres cuantitativos y cualitativos.

1.5. Hipótesis

- No existe diferencia entre la colección de germoplasma local e introducirlo en base a características cualitativas y cuantitativas.
- No existe diferencia en la forma del fruto empleando el software Tomato Analyzer.
- No existe correlación entre los caracteres cualitativos y cuantitativos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen de (*Solanum* spp)

Bolivia, Chile, Ecuador, las Islas Galápagos y Perú juntos constituyen el centro de origen y distribución del tomate (*S. lycopersicum* L.*),* (Villanueva et al., 2022), un estudio reciente propone que *S. pimpinellifolium* L. (SP) fue domesticado en América del Sur, lo que dio lugar a *S. lycopersicum* L. var. *Cerasiforme* (SLC), y luego SLC dio lugar a *Solanum lycopersicum* L. var. *lycopersicum* (SLL). La domesticación del cultivo generalmente se describe como un proceso de "dos pasos" con un aumento en el tamaño de la fruta de SP del tamaño de un arándano a SLC generalmente del tamaño de una cereza, y luego a los tomates comunes de frutos muy grandes (Razifard et al., 2020).

2.2. Distribución Geográfica y diversidad genética

El centro de origen y domesticación comparten condiciones ambientales a pesar de la distancia geográfica; no obstante, existen áreas en la región de domesticación con condiciones ambientales diferentes a las de su centro de origen. Esto sugiere una plasticidad y amplia capacidad de adaptación del tomate a estos ambientes (Délices et al., 2019). La diversidad genética representa la variación heredable dentro y entre poblaciones de organismos; ocurre por tres procesos fundamentales: mutación, recombinación y migración de individuos de una población a otra, indispensable para que la evolución pueda ocurrir (Domínguez et al., 2020). La adaptación de una especie a los cambios bióticos y abióticos, así como su habilidad para enfrentar los cambios ambientales en generaciones posteriores, depende de la diversidad genética existente en la planta. Existen diferentes técnicas empleadas para la evaluación de la diversidad genética, las cuales son: evaluación morfológica, evaluación bioquímica y evaluación basada en marcadores moleculares (Sharma y Sharma, 2018).

2.3. Botánica del cultivo

Planta: perenne, tipo arbustivo, se cultiva como planta anual; puede ser de tipo rastrero, semi-erecta o erecta, existiendo dos tipos de plantas: determinadas, cuyo crecimiento es limitado, e indeterminadas, con crecimiento ilimitado. Raíz: pivotante, produce raíces adventicias y ramificaciones, el tallo es erguido, la superficie es angulosa, provista de pelos agudos o tricomas y glándulas que desprenden un líquido de aroma muy característico.

Hojas: son compuestas, poseen glándulas secretoras aromáticas, la epidermis inferior presenta un alto número de estomas y haces vasculares prominentes. Flor: los sépalos, pétalos y estambres están insertos en el receptáculo por debajo del gineceo; tiene 5 o más sépalos e igual número de pétalos y estambres, puede ser bi o plurilocular. Las flores se ordenan en inflorescencias de tipo racimo simple, cima unípara, cima bípara y cima multípara, pudiendo llegar a tener hasta 50 flores por inflorescencia. Semilla: es de forma oval aplastada, de color grisáceo, cubierta de vellosidades de unos 3 a 5 mm de tamaño (Saavedra del R. et al., 2019).

2.4. Recursos fitogenéticos y bancos de germoplasma de Bolivia

Bolivia es uno de los países que tiene una amplia variedad de ecorregiones. Este mosaico de hábitats sustenta una gran cantidad de especies animales y vegetales, lo que ha llevado a que Bolivia sea considerado uno de los países megadiversos del mundo, con 15.345 especies de plantas vasculares (Martinez et al., 2020). Algunos cultivos, como el maíz, frijol, maní, tomate, tomate de árbol, papa, quinua, cañahua, achira, yacón, isaño, yuca, mora, zapallos y calabazas, tienen a Bolivia como centro de origen o al menos como lugar de diversidad (Molina, 2020).

Los bancos de germoplasma contienen colecciones, principalmente de plantas cultivadas y sus parientes, con el propósito de preservar y poner a disposición de fitomejoradores, investigadores y usuarios en general (Reyes et al., 2018). Actualmente, el INIAF es la entidad responsable de “administrar el sistema nacional de recursos genéticos, agrícolas, pecuarios, acuícolas, forestales, bancos de germoplasma y centros de investigación” (FAO, 2009). El Banco de Germoplasma, ubicado en el Centro de Innovación de Tolarapa, Cochabamba, cuenta con 5.874 variedades de cereal y leguminosas; 1.621 de hortalizas; 617 accesiones in vitro; 5.029 granos altoandinos; 175 variedades de forrajera; 155 de frutas de valle; 2.310 forestales y 4.085 variedades de tubérculos y raíces (Choque, 2022).

2.5. Erosión genética e importancia de la conservación de recursos fitogenéticos

Vazquez (2022) menciona dos cuellos de botella sobre la pérdida de grandes cantidades de variabilidad genética en las etapas de domesticación y migración del cultivo, resultado de una selección enfocada en la mejora del fruto, provocada por la alta presión de selección ejercida por el hombre. La conservación y revalorización de la diversidad existente en recursos fitogenéticos presentes en los ecosistemas agrícolas locales es crucial, debido a

que constituyen una fuente de información genética inexplorada que podría ayudar a enfrentar el panorama incierto en el que se desarrollarán los cultivos en el futuro, debido al cambio climático global que se aproxima y sus efectos en la producción de alimentos (Bastías et al., 2020).

2.6. Conservación in situ y ex situ de los recursos genéticos

Para preservar la diversidad genética de los cultivos, existen dos métodos principales: la conservación in situ y ex situ. Para la elaboración de estrategias de conservación in situ, que aseguren la sostenibilidad agrícola, seguridad alimentaria y la mejora futura del cultivo, es fundamental entender la historia y la dinámica de los cultivos empleando la cría participativa junto a los agricultores (Donoso et al., 2022). Los tomates están bien representados en colecciones ex situ (fuera del sitio), con accesiones ubicadas en bancos de genes de semillas, in vitro, laboratorios, crio bancos y bibliotecas de ADN. Se estima que más de 83.000 accesiones de especies silvestres y cultivadas de Lycopersicon se mantienen en bancos de germoplasma (Kulus, 2018). Algunas de ellas son, el centro de recursos genéticos del tomate (TGRC), actualmente con 4,535 accesiones almacenadas (TGRC, 2024), el centro mundial de hortalizas (WorldVeg) manteniendo una gran colección de germoplasma de dominio público, con 65.152 accesiones que abarcan germoplasma de 133 géneros y 330 especies de 155 países, incluyendo hortalizas de importancia mundial como el tomate, distribuyendo alrededor de 10.000 semillas cada año a investigadores de todo el mundo (WorldVeg, 2024) y el centro nacional de producción de semillas de hortalizas (CNPSH), entidad operativa del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) resguardando 1.621 accesiones en el Banco de Germoplasma de hortalizas (MDRyT, 2021).

2.7. Parientes silvestres del tomate como fuente para mejoramiento

A diferencia de las especies domesticadas, los parientes silvestres tienen una gran diversidad genética acumulada a lo largo de millones de años de evolución natural, por lo que tienen genes que pueden proporcionar resistencia y tolerancia a los factores extremos que afectan la productividad (Cuya, 2018). La transferencia de genes de una población a otra se puede realizar mediante la polinización manual, realizando diversos tipos de cruzas para garantizar los resultados deseados (Tuxtla et al., 2022). Algunas especies aptas para el fitomejoramiento son: *Solanum habrochaites*: tolerantes al frío y a las heladas (Hermida, 2011). *Solanum Lycopersicom* var. *cerasiforme*: tolerantes a la humedad, con resistencia al

tizón tardío, nematodos y algunos hongos foliares. *Solanum pimpinellifolium*: especie silvestre que se cruza fácilmente con *L. esculentum*, contribuyendo a la mejora del color y calidad del fruto, así como a la resistencia de diversas enfermedades. *Solanum chilense*: completamente alógama, con la capacidad de incrementar la absorción de agua debido a su sistema radical profundo, mecanismo responsable de la resistencia a la sequía. *Solanum penneli*: adaptable a ambientes de extrema sequía, debido a su capacidad para absorber humedad atmosférica y retenerla en los tejidos foliares (Vallejo, 1999).

2.8. Caracterización Morfológica

Según Hernández (2013), la caracterización morfológica es la identificación de una serie de caracteres por medio de descriptores que permiten distinguir taxonómicamente a las plantas. Algunos caracteres son heredables, fácilmente observables y expresables de la misma manera en cualquier entorno, útiles para el análisis de diversidad genética, la clasificación, identificación y determinación de organismos, gestión de bancos de germoplasma, definición de variedades comerciales, conservación y uso racional de los recursos fitogenéticos e identificación de duplicados. Los órganos más relevantes para la descripción morfológica son aquellos que están menos influenciados por el entorno, como fruto, hojas y tallo. Pueden asumir los valores en las diversas escalas de medición, ya sea nominal o categórica, ordinal, de intervalo o de proporción (Martinez, 2023).

2.9. Descriptores

Desde 1976, el instituto internacional de recursos genéticos de las plantas (IPGRI) ha desarrollado metodologías estándar para las listas de descriptores de plantas, dedicadas a la investigación y al desarrollo (Monge y Echeverría, 2023). Permitiendo atribuir expresiones a un carácter fácil de medir como la forma, estructura o comportamiento de las accesiones, estos pueden ser observados a simple vista y expresados en casi todos los ambientes, permitiendo describir o calificar las características de las accesiones con valores numéricos, escalas, códigos o adjetivos calificativos. Estos pueden ser cualitativos o cuantitativos, por ejemplo, “número de tallos”, o continuos, como “diámetro del tallo” (Toapanta, 2018). Debido a la necesidad de establecer un sistema universal para el manejo de datos de los recursos genéticos vegetales, el IPGRI desarrolló cinco tipos de descriptores: descriptores de pasaporte, descriptores de manejo, descriptores del sitio y medio ambiente, descriptores de evaluación y finalmente descriptores de caracterización (IPGRI, 1996). Aunque la unión Internacional para la protección de las obtenciones vegetales (UPOV) no es un descriptor

como tal, emite directrices de examen proporcionando pautas específicas para describir y caracterizar las plantas (UPOV, 2024).

2.10. Plataformas de fenotipado de alto rendimiento (HTPP)

Permite controlar, cuantificar y evaluar fenotipos específicos para experimentos agrícolas de gran escala con alta resolución y precisión (Pérez, 2023). El uso de plataformas de fenotipado de alto rendimiento mediante imágenes digitales automatiza el análisis fenotípico superando las restricciones de subjetividad en las calificaciones y disminuye los tiempos de captura de la información, muchas utilizan imágenes 2D con cámaras o escáneres de superficie plana, a pesar de que muchos de estos programas pueden procesar imágenes de forma completamente automática, con frecuencia es necesario corregir manualmente el análisis de la imagen y verificar la calidad del procesamiento ya que muchas de las plataformas también incluyen complementos listos para adaptarlos según el criterio del operante (Coronado, 2022).

2.11. Tomato Analyzer

Este programa realiza mediciones semiautomáticas, objetivas y cuantitativas de atributos que acelerarán los análisis fenotípicos, proporcionando resultados más precisos, consistentes y objetivos, midiendo atributos que son imposibles o impracticables para determinar manualmente. La aplicación requiere de imágenes digitales de la fruta cortada, en formato jpeg, diseñado para reconocer objetos de un determinado tamaño y resolución, medida en puntos (pixels) por pulgada (dpi) (Brewer et al., 2006). El análisis colorimétrico llamado color test (TACT) está diseñado para recoger las mediciones de color de las imágenes jpeg y tiff recogidas de la exploración de frutas en la superficie plana de un escáner, midiendo la fuerza de cada color R (rojo), G (verde), B (azul) en cada píxel para reproducir otros colores (Darrigues et al., 2008).

2.12. Estadística descriptiva

Ayuda a describir y comprender las características de un conjunto de datos en específico, ofreciendo breves resúmenes sobre la muestra. Los principales tipos de estadística descriptiva son: distribución de frecuencias; utilizada tanto para datos cualitativos y cuantitativos, representa la frecuencia o el recuento de diferentes resultados en un conjunto de datos o muestras. Tendencia central: Se refiere al resumen descriptivo de un conjunto

de datos empleando un único valor que refleja el centro de la distribución de los datos. Variabilidad: Una medida de variabilidad es una estadística de resumen que refleja el grado de dispersión de una muestra. Las medidas de variabilidad determinan la distancia que los puntos de datos parecen tener con respecto al centro (Ortega, 2021).

2.13. Coeficiente De Correlación Muestral De Pearson

El coeficiente de correlación lineal propuesto por Karl Pearson es un índice que mide la existencia de una relación lineal entre dos variables, se calcula dividiendo la covariancia por el producto de las desviaciones estándar de ambas variables, su valor varía entre el intervalo [-1, +1], su fórmula es:

$$r = \Sigma ((x — \mu x) (y — \mu y)) / \sqrt{} ((\Sigma (x — \mu x)^{2}) (\Sigma (y — \mu y)^{2}))$$

Donde:
r: Coeficiente de correlación de Pearson.
Σ: Suma de los valores.
x: Cada valor individual de la variable X.
y: Cada valor individual de la variable Y.
μx: Media de la variable X.
μy: Media de la variable.

Un coeficiente igual a cero indica una independencia total entre las dos variables, un coeficiente igual a -1 indica una dependencia total entre las dos variables, denominada relación inversa, cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye y un coeficiente igual a +1 indica una dependencia total entre las dos variables, denominada relación directa, cuando una de ellas aumenta, la otra también aumenta (Palmer et al., 2001).

2.14. Análisis multivariado

Conjunto de métodos de análisis de datos que tratan un gran número de mediciones sobre cada accesión del germoplasma. Su virtud principal consiste en permitir la descripción de las accesiones, tomando en cuenta simultáneamente varias características, sin dejar de considerar la relación existente entre ellas. Los métodos multivariados se clasifican en dos grupos: (1) los de dependencia, que son aquellos en los cuales una variable o conjunto de variables es identificado como dependiente de otro conjunto conocido como independiente o predictor; y (2) los de interdependencia, o aquellos en que ninguna variable o grupo de variables es definido como independiente o dependiente y, más bien, el procedimiento implica el análisis simultáneo de todo el conjunto de variables (Franco e Hidalgo, 2003).

2.15. Análisis de componentes principales

Se basa en la transformación de un conjunto de variables cuantitativas originales en otro conjunto de variables independientes no correlacionadas, llamadas componentes principales, deben ser interpretados independientemente unos de otros, ya que contienen una parte de la varianza que no está expresada en otro componente principal, es una herramienta útil para analizar los datos que se generan de la caracterización y evaluación preliminar de germoplasma, permite conocer la relación existente entre las variables cuantitativas consideradas y la semejanza entre las accesiones; en el primer caso, con el fin de saber cuáles variables están o no asociadas, cuáles caracterizan en el mismo sentido o en el sentido contrario; y en el segundo, para saber cómo se distribuyen las accesiones, cuáles se parecen y cuáles no. También permite seleccionar las variables cuantitativas más discriminatorias para limitar el número de mediciones en caracterizaciones posteriores (Franco e Hidalgo, 2003).

2.16. Análisis de agrupamiento

El análisis clúster permite descubrir asociaciones y estructuras de datos que no son evidentes a simple vista, pudiendo ser útiles una vez que se han encontrado. La finalidad es formar grupos que tengan similitudes entre sí y diferencias entre otros. El criterio para la formación de los grupos es el agrupamiento jerárquico, es decir, dada la matriz de distancias o de similitudes, se clasifican los elementos en una jerarquía en donde los elementos son sucesivamente asignados a los grupos (Rosales et al., 2022).

2.17. Método de grupos de pares no ponderados utilizando medias aritméticas (UPGMA)

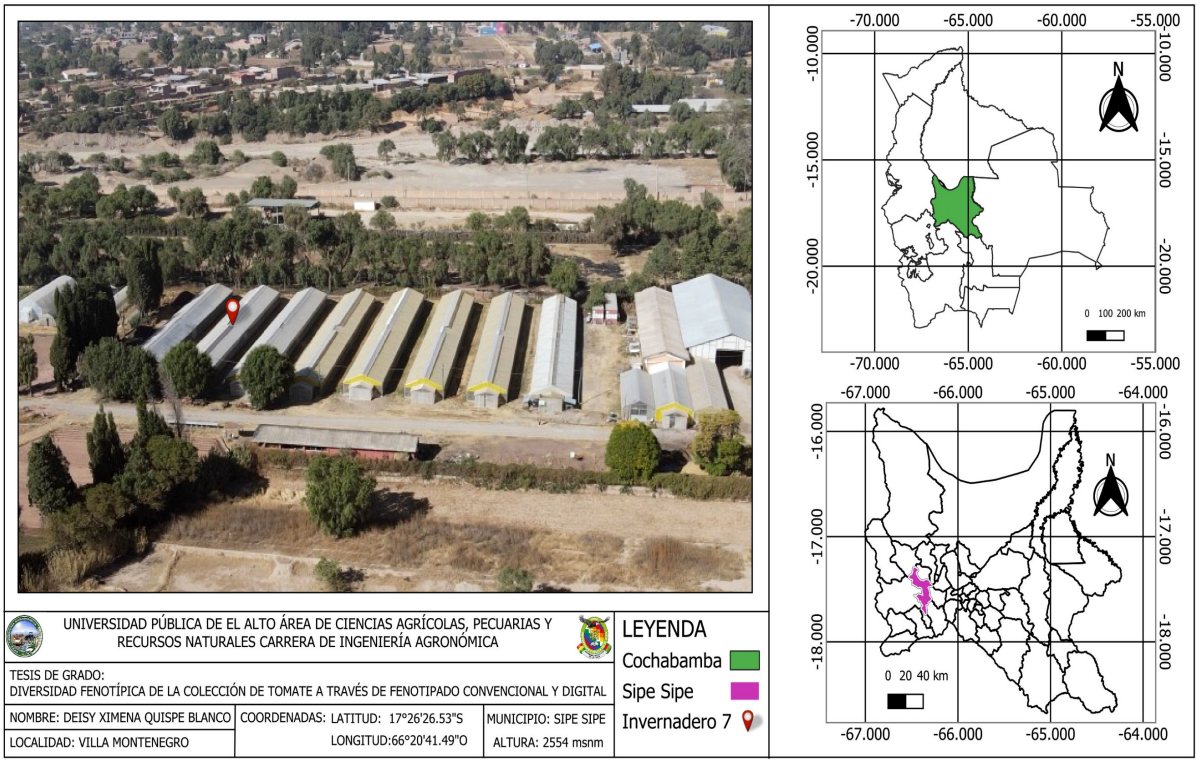
Este método asume que las especies son grupos por sí mismas, busca la distancia más pequeña en la matriz de distancias genéticas agrupa las unidades que la conforman como una sola unidad taxonómica independiente, se calculan los promedios de la nueva unidad contra las restantes creando una nueva matriz y se repite el proceso hasta que todas las unidades queden unidas a un único elemento (ancestro hipotético) (Acero, 2007).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó durante la campaña agrícola 2022-2023 en los predios del Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas (CNPSH), perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF). Ubicado en la localidad de Villa Montenegro municipio de Sipe Sipe, provincia Quillacollo, en el km 23 de la carretera Cochabamba - Oruro. Geográficamente se sitúa a 17° 26’ de Latitud sur y 66° 20’de longitud oeste, a una altura de 2554 m.s.n.m.



3.2. Materiales

3.2.1. De Laboratorio

Balanza analítica, durómetro, refractómetro, flexómetro, regla, vernier, estilete, placas petri, matraz, contador de semillas, pinza.

3.2.2. De Campo

- Pala, carretilla, tijera de podar, tijera común, alicate. rafia, scotch, Lápiz carbónico grueso, cinta masking, bolsas de plástico color negro, perforadora, tubos de riego, alambre, bandejas plásticas, sacos de red, azadón, envases de plástico y canastillas para la trilla, acrobat, jabón potásico, urea, nitrofoska.

3.2.3. De Gabinete

- Laptop, bolígrafo, cámara fotográfica, planillas de campo, tablero, marbetes y etiquetas.

3.2.4. Material genético

El material genético utilizado está almacenado en el banco de germoplasma del Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas (CNPSH). Este material proviene de las colectas nacionales, variedades producidas por el (CNPSH) e intercambio de material genético del Centro de Recursos Genéticos del Tomate (TGRC) y el Centro Mundial de Hortalizas (WorldVeg).

Cuadro 1. Material genético

Nro.	Accesión	Especie	Procedencia
1	BOL20252HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
2	BOL20253HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
3	BOL20245HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
4	BOL20246HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
5	BOL19966HT	*Solanum lycopersicum*	CNPSH
6	BOL20239HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
7	BOL20247HT	*Solanum lycopersicum*	Colectas Nacionales
8	BOL20251HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
9	BOL20262HT	*Solanum lycopersicum*	CNPSH
10	BOL20250HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
11	BOL20263HT	*Solanum lycopersicum*	CNPSH
12	BOL20249HT	*Solanum lycopersicum*	Colectas Nacionales
13	BOL20248HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
14	BOL20238HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
15	BOL20237HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
16	BOL20229HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	TGRC
17	BOL20224HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	TGRC
18	BOL20266HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales

19	BOL20227HT	*Solanum pimpinellifolium*	TGRC
20	BOL20218HT	*Solanum pimpinellifolium*	TGRC
21	BOL20244HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
22	BOL20242HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
23	BOL20254HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
24	BOL20240HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
25	BOL20243HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
26	BOL20255HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
27	BOL20241HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
28	BOL20233HT	*Solanum lycopersicum*	TGRC
29	BOL20234HT	*Solanum lycopersicum*	TGRC
30	BOL20230HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	TGRC
31	BOL20236HT	*Solanum lycopersicum*	TGRC
32	BOL20211HT	*Solanum habrochaites*	TGRC
33	BOL20216HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	TGRC
34	BOL20221HT	*Solanum lycopersicum*	TGRC
35	BOL20225HT	*Solanum lycopersicum*	TGRC
36	BOL20223HT	*Solanum arcanum*	TGRC
37	BOL20231HT	*Solanum lycopersicum*	TGRC
38	BOL20226HT	*Solanum lycopersicum*	TGRC
39	BOL20222HT	*Solanum pimpinellifolium*	TGRC
40	BOL20213HT	*Solanum pennellii*	TGRC
41	BOL20217HT	*Solanum pimpinellifolium*	TGRC
42	BOL20219HT	*Solanum habrochaites*	TGRC
43	BOL20228HT	*Solanum lycopersicum*	TGRC
44	BOL20212HT	*Solanum lycopersicum*	TGRC
45	BOL20232HT	*Solanum lycopersicum*	TGRC
46	BOL20220HT	*Solanum chilense*	TGRC
47	BOL20214HT	*Solanum lycopersicum*	TGRC
48	BOL20215HT	*Solanum habrochaites*	TGRC
49	BOL20257HT	*Solanum lycopersicum*	WorldVeg
50	BOL20258HT	*Solanum lycopersicum*	WorldVeg
51	BOL20259HT	*Solanum lycopersicum*	WorldVeg
52	BOL20256HT	*Solanum lycopersicum*	WorldVeg
53	BOL20267HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
54	BOL20270HT	*Solanum lycopersicum*	Colectas Nacionales
55	BOL20268HT	*Solanum lycopersicum* var *ceraciforme*	Colectas Nacionales
56	BOL20269HT	*Solanum lycopersicum*	Colectas Nacionales
57	BOL20265HT	*Solanum lycopersicum*	Colectas Nacionales
58	BOL20261HT	*Solanum lycopersicum*	Colectas Nacionales
59	BOL20264HT	*Solanum lycopersicum*	Colectas Nacionales
60	BOL20260HT	*Solanum lycopersicum*	Colectas Nacionales
61	BOL20235HT	*Solanum* spp.	TGRC

3.3. Metodología

3.3.1. Metodología en Campo

3.3.1.1. Procedimiento experimental

1) Almacigado de los genotipos de tomate

Preparación y esterilización del sustrato

Se preparó tierra vegetal con la ayuda de una pala y se tamizó en un cernidor con malla de alambre tejido, luego se preparó la cascarilla de arroz y se hizo un encendido parcial utilizando algunas ramas secas, durante el proceso se volteó cada 15 minutos. Finalmente, se combinaron homogéneamente en una relación 1:1:1 es decir, cascarilla de arroz, tierra vegetal y lama, la esterilización del sustrato se realizó por calor húmedo e incineración.

Almacigado y repique

La siembra del material genético se efectuó en bandejas de alta densidad depositando la semilla a chorro continuo, una vez culminada la actividad se cubrió con suelo tamizado.

El repique de las plántulas se realizó a los 7 días después de la siembra en bandejas multiceldas de 128 alveolos.

Figura 1. a) Preparación y esterilización del sustrato, y b) Almacigado y repique

2) Instalación del experimento en el ambiente protegido

Limpieza y desinfección del ambiente protegido

Con la finalidad de contar con un ambiente libre de focos de infección (patógenos y plagas) se realizó la eliminación de malezas, desinfectando con detergente e hipoclorito de sodio en el piso y las paredes.

Preparación y trasplante de accesiones de tomate

Se llenó con sustrato las bolsas de polietileno de 5 litros de volumen, ordenó las macetas a una distancia de 40 cm y sometió a riego a capacidad de campo. El trasplante se realizó a los 35 días después de la siembra de la semilla cuando las plantas alcanzaron a desarrollar entre 3 a 4 hojas verdaderas y una altura de 8 cm en promedio, se realizó la apertura de los hoyos en medio de cada maceta, donde se trasplantó una planta por maceta, esto se ejecutó en horas de la tarde (4:00 a 5:00 p.m.) para reducir el estrés cada maceta, después se etiquetó cada unidad experimental.

Figura 2. a) Limpieza y desinfección del ambiente protegido, y b) Preparación y trasplante de accesiones de tomate

3) Labores culturales post trasplante

Tutorado

El tutoraje se inició a las tres semanas después del trasplante usando rafia previamente desinfectado con hipoclorito de sodio al 1%. Se realizó un nudo en la parte basal de las ramas del tallo principal de cada planta y se envolvieron en forma helicoidal y sujetándolo al alambre galvanizado (método de la cuerda).

Poda de formación y de mantenimiento

Esta actividad se realizó a los 35 días después del trasplante de forma manual con la ayuda de una tijera de podar previamente desinfectada, seleccionando tres tallos vigorosos y eliminando los tallos basales débiles, hojas basales viejas y enfermas.

Fertilización y cuidados fitosanitarios

La fertilización se realizó con Urea (5 g) y Nitrofoska (5 g) en las etapas de crecimiento vegetativo, floración y fructificación de manera manual. Los cuidados fitosanitarios se realizaron durante la poda de formación utilizando Acrobat (3 ml/litro) para evitar el ingreso de patógenos a través de los cortes realizados después de la poda. Además, se realizaron tratamientos fitosanitarios cuando se identificaron patógenos y plagas durante el monitoreo de la investigación, incluyendo mosca blanca (*Bemisia tabaco*), polilla del tomate (*Tuta absoluta*) y oidio (*Leveillula táurica*), utilizando Acrobat (3 ml/litro) y jabón potásico (10 – 30 ml/litro).

Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual, cuando los frutos de tomate presentaron un 60 % de madurez fisiológica, para luego realizar la caracterización de descriptores de fruto maduro y semilla según el manual del IPGRI y UPOV.

Figura 3. a) Tutorado, b) Poda de formación y de mantenimiento, y c) Cosecha.

3.3.2. Metodología para el Análisis con el software Tomato Analyzer

Por cada accesión se colectaron 10 frutos y se realizaron 5 cortes transversales y longitudinales, se digitalizaron con un escáner Canon lidescan 300 previamente identificado y graduado, se acomodaron los cortes a 5 ejemplares y se procedió al escaneo a una resolución de 300 ppp. Por último, se procedió con la edición y análisis de las imágenes utilizando el software Tomato Analyzer versión 3.0. para determinar los 43 descriptores morfométricos y colorimétricos.

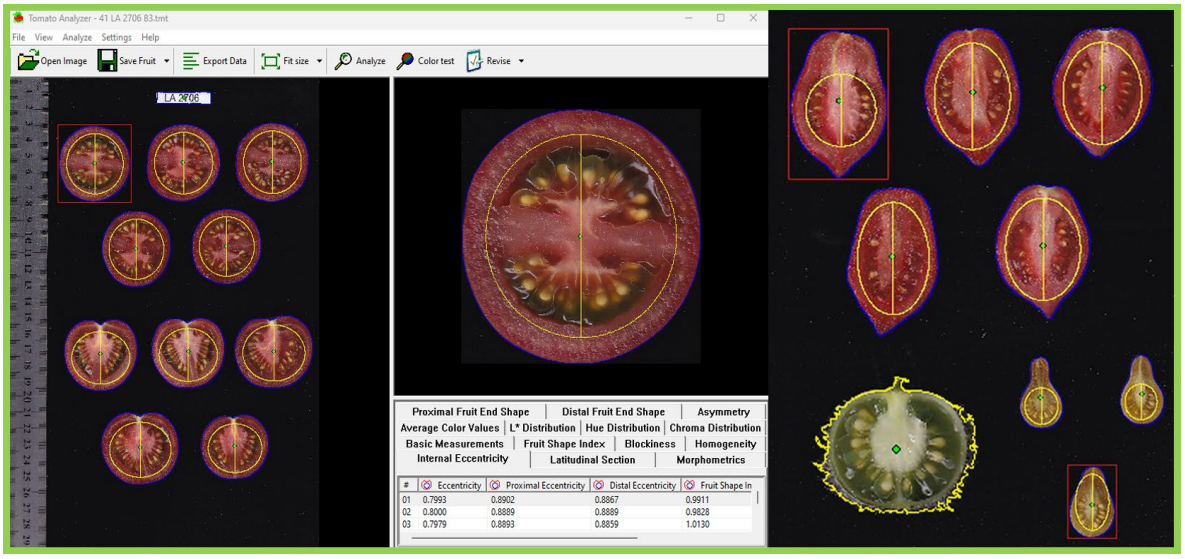


Figura 4. Análisis con el software Tomato Analyzer

3.3.3. Metodología para Pruebas de germinación

Se cuantificaron 100 semillas por cada genotipo a tres repeticiones y se las puso en sobres previamente identificados, luego se desinfectó la cámara de crecimiento y las cajas Petri con hipoclorito al 5% y alcohol al 80%. Luego se procedió a realizar la siembra de las semillas en las cajas Petri con la ayuda de una pinza (100 semillas) por cada caja Petri, posteriormente se las identificó y trasladó a la cámara de germinación con 8 horas luz y 16 horas de oscuridad, se regaron cada día con agua destilada con un atomizador para finalmente ser evaluadas luego de dos semanas.

Figura 5. Metodología para Pruebas de germinación

3.3.4. Diseño experimental

El ensayo se establecido bajo un diseño experimental de bloques aumentados, propuesto por Federer, es un diseño utilizado para la evaluación de materiales de mejora genética en generaciones tempranas para acelerar los procedimientos de selección. Permite evaluar una gran cantidad de tratamientos, en un mismo experimento, lo que es eficiente para estudios de diversidad morfológica y genética. Cada bloque comprende tratamientos estándar (que se repiten) y uno o varios tratamientos nuevos (que no se repiten). (Rojas, 2005).

El modelo lineal aditivito es el siguiente:

$$yijk = \mu + \beta i + Cj + T(k(j)) + \varepsilon ijk$$

Dónde:

$yijk$ = Respuesta
μ = media poblacional
βi= efecto fijo del i – ésimo repetición
Cj = efecto aleatorio del j – ésima repetición del control
T(k(j)) = efecto de la k ésima línea de prueba dentro del j – ésimo control
εijk= error experimental

3.3.5. Variables de respuesta

A lo largo del desarrollo vegetativo del cultivo se evaluaron con diferentes descriptores relacionados con la estructura de la planta de las cuales 65 variables fueron descritas por el descriptor convencional IPGRI que es utilizado para documentar y caracterizar los recursos fitogenéticos, de los cuales 23 variables son cuantitativas y 42 son cualitativas, estos datos se recolectaron en las fases de floración, fructificación y maduración, por otro lado, 47 variables pertenecen al descriptor de alto rendimiento Tomato Analyzer, cuyos datos se obtuvieron del corte polar y ecuatorial de frutos maduros, la información recolectada se obtuvo de 10 frutos, cinco plantas por cada accesión de la unidad experimental.

3.3.5.1. Variables cuantitativas

- **Descriptores de Planta**

Longitud de la hoja primaria (LHP). – Con la ayuda de una regla se midieron la longitud en milímetros de 6 hojas cotiledóneas, tomando en cuenta desde la unión al tallo principal hasta la punta del prospecto terminal.

Ancho de la hoja primaria (AHP). – Se evaluó con una regla en milímetros desde los extremos de los folíolos de mayor tamaño presentes en el limbo foliar y se promedió 6 hojas cotiledóneas por cada ejemplar.

Longitud de la enredadera (LE). – Se midieron en centímetros con un flexómetro desde la base del tallo hasta la punta del tallo principal.

Figura 6. a) Longitud de la hoja primaria (LHP), b) Ancho de la hoja primaria (AHP), y c) Longitud de la enredadera (LE).

- **Descriptor de la Flor**

Longitud de pétalo (LDP). – La medida se tomó en milímetros con un vernier desde la base hasta la punta y se sacó el promedio de 6 pétalos de diferentes flores por cada planta.

Longitud de sépalo (LS). – Se evaluó en milímetros con un vernier desde la base hasta la punta sacando el promedio de 6 sépalos de diferentes flores por cada planta.

Longitud de estambre (LDE). – La medida se tomó en milímetros con un vernier desde la antera hasta el final del filamento sacando el promedio de 6 estambres de diferentes flores por cada planta.

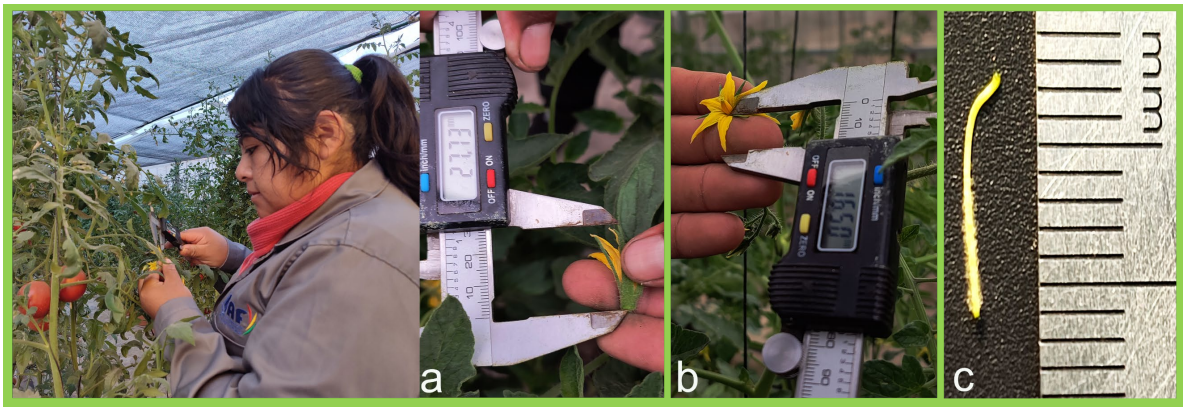


Figura 7. a) Longitud de pétalo (LDP), y b) Longitud de sépalo (LS), y c) Longitud de estambre (LDE).

- **Descriptor del Fruto**

Peso del fruto (PF). – El fruto se recolectó después de alcanzar su maduración a partir del segundo racimo y se pesó en una balanza analítica en gramos.

Longitud del fruto (LF). – Cuando el fruto llego a la maduración se midieron con un vernier en milímetros desde la parte más pronunciada de los hombros del fruto hasta la cicatriz del pistilo.

Ancho del fruto (AF). – La parte transversal más ancha (diámetro) del fruto se midió con un vernier en milímetros después de que llegara a la maduración.

Figura 8. a) Peso del fruto (PF), b) Longitud del fruto (LF), y c) Ancho del fruto (AF).

Longitud del pedicelo (LP). – Se midió con un vernier en centímetros desde el pedúnculo hasta el cáliz.

Longitud del pedicelo desde la capa de absición (LPCA). – Se midió con un vernier en centímetros desde la capa de abscisión hasta el cáliz.

Ancho de la cicatriz del pedicelo (ACP). – Se evaluó con un vernier en milímetros la parte más ancha de la cicatriz.

Tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz (TZCAC). – Se midió con un vernier en milímetros la parte más ancha de la zona corchosa.

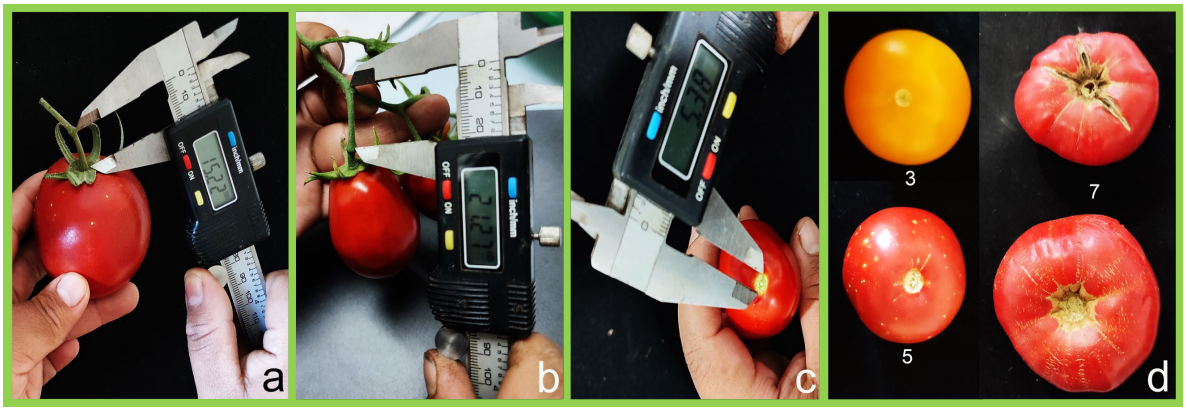


Figura 9. a) Longitud del pedicelo (LP), b) Longitud del pedicelo desde la capa de la absición (LPCA), c) Ancho de la cicatriz del pedicelo (ACP), y d) Tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz (TZCAC).

Grosor de la piel del fruto (GPF). – Se desprendió la piel del fruto maduro y se midió con un vernier en milímetros.

Grosor del pericarpio (GP). – Se cortó transversalmente el fruto maduro y se midió con un vernier en milímetros la parte más ancha del pericarpio.

Tamaño del corazón (TDC). – Se cortó transversalmente el fruto maduro y se midió con un vernier en centímetros la parte más ancha del corazón.

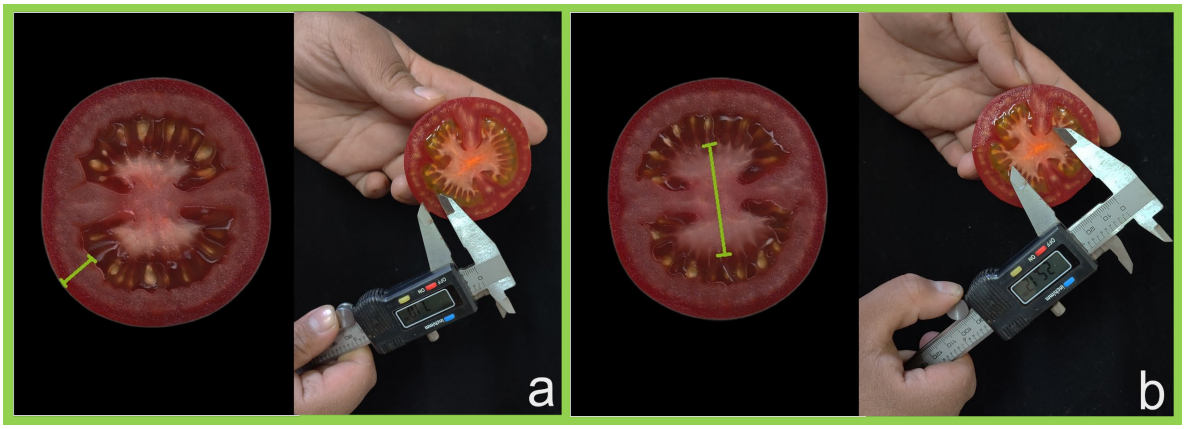


Figura 10. a) Grosor del pericarpio (GP), y b) Tamaño del corazón (TDC).

Sólidos solubles totales (SS). – Se extrajo el jugo del tomate maduro sobre el lente del refractómetro, obteniendo datos en grados brix.

Firmeza del Fruto (FF). – Se aplicó fuerza controlada sobre el tomate maduro con el indentador del durómetro.

Número de flores por racimo (NFR). – Se contó el número de flores por racimo a partir del segundo y tercer racimo.

Número de frutos por racimo (NFDR). – Se contó el número de frutos por racimo a partir del segundo y tercer racimo.

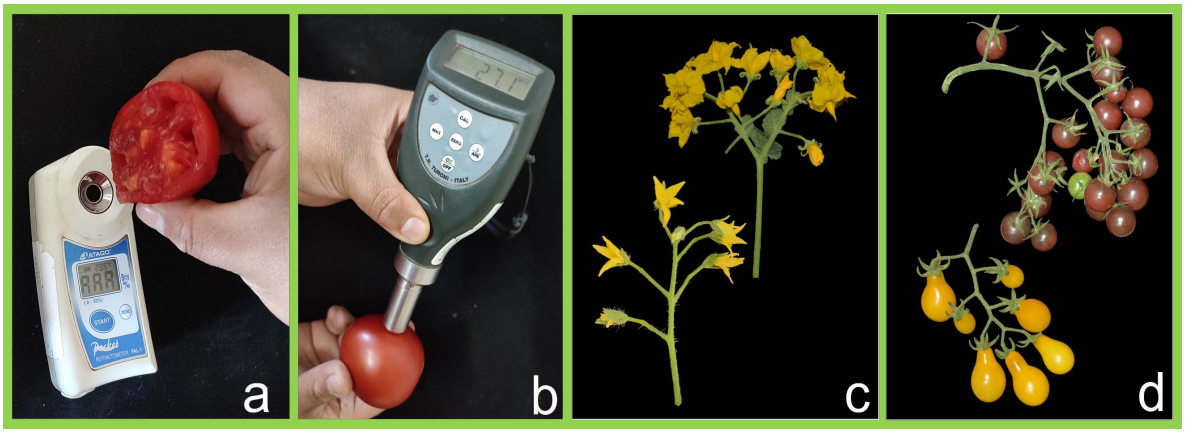


Figura 11.a) Sólidos solubles totales (SS), b) Firmeza del Fruto (FF), c) Número de flores por racimo (NFR), y d) Número de frutos por racimo (NFDR).

3.3.5.2. Variables cualitativas

- **Descriptor de la Planta**

Tipo de crecimiento de la planta (TCP). – Se observó toda la unidad experimental a partir de la etapa de floración y se procedió a categorizarlos.

1 = Enano (plantas menores a 20 cm de altura)
2 = Determinado (plantas que producen una flor terminal)
3 = Semideterminado (plantas que tienen un mayor crecimiento, no producen flores terminales)
4 = Indeterminado (plantas que tienen un crecimiento continuo, emiten un ramillete floral cada tres hojas)

Tamaño de la planta (TP). – Se evaluó cuando la unidad experimental alcanzo su clímax y se categorizó según el tamaño de cada planta.

3 = Pequeña
5 = Intermedia
7 = Grande

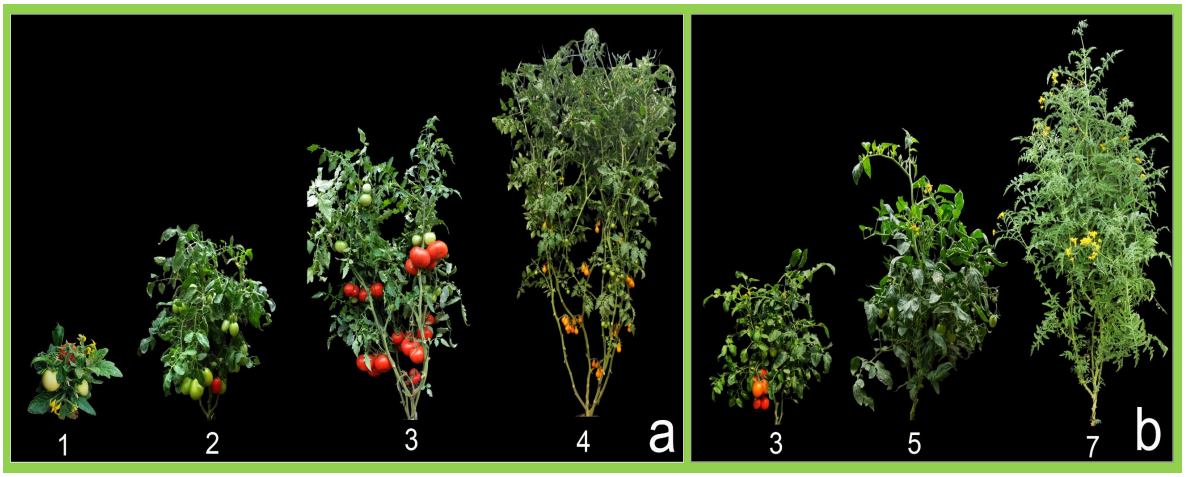


Figura 12. a) Tipo de crecimiento de la planta (TCP), y b) Tamaño de la planta (TP).

Densidad de la pubescencia del tallo (DPT). – Se observó toda la unidad experimental y se categorizó de acuerdo con la cantidad de pubescencia que poseía cada ejemplar.

3 = Escasa
5 = Intermedia
7 = Densa

Tamaño de entrenudo del tallo (TET). – Se observó toda la unidad experimental y se evaluó la longitud del entrenudo en el centro de la planta y se categorizó de acuerdo con el tamaño.

3 = Corta
5 = Intermedia
7 = Larga

Densidad del follaje (DF). – Se dio un recorrido por toda la unidad experimental y se categorizó la densidad de follaje, tomando en cuenta la cantidad de hojas, tallos secundarios y yemas axilares de cada planta.

3 = Escasa
5 = Intermedia
7 = Densa

Número de hojas en la primera inflorescencia (NHPI). – Se cuantificó la cantidad de hojas desde la base del tallo hasta la primera inflorescencia y de acuerdo a la media se categorizó cada ejemplar.

3 = Pocas
7 = Muchas

Posición de la hoja (PH). – Se categorizó visualmente en hojas maduras, de acuerdo a su posición.

3 = Semierecta
5 = Horizontal
7 = Inclinada (colgante)

Figura 13.a) Densidad de la pubescencia del tallo (DPT), b) Densidad del follaje (DF), y c) Posición de la hoja (PH).

Tipo de hoja (TH). – Se evaluó visualmente de acuerdo con el tipo de hojas definidas en el descriptor IPGRI.

1 = Enana
2 = Tipo de hoja de papa
3 = Estándar
4 = Peruvianum
5 = Pimpinellifollium
6 = Hirsutum
7 = Chilense

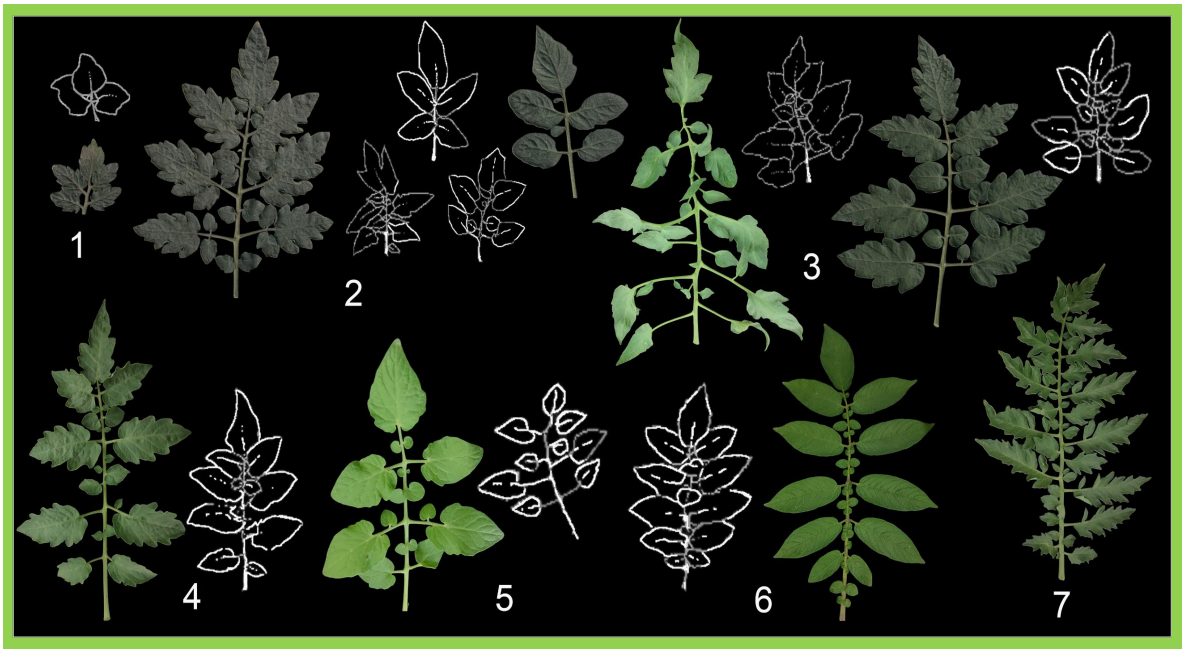


Figura 14. Tipo de hoja (TH)

Grado de disección de la hoja (GDH). – Se evaluó observando la cantidad de divisiones o folíolos presentes en el raquis de la hoja.

0 = Nulo
3 = Bajo
5 = Intermedio
7 = Alto

Coloración antocianina de las venas (CAV). – Se observó la coloración de las nervaduras en el envés de la hoja.

1 = Venas oscuras
2 = Normales (claras)

- **Descriptor de la Flor**

Tipo de inflorescencia (TF). – Fueron evaluados a partir del segundo y tercer racimo floral, observando flores uníparas (una sola ramificación), multípara (con más de dos ramificaciones) presentes en la planta y se categorizó de acuerdo al conjunto de tipos de inflorescencia presentes en la planta.

1 = Generalmente uníparo
2 = Ambos (parcialmente uníparo, parcialmente multípara)
3 = Generalmente multípara

Color de corola (CC). – Se evaluó visualmente cuando la flor estuvo completamente abierta y se determinó el color de esta.

1 = Blanco
2 = Amarillo
3 = Anaranjado
4 = Otro

Tipo de corola (TC). – Se evaluó visualmente cuando la flor estuvo madura.

1 = Cerrada
2 = Abierta

Tipo de esterilidad de la flor (TEF). – Se categorizó visualmente.

1 = Acaulescente
2 = Funcional
3 = Polen

Figura 15.a) Grado de disección de la hoja (GDH), b) Tipo de inflorescencia (TF), c) Coloración antocianina de las venas (CAV), y d) Color de corola (CC).

Posición de estilo (PE). – Se evaluó visualmente de acuerdo con la posición relativa del estilo en comparación con los estambres.

1 = Insertado
2 = Mismo nivel que el estambre
3 = Ligeramente proyectado
4 = Muy proyectado

Forma de estilo (FE). – Fueron evaluados visualmente 3 flores como mínimo por planta, anotando la forma del pistilo que más predomina en la planta.

1 = Simple (consta de un solo carpelo)
2 = Fasciculado (compuesto por varios carpelos fusionados)
3 = Dividido (formado por carpelos separados no fusionados)

Pubescencia del estilo (PDE). – Se observó la presencia o ausencia de vellosidades en el estilo, esto se realizó en 3 flores como mínimo por planta, anotando la que más predomine.

0 = Ausente
1 = Presente

Dehiscencia de la antera (DA). – Se fragmentó las anteras y observó su estructura para categorizarlo, esto se realizó en 3 flores como mínimo por planta anotando la que más predomine.

1 = Poricida (anteras con poros en la punta)
2 = Longitudinal (tecas divididas longitudinalmente)

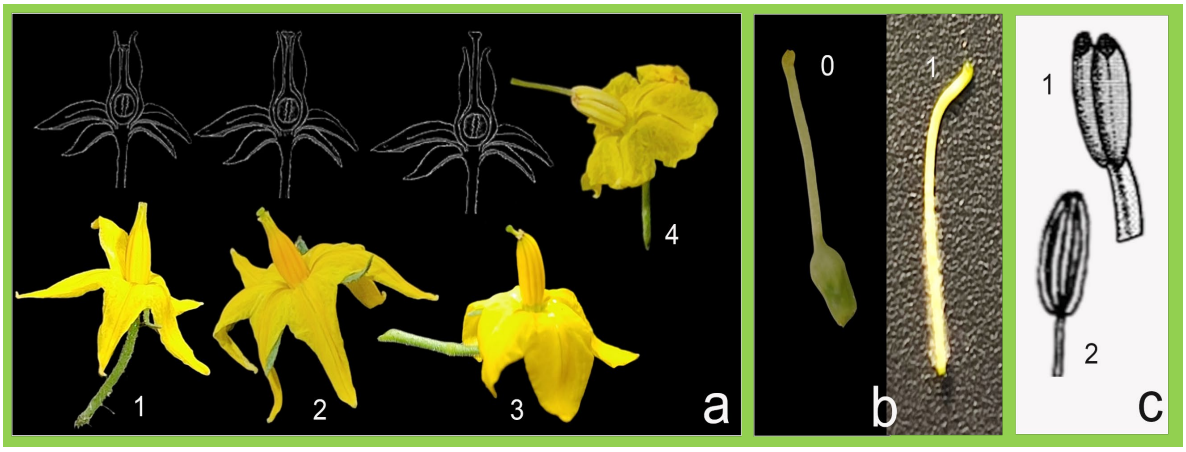


Figura 16.a) Posición de estilo (PE), b) Pubescencia del estilo (PDE), y c) Dehiscencia de la antera (DA).

- **Descriptor del Fruto inmaduro**

Color exterior del fruto no maduro (CFNM). – Se evaluó visualmente antes de la madurez según su color.

1 = Blanco verduzco
3 = Verde claro
5 = Verde
7 = Verde oscuro
9 = Verde muy oscuro

Rayas verdes en el fruto (hombros) (RVFI). – Se evaluó visualmente y se categorizó según la presencia o ausencia.

0 = Ausente (madurez uniforme)

1 = Presente (parte superior del fruto, alrededor del cáliz son verdes u oscuras mientras que la parte inferior es de un color distinto)

Intensidad del green back (hombros verdes) (IGB). – Se categorizó visualmente en los frutos que presentaban green back.

0 = Nulo
3 = Leve (1/4)
5 = Intermedia (1/3)
7 = Fuerte (1/2)

Pubescencia del fruto (PFR). – Se observó a contraluz la pubescencia que posee alrededor del fruto y se categorizó según la cuantía de los tricomas.

3 = Escasa
5 = Intermedia
7 = Densa

Forma predominante del fruto (PDF). – Se evaluó observando la forma y la parte más ancha del fruto para así categorizarlo según los manuales del IPGRI y UPOV.

1 = Achatado
2 = Ligeramente achatado
3 = Redondeado
4 = Redondo-alargado
5 = Cordiforme
6 = Cilíndrico (oblongo-alargado)
7 = Piriforme (debajo de la mitad)
8 = Elipsoide (forma de ciruela)
9 = Oboval

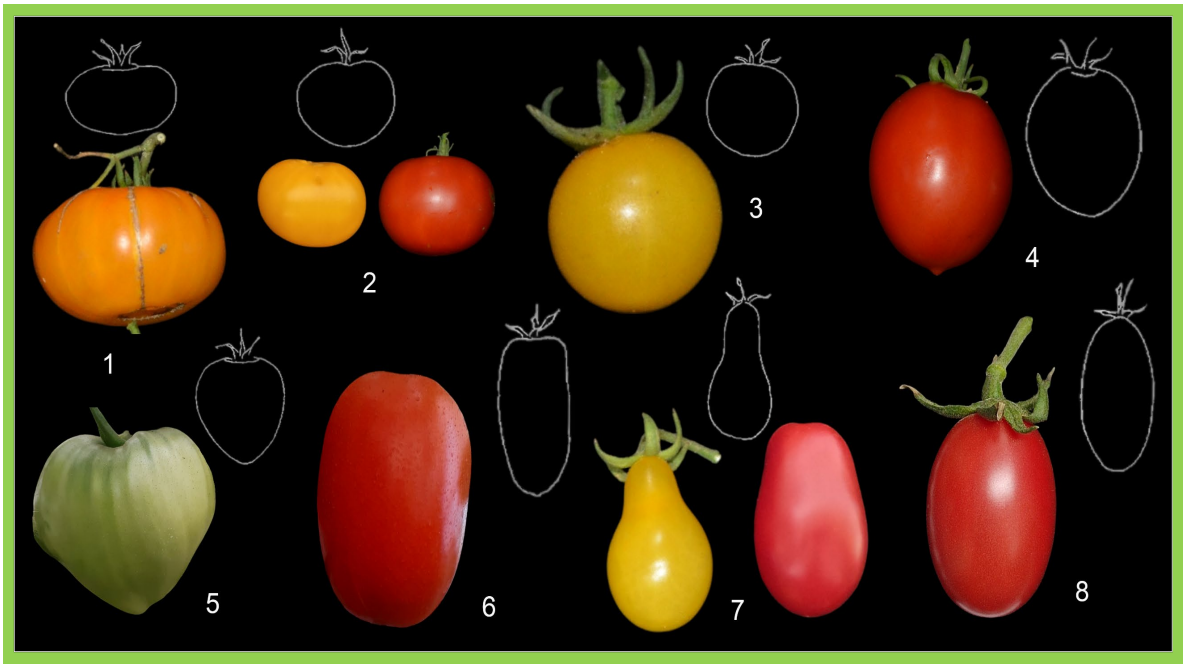


Figura 17. Forma predominante del fruto (PDF)

- **Descriptor del Fruto maduro**

Color exterior del fruto maduro (CEFM). – Se evaluó de forma visual como mínimo 3 frutos por planta cuando los frutos alcanzaron su madurez.

1 = Verde
2 = Amarillo
3 = Naranja
4 = Rosado
5 = Rojo
6 = Rojo Negruzco
7 = Rojo Escarlata

Intensidad del color exterior (ICE). – Se observó toda la unidad experimental y según eso se categorizó como mínimo 3 frutos por planta.

3 = Poca
5 = Intermedia
7 = Mucha

Forma secundaria del fruto (FSF). – Se evaluó de forma visual a partir de los frutos del segundo y tercer racimo que llegaron a su maduración y se categorizó según los manuales IPGRI y UPOV.

1 = Achatado

2 = Ligeramente achatado
3 = Redondeado
4 = Redondo-alargado
5 = Cordiforme
6 = Cilíndrico (oblongo-alargado)
7 = Piriforme
8 = Elipsoide (forma de ciruela)
9 = Eliptica
10 = Oboval
11 = Oblongo

Nervadura del extremo del cáliz (NEC). – Se observó la presencia e intensidad de las nervaduras en la superficie del cáliz y se procedió a categorizarlo como mínimo 3 ejemplares por planta.

1 = Muy ligera
3 = Ligera
5 = Intermedia
7 = Fuerte

Facilidad para separar el fruto del pedicelo (FSFP). – Se desprendió el fruto del pedicelo aplicando una fuerza similar según el grado de dificultad, se procedió a categorizarlo.

3 = Poca
5 = Intermedia
7 = Mucha

Forma del hombro del fruto (FHF). – Se observó el grado de profundidad de la cicatriz del pedicelo en comparación del hombro del fruto, luego se procedió a clasificarlo.

1 = Aplanada
3 = Ligeramente hundida
5 = Moderadamente hundida
7 = Muy hundida

Presencia / ausencia del pedicelo sin unión (PAP). – Se observó la presencia o ausencia de la capa de absición ubicado en la zona peduncular del fruto.

0 = Ausente
1 = Presente

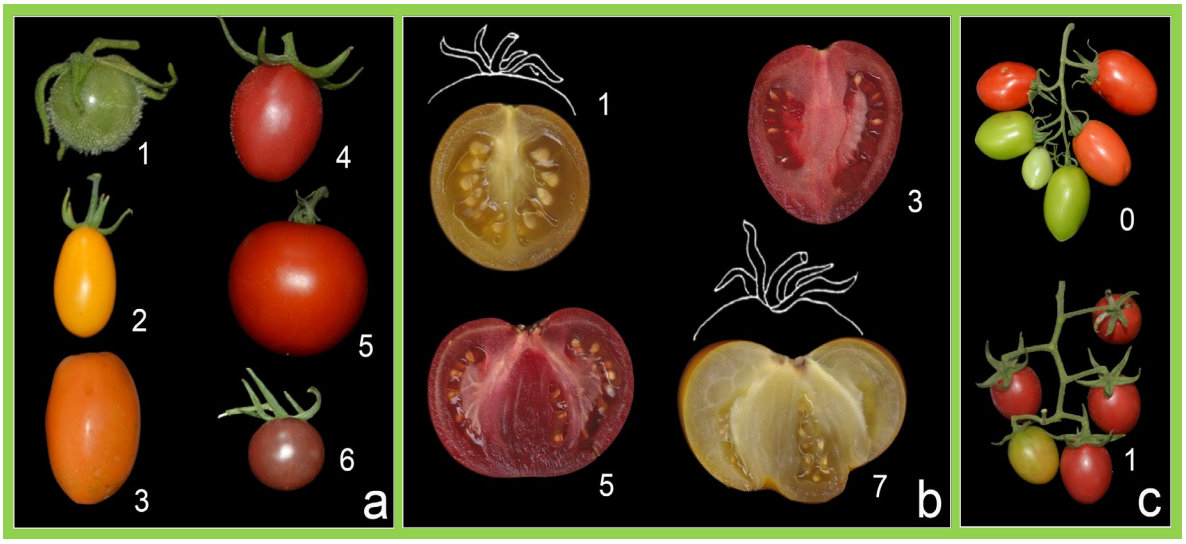


Figura 18. a) Color exterior del fruto maduro (CEFM), b) Forma del hombro del fruto (FHF), y c) Presencia / ausencia del pedicelo sin unión (PAP).

Facilidad para pelar el fruto (FPF). – Se desprendió la piel del fruto aplicando fuerza controlada, de acuerdo con la dificultad se procedió a categorizarlo.

3 = Poca
5 = Intermedia
7 = Mucha

Color de la piel del fruto maduro (CPFM). – Se desprendió la piel del fruto y se observó a contraluz para categorizarlo.

1 = Incolora
2 = Amarilla
3 = Marrón

Color de la carne del pericarpio (CCP). – Se realizó un corte transversal al fruto maduro y se visualizó el color del pericarpio.

1 = Verde
2 = Amarillo
3 = Naranja
4 = Rosado
5 = Rojo
6 = Verde

Intensidad del color de la carne (ICC). – Se realizó un corte ecuatorial al fruto maduro y se visualizó el grado de tonalidad de la pulpa del pericarpio.

3 = Poca
5 = Intermedia

7 = Mucha

Color de la intensidad del corazón (CIC). – Se realizó un corte transversal al fruto maduro y se observó las tonalidades de la parte central.

1 = Verde
2 = Blanco
3 = Claro
5 = Intermedio
7 = Oscuro

Forma del corte transversal del fruto (FCTF). – Se realizó un corte transversal al fruto maduro y según las formas descritas en el descriptor IPGRI se las categorizo.

1 = Redonda
2 = Angular
3 = Irregular

Número de lóculos (NL). – Se realizó un corte transversal y se cuantificó el número de lóculos presentes en el fruto.

Forma de la cicatriz del pistilo (FCP). – Se observó la parte terminal del fruto.

1 = Punteado
2 = Estrellado
3 = Lineal
4 = Irregular

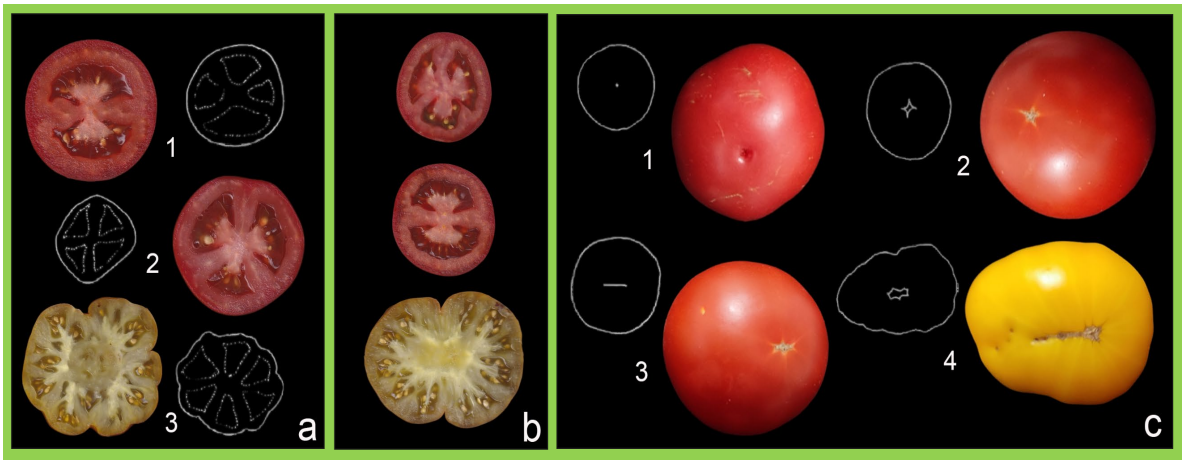


Figura 19.a) Forma del corte transversal del fruto (FCTF), b) Número de lóculos (NL), y c) Forma de la cicatriz del pistilo (FCP).

Forma del terminal de la floración del fruto (FTFF). – Se visualizó la parte terminal del fruto maduro y se la categorizó de acuerdo con el grado de pronunciación de la cicatriz pistilar.

1 = Indentada
2 = Aplanada
3 = Puntiaguda

Condición de la cicatriz del terminal de la floración (CCTF). – Se visualizó la parte terminal del fruto maduro.

1 = Abierta
2 = Cerrada
3 = Ambas

Firmeza del fruto (FDF). – La firmeza de los frutos se determinó cuando los frutos se encontraban en plena maduración. Se oprimió con una fuerza controlada en la parte más ancha del fruto.

3 = Débil
5 = Intermedia
7 = Firme

- **Descriptor de la Semilla**

Forma de la semilla (FS). – Se extrajo las semillas de tres frutos como mínimo por planta, se las proceso y se clasificó de acuerdo con la forma que más predominaba.

1 = Globular
2 = Ovada
3 = Triangular con la base puntiaguda

Peso de 1000 semillas (PS). – Se cuantificó con un contador de semillas y se pesaron en una balanza analítica digital.

Color de la semilla (CS). – Se evaluó de forma visual a un conjunto de semillas previamente procesadas y secas.

1 = Amarillo Claro
2 = Amarillo Oscuro
3 = Gris
4 = Marrón
5 = Marrón oscuro
6 = Marrón Claro

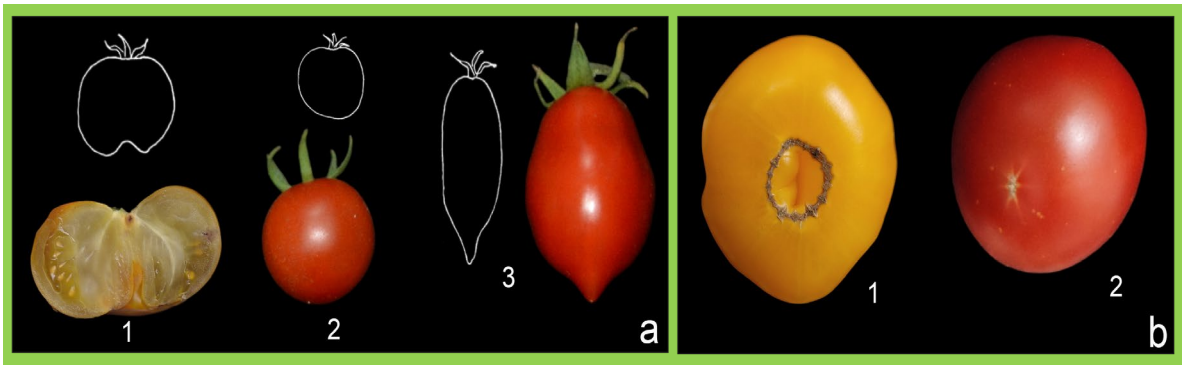


Figura 20. a) Forma del terminal de la floración del fruto (FTFF), y b) Condición de la cicatriz del terminal de la floración (CCTF).

3.3.5.3. Descriptor de Tomato Analyzer

Para evaluar las características de la forma y color del fruto, se empleó el software Tomato Analyzer versión 3.0 a partir del corte longitudinal y transversal del fruto, mediante las siguientes variables morfométricas y colorimétricas.

- **Medidas Básicas**

Perímetro (P). - Se midió en milímetros, sumando todas las longitudes de los lados del corte longitudinal del fruto.

Área (A). - Se midió en milímetros cuadrados, toda la superficie dentro del contorno del corte longitudinal de la fruta.

Anchura Media Altura (WMH). - La anchura se midió en milímetros a la mitad de la altura del fruto de corte longitudinal.

Anchura Máxima (MW). - Se midió en milímetros la distancia horizontal máxima del fruto.

Altura Mitad Anchura (HMW). - La altura se mide a la mitad de la anchura de la fruta, en milímetros.

Altura Máxima (MH). - Se midió la distancia máxima vertical de la fruta en milímetros.

Altura de Curvatura (CH). - Se midió la altura medida a lo largo de una línea curvada a través del fruto (pasando a través de los puntos centrales de pares opuestos de puntos en ambos lados de puntos distales y proximales).

- **Índice de la forma del fruto**

Índice Externo I (FSEI). - Se midió la relación entre la altura máxima y la anchura máxima (MH / MW).

Índice Externo II (FSEII). - Se midió la relación entre altura mediana y anchura mediana (HMW / WMH).

Índice Curvatura del Fruto (FSC). - Se midió la relación entre la altura curva y la anchura de la fruta en la altura mediana curva, medida perpendicular a la línea de altura curvatura (CH / CW).

- **Bloque**

Bloque Proximal de la Fruta (PFB). – Se midió la relación entre la anchura en la posición de bloqueo superior (U) y la altura media de anchura (X / WMH).

Bloque Distal Fruta (DFB). – Se midió la proporción de la anchura en la posición de bloqueo inferior (L) a la amplitud de la altura media (Y / WMH).

Triangulo de Forma Fruta (FST). – Se midió la relación entre la anchura en la posición de bloqueo superior (U) y la altura en la ubicación de bloqueo inferior (L), (X / Y).

- **Homogeneidad**

Elipsoide (E). - Se midió la proporción del error resultante de una elipse mejor ajustada a la zona de la fruta. El error es la magnitud media de residuos (Res) a lo largo del perímetro de la fruta, dividida por la longitud del eje principal (más largo) de la elipse. Los valores más pequeños indican que el fruto es más elíptico.

Circular (C). – Se midió la proporción del error resultante de un círculo mejor ajustado a la superficie de la fruta. El error es la magnitud media de residuos (Res) a lo largo del perímetro de la fruta, dividida por el radio del círculo. Los valores más pequeños indican que la fruta es más circular.

Rectangular (R). – Se midió la proporción de la superficie del rectángulo que limita el fruto a la zona del rectángulo limitado por la fruta (Sin / Sout).

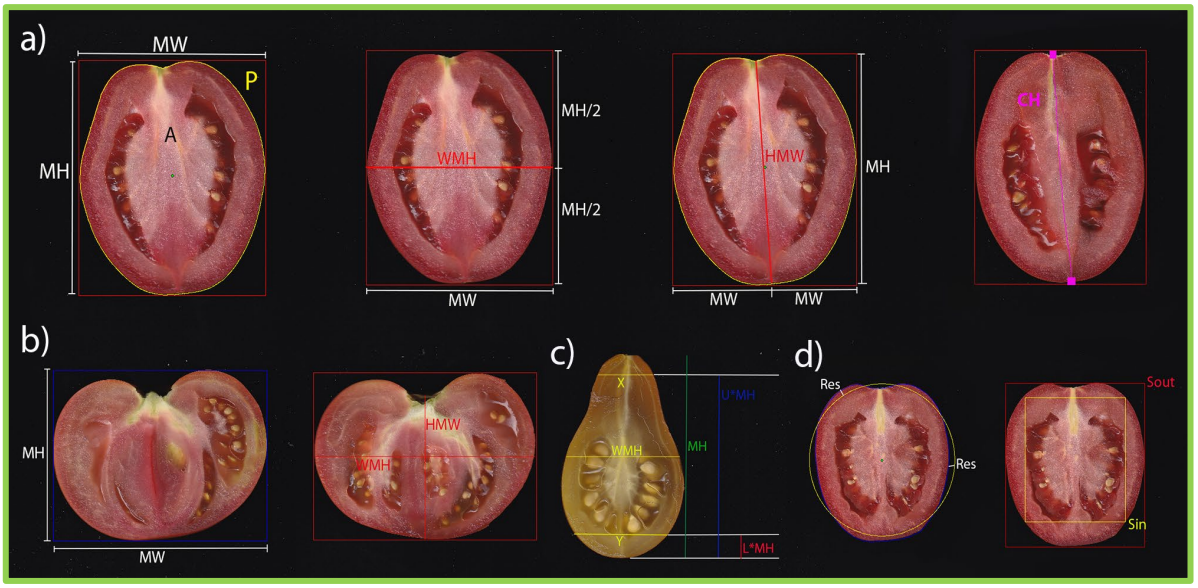


Figura 21.a) Medidas básicas b) Índice de la forma del fruto, c) Bloque, y d) Homogeneidad.

- **Forma del extremo proximal del fruto**

Altura de los Hombros (SH). – Se midió la relación de la altura media de los puntos del hombro por encima del punto final proximal a la altura máxima. La altura de los puntos del hombro (H_sl y H_sr) se mide frente a una línea a través del punto proximal que es perpendicular a la línea entre el punto proximal y el centro de gravedad (Media (H_sl, H_sr) / H), suponiendo que todos los píxeles tengan la misma masa.

Micro Angulo Proximal (PMI). – Se midió el ángulo entre las líneas más adecuadas dibujadas a través del perímetro de la fruta en ambos lados del punto final proximal. La configuración Micro Distancia determina el porcentaje del perímetro del punto final proximal en el que se centrarán los puntos de regresión lineal utilizados para encontrar la línea más adecuada. Los puntos que comprenden el 1% del perímetro en ambos lados de ese punto central se utilizan en la regresión (∠EDF).

Macro Angulo Proximal (PMA). – Se midió el ángulo entre las líneas más adecuadas dibujadas a través del perímetro de la fruta en ambos lados del punto final proximal. La configuración de Macro Distancia determina el porcentaje del perímetro del punto final proximal en el que se centrarán los puntos de regresión lineal utilizados para encontrar la

línea más adecuada. Los puntos que comprenden el 5% del perímetro en ambos lados de ese punto central se utilizan en la regresión (∠EDF).

Área Indentación Proximal (PIA). – Se midió la relación de la superficie de la indentación proximal (limitada por los puntos proximales del hombro, P_sl y P_sr) con la superficie total del fruto, multiplicada por 10 (K/S * 10).

- **Forma del extremo distal del fruto**

Micro Angulo Distal (grados) (DMI). – Se midió el ángulo entre las líneas más adecuadas dibujadas a través del perímetro de la fruta en ambos lados del punto final distal. La configuración de Micro Distancia determina el porcentaje del perímetro del punto final distal en el que se centrarán los puntos de regresión lineal utilizados para encontrar la línea más adecuada. Los puntos que comprenden el 1% del perímetro en ambos lados de ese punto central se utilizan en la regresión (∠EDF).

Macro Angulo Distal (grados) (DMA). – Se midió el ángulo entre las líneas más adecuadas dibujadas a través del perímetro de la fruta en ambos lados del punto final distal. La configuración de Macro Distancia determina el porcentaje del perímetro del punto final distal en el que se centrarán los puntos de regresión lineal utilizados para encontrar la línea más adecuada. Los puntos que comprenden el 5% del perímetro en ambos lados de ese punto central se utilizan en la regresión (∠EDF).

Área Indentación Distal (DIA). – Se midió la proporción de la superficie de la indentación distal (limitada por los puntos de protrusión distal, D_sl y D_sr) a la superficie total del fruto, multiplicada por 10 (K_i / S * 100).

Protuberancia Extremo Distal (DEA). – Se midió la relación entre la superficie de la protrusión distal (limitada por los puntos de protrusión distal, D_sl y D_sr) y la superficie total del fruto, multiplicada por 10 (K_p / S * 100).

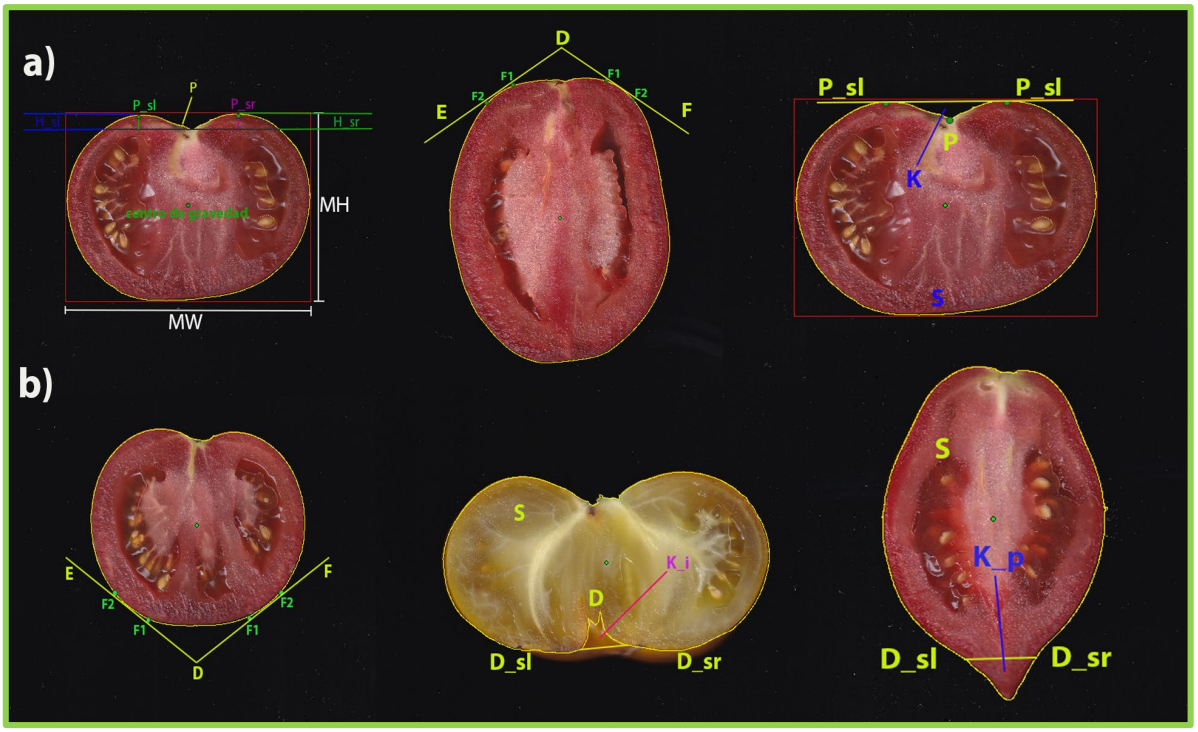


Figura 22.a) Forma del extremo proximal del fruto, y b) Forma del extremo distal del fruto.

- **Asimetría**

Obovoide (OB). – Si la superficie de la fruta es mayor por debajo de la altura mediana que por encima de ella, entonces Obovoid se calcula a partir de la anchura máxima (MW), la altura a la que ocurre la amplitud máxima (y), el ancho promedio sobre esa altura (w1), y la largura promedio por debaixo de esa altitud (w2), y una función de escala_ob como: obovoid = 1/2 * scale_ob(y) * (1 – w1/MW + w2/MW). Si Obovoid > 0, deduce 0,4 de lo contrario, Obovoid es 0.

Ovoide (OV). – Si la superficie de la fruta es mayor por encima de la altura media que por debajo de ella, entonces ovoid se calcula a partir de la anchura máxima (MW), la altura a la que ocurre la amplitud máxima (y), el ancho promedio por arriba de esa altura (w1), y el anillo promedio bajo esa altitud (w2), y una función de escala como: ovoid = 1/2 * scale_ov(y) * (1 – w2/MW + w1/MW). Si ovoid > 0, subrayar 0,4 de lo contrario, ovoid es 0.

V. Asimetría (ASv). – Se midió la distancia media (Res_w) entre una línea vertical a través de la fruta a mediano ancho y el punto medio de la anchura del fruto en cada altura.

H. Asimetría ob (Asob). – Si el área de la fruta es mayor por debajo de la altura media que por encima de ella, H.Asimetría.Ob es la distancia media (Res_h) entre una línea horizontal a través de la fruta en la altura mediana y el punto medio de la altura del fruto en cada anchura. De lo contrario, es 0.

H. Asimetría ov (Asov). – Si el área de la fruta es mayor por encima de la altura media que por debajo de ella, H.Asimetría.Ov es la distancia media (Res_h) entre una línea horizontal a través de la fruta en la altura mediana y el punto medio de la altura del fruto en cada anchura. De lo contrario, es 0.

Ancho Posición más amplia (WWP). – Se midió la relación de la altura a la que ocurre la anchura máxima a la altura máxima (y / MH).

- **Excentricidad interna**

Excentricidad (EC). – Se midió la relación entre la altura de la elipse interna y la altura máxima ((yt - yb) / MH).

Excentricidad Proximal (PEC). – Se midió la proporción de la altura de la elipse interna a la distancia entre la parte inferior de la elipse y la parte superior de la fruta ((yt - yb) / (H – yb)).

Excentricidad Distal (DEC). – Se midió la proporción de la altura de la elipse interna a la distancia entre la parte superior de la elipse y la parte inferior de la fruta ((yt - yb) / yt)).

Índice Forma de Fruta Interna (FSI). – Se midió la relación entre la altura de la elipse interna y su anchura ((yt - yb) / (yr – yl)).

Índice de área de excentricidad (EA). – Se midió la proporción de la superficie de la fruta fuera de la elipse a la superficie total del fruto.

- **Sección latitudinal**

Grado de lobulación (LD). – Se midió la desviación estándar de las distancias (d) del centro de peso (suponiendo que todos los píxeles tienen la misma masa) al perímetro, multiplicada por 100.

Área del Pericarpio (PA). – Se midió la proporción de la superficie dentro del límite del pericarpio (PB) a la superficie de la fruta.

Espesor del pericarpio (PT). – Se midió la relación de la longitud media del pericarpo a lo largo de líneas horizontales y verticales a través del centro de peso (suponiendo que todos los píxeles tienen la misma masa) a la media de la altura y la anchura máxima ((Media (h1 + h2, w1 + w2) / Media (H, W)).

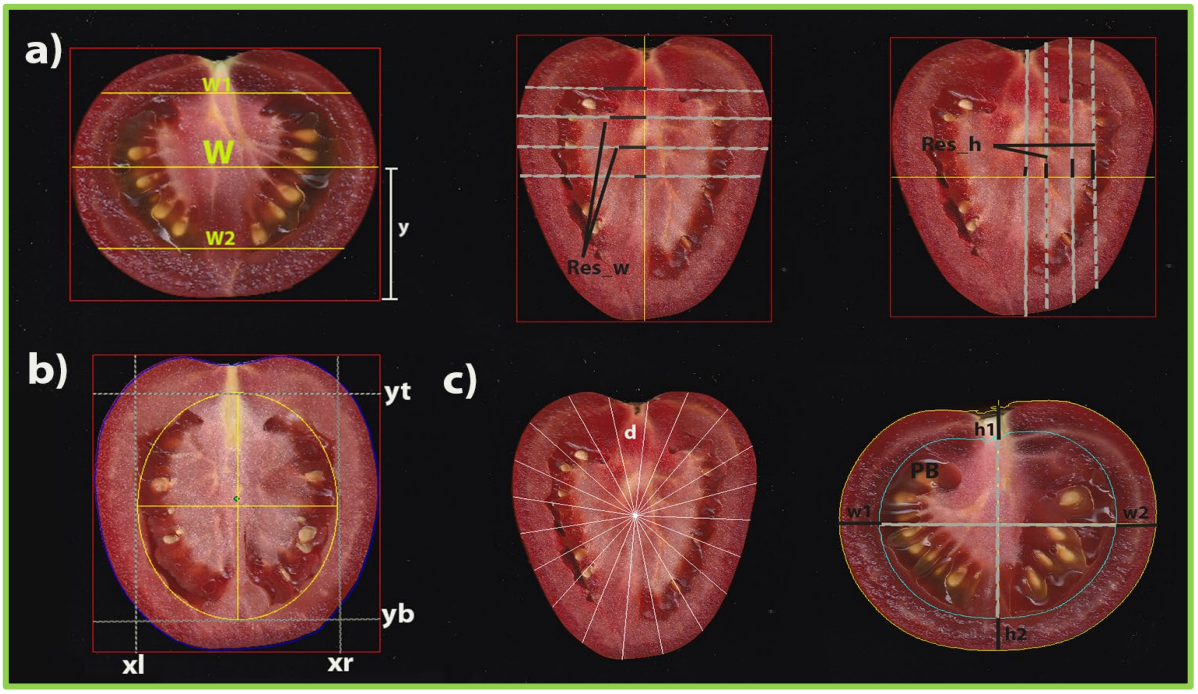


Figura 23.a) Asimetría, b) Excentricidad interna, y c) Sección latitudinal.

- **Valores medios de color**

Rojo (Red). – Se calculó el valor promedio de Red (0-255) en el sistema de colores RGB en todos los píxeles del objeto.

Verde (Green). – Se calculó el valor promedio de Green (0-255) en el sistema de colores RGB en todos los píxeles del objeto.

Azul (Blue). – Se calculó el valor Blue promedio (0-255) en el sistema de colores RGB en todos los píxeles del objeto.

Luminosidad media (AL). – Se calculó la luminosidad media (0-240) a través de todos los píxeles, calculada a partir del valor RGB de cada píxel como: [(Max (Red, Green, Blue) + min (Red, Green, Blue)) * 240] / (2 * 255).

L* (L). – Se calculó el valor promedio de L* (0-100) en el sistema de colores L*a*b* en todos los píxeles del objeto.

a* (A). – Se calculó el valor medio a* (0-100) en el sistema de colores L*a*b* en todos los píxeles del objeto.

b* (B). – Se calculó el valor medio b* (0-100) en el sistema de colores L*a*b* en todos los píxeles del objeto.

Ángulo de tono (HA). – Se calculó el tono (0°-360°) representado por el valor Medio a y el valor B.

Chroma (CHR). – Se calculó el chroma representado por el valor Medio a y el valor B promedio.

3.3.6. Análisis estadístico

Los datos generados en la investigación se plasmaron en un libro de campo, se digitalizaron y se dividieron en variables cuantitativas y cualitativas; luego, se sometieron a varios análisis con los siguientes softwares: Microsoft Excel, Infostat versión 2008, SPSS versión 27, RStudio versión 4.4.0 y el Software Tomato Analyzer 3.

3.3.7. Análisis estadístico Univariado

3.3.7.1. Análisis descriptivo

El análisis descriptivo se realizó para observar la distribución y el comportamiento inicial de las variables, donde se contempló la media, desviación estándar, mínima, máxima, rango y coeficiente de variación de cada variable. El análisis fue procesado con el programa estadístico Infostat versión 2008.

3.3.7.2. Diagrama de caja y bigotes

Se utilizó este análisis para observar la distribución y variabilidad de datos, contemplando la media, cuartil 1(Q1), cuartil 2(Q2), cuartil 3(Q3), mínima, máxima y valores atípicos de

cada variable cuantitativa de los descriptores convencionales IPGRI y UPOV. Para el análisis de datos se utilizó el software RStudio versión 4.4.0 (Librería: ggplot2).

3.3.7.3. Análisis de frecuencias

Se realizó este análisis para determinar y cuantificar los caracteres morfológicos más y menos comunes dentro de la población estudiada. Para este análisis se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 27.

3.3.8. Análisis estadístico multivariado

3.3.8.1. Análisis de correlación

Se generó la matriz de correlación para determinar la relación positiva, nula o negativa de cada par de variables, de las 22 variables cuantitativas donde se graficó un diagrama de dispersión para representar la relación de cada par de variables. Para el análisis de correlación se utilizaron el software R versión 4.4.0. (Librería: GGally).

3.3.8.2. Análisis de componentes principales (PCA)

Se usó el análisis de componentes principales (PCA) con el objetivo de resumir la información de cada variable y convertirlas en vectores para identificar la contribución de cada una de ellas, todas ubicadas en los dos primeros componentes principales. Para el análisis de las variables generadas por los descriptores convencionales se utilizó el software RStudio versión 4.4.0 (Librerías: Factoextra y FactoMineR). Con los datos generados por Tomato Analyzer, se realizó el análisis Biplot PCA con el objetivo de visualizar la agrupación de los genotipos (puntos en el espacio) agrupados por elipses, con relación a las variables (vectores), en los dos primeros componentes principales, utilizando el software RStudio versión 4.4.0 (Librerías: Factoextra y FactoMineR).

3.3.8.3. Análisis de correspondencia múltiple (MCA)

Se utilizó el análisis de correspondencia múltiple (MCA) para visualizar la posición de las accesiones en las primeras dos dimensiones; también se utilizó el (MCA) para ver el comportamiento de cada variable categórica, mediante las elipses en las dos primeras dimensiones. Para el análisis de datos se utilizó el software RStudio versión 4.4.0 (Librerías: Factoextra y FactoMineR).

3.3.8.4. Análisis clúster

El análisis clúster se utilizó para identificar grupos dentro de un conjunto de accesiones y compararlos según las similitudes que presentan en cada grupo, calculando la matriz de distancia de las accesiones en función de las variables cuantitativas y cualitativas, utilizando la distancia euclidiana y el método de agrupamiento jerárquico de enlace promedio UPGMA "average". Para el análisis de datos se utilizó el software RStudio versión 4.4.0. (Librería: Factoextra).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Condición Ambiental

Los datos de temperatura fueron tomados mediante un termómetro (Kasvi) durante todo el ciclo del cultivo en invernadero. La influencia del calor durante el ciclo del cultivo contribuye en el crecimiento vegetativo, estimula la floración, maduración temprana de los frutos y polinización. Sin embargo, el incremento de las temperaturas a lo largo del cultivo ocasiona mayor evapotranspiración, aborto floral, esto puede regularse mediante ventilación con la apertura de las ventanas, además aumentando el tiempo y la frecuencia del riego.

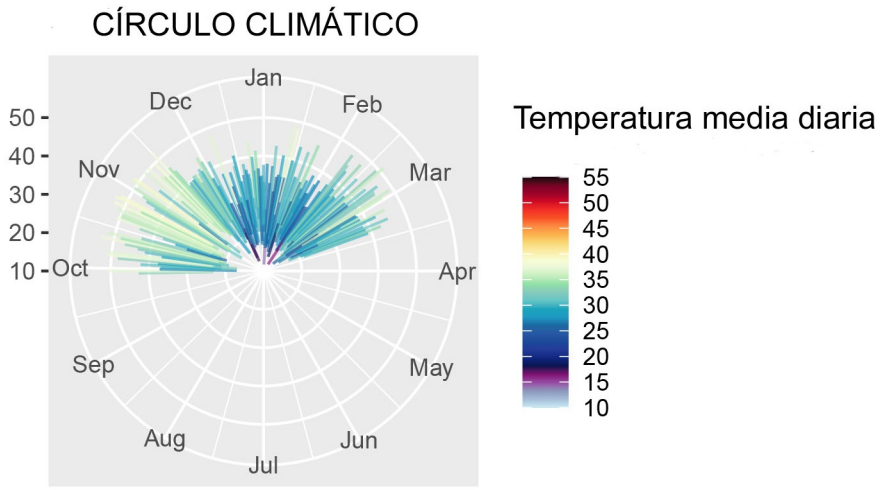


Figura 24. Circulo climático de la temperatura registrada durante la campaña agrícola 2022-2023 durante los meses de septiembre hasta finales de mayo

La Figura 24, ilustra el comportamiento de la temperatura durante la campaña agrícola 2022-2023. Se evidenció que los meses de septiembre y noviembre, presentaron temperaturas de 56 °C como máximo y 16,6 °C como mínimo, lo cual no influye de manera negativa en esta etapa, ya que los rangos para un desarrollo óptimo del cultivo oscilan entre los 28-30 °C durante el día y 15-18 °C durante la noche. También se observó que, entre los meses de noviembre y diciembre, en la etapa de floración y cuajado, las temperaturas de 44.9 °C máximo y 12.8 °C mínimo limitaron el proceso de fructificación en algunas especies (*S. chilense*) debido a que temperaturas de más de 35 °C y menos de 10 °C durante la floración, provocan el aborto floral y limitan el cuajado del fruto, aunque existen materiales genéticos que cuajan a altas temperaturas. En la etapa de cosecha, entre los meses de diciembre a marzo, se presentaron temperaturas de 51.2 °C máximo y 11.7 °C mínimo,

donde se observó que no hubo condiciones desfavorables para el desarrollo del cultivo, ya que con temperaturas entre 10 y 12 °C, la planta detiene su crecimiento y desarrollo.

4.2. Análisis de estadística descriptiva univariada

4.2.1. Análisis descriptivo para variables cuantitativas evaluadas con descriptores convencionales (IPGRI y UPOV)

Según (Franco e Hidalgo, 2003) un CV > 50%, sugiere que tienen una alta variabilidad y un CV < 20%, indica que la especie puede tener poca variabilidad en estos caracteres. Los resultados descritos en el Cuadro 2, muestran el comportamiento estadístico de tendencia central y de dispersión para los datos cuantitativos de los cuales 11 variables superaron el 50% demostrando una alta variabilidad de las cuales se las representó con los símbolos * y **, según al grado de variabilidad.

Cuadro 2. Estadística descriptiva para variables cuantitativas evaluadas con descriptores convencionales

Descriptor Convencional Cuantitativo							
Descriptor de la planta	**Cod**	**Media**	**D.E.**	**Rango**	**Mín**	**Máx**	**CV**
Longitud de la Hoja Primaria (mm)	LHP	24,21	6,68	32,67	5,22	37,89	27,59
Ancho de la hoja primaria (mm)	AHP	18,18	6,28	29,9	4,58	34,48	34,52
Longitud de la enredadera (cm)	LE	134,16	50,57	228,1	5,9	234	37,7
Descriptor de la Flor							
Longitud de pétalo (mm)	LDP	11,68	2,1	8,13	8,57	16,7	17,97
Longitud de sépalo (mm)	LS	9,43	3,29	16,77	2,98	19,75	34,89
Longitud de estambre (mm)	LDE	7,27	1,12	4,94	4,81	9,75	15,41
Numero de flores por Racimo (Unid)	NFR	9,56	8,08	60	4	64	**84,58****
Descriptor del Fruto							
Peso del fruto (g)	PF	34,67	39,33	144,16	0,08	144,24	**113,46****
Longitud del fruto (mm)	LF	33,17	17,05	74,09	1,64	75,73	**51,4***
Ancho del fruto (mm)	AF	33,75	16,35	67,47	1,84	69,31	48,44
Longitud del pedicelo (cm)	LP	10,44	8,2	34,1	1,36	35,46	**78,51****
Longitud del pedicelo desde la capa de la absición (cm)	LPCA	13,92	3,5	20,7	1,23	21,93	25,13
Ancho de la cicatriz del pedicelo (mm)	ACP	3,9	2,37	11,52	0,35	11,87	**60,78***
Tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz (mm)	TZCAC	5,64	3,81	16,45	0,37	16,82	**67,49***
Grosor de la piel del fruto (mm)	GPF	0,25	0,17	0,87	0,13	1	**68,67***
Grosor del pericarpio (mm)	GP	4,52	2,47	9,33	0,18	9,51	**54,67***
Tamaño del corazón (cm)	TDC	15,64	11,4	47,69	0,34	48,03	**72,88****

Solidos solubles totales (Brix)	SS	9,19	2,27	14,22	2,55	16,77	24,72
Firmeza del Fruto	FF	31,98	7,95	35,55	15,38	50,93	24,87
Numero de frutos por racimo (unid)	NFDR	7,41	3,85	17	3	20	**52***
Numero de lóculos	NL	3,13	2,47	14	2	16	**78,98****
Descriptor de la semilla							
Peso de 1000 semillas (g)	PS	2,14	0,81	3,19	0,38	3,57	37,63

Fuente: Elaboración propia, 2024; DE: Desviación Estándar; CV: Coeficiente de Variación; Cod: Código; Mín: Mínimo; Máx: Máximo.

El conjunto de variables del fruto presentó una amplia variabilidad en: peso del fruto (CV=113.46**), tamaño del corazón (CV=72.88**), tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz (CV=67.49*), ancho de la cicatriz del pedicelo (CV=60.78*), grosor del pericarpio (CV=54.67*) y longitud del fruto (CV=51.4*). Dichas variables contribuyen al aspecto del fruto, esto debido al gen fw2.2, que influye en la división celular, lo que explica el incremento del tamaño del fruto y con ello los demás aspectos. Por otro lado, el número de lóculos (CV=78.98*, Mín=2 y Máx=16) está estrechamente relacionado con el tamaño del fruto. De acuerdo con (Álvarez et al., 2009), mientras más silvestres sean, menor será el número de lóculos que presentan, debido a la influencia de los genes fas y lc que controlan y regulan el número de lóculos (Rodríguez et al., 2011). El número de flores por racimo (CV=84.58**, Máx=64 unidades) presenta una amplia diversidad de datos debido a la presencia de especies silvestres como ser: *S. pimpinellifolium, S. habrochaites, S. arcanum, S. pennellii y S. chilense,* debido a su hábitat y naturaleza silvestre presentan estructuras rústicas. Para asegurar su polinización, tienden a formar mayor cantidad de flores, con frutos pequeños aptos para su supervivencia (Goykovic y Saavedra del Real, 2019). En cuanto al número de frutos por racimo con (CV=52*, Mín=3 y Máx=20), está asociado al número de flores y al proceso de fecundación exitoso, según los genotipos estudiados, especies cultivadas del género *S. lycopersicum* tienden a tener menos frutos de gran tamaño en comparación al género *S. pimpinellifolium*, que por su naturaleza silvestre le permite generar muchos frutos de tamaño reducido.

4.2.2. Análisis descriptivo para variables cuantitativas evaluadas con el descriptor de alto rendimiento Tomato Analyzer

Los resultados detallados en el Cuadro 3, muestran el comportamiento estadístico de tendencia central y de dispersión para los datos cuantitativos obtenidos por el software Tomato Analyzer, de los cuales 16 variables superaron el 50 %, demostrando una alta

variabilidad en estos caracteres, de las cuales se las represento con los símbolos * y **, según al grado de variabilidad.

Cuadro 3. Estadística descriptiva para variables cuantitativas evaluadas con el software Tomato Analyzer

Descriptor Tomato Analyzer							
Medidas básicas	**Cod**	**Media**	**D.E.**	**Rango**	**Mín.**	**Máx.**	**CV**
Perímetro (mm)	P	132,57	64,77	199,43	32,3	231,73	48,86
Área (mm2)	A	1426,03	1119,88	3366,95	73,53	3440,48	**78,53***
Anchura Media Altura (mm)	WMH	38,28	18,38	63,67	9,65	73,32	48
Anchura Máxima (mm)	MW	38,63	18,56	64,1	9,71	73,81	48,05
Altura Mitad Anchura (mm)	HMW	37,06	18,9	70,45	9,51	79,96	**50,99***
Altura Máxima (mm)	MH	38,52	19,65	70,68	9,65	80,33	**51,02***
Altura de Curvatura (mm)	CH	40,25	19,52	68,8	12,62	81,42	48,49
Índice de la forma de fruto							
Índice Externo I	FSEI	1	0,23	1,03	0,63	1,66	22,71
Índice Externo II	FSEII	0,98	0,26	1,32	0,52	1,84	26,38
Índice Curvatura del Fruto	FSC	1,08	0,24	1,11	0,76	1,87	22,16
Bloque							
Bloque Proximal de la Fruta	PFB	0,69	0,05	0,31	0,49	0,8	7,72
Bloque Distal Fruta	DFB	0,62	0,06	0,5	0,33	0,83	9,88
Triangulo de Forma Fruta	FST	1,13	0,18	1,46	0,59	2,05	16,07
Homogeneidad							
Elipsoide	E	0,03	0,02	0,08	0,01	0,09	**62,49***
Circular	C	0,06	0,05	0,2	0,02	0,22	**75,04***
Rectangular	R	0,52	0,03	0,2	0,38	0,58	5,63
Forma del extremo proximal del fruto							
Altura de los Hombros	SH	0,02	0,02	0,0893	0,0007	0,09	**95,84****
Micro Angulo Proximal	PMI	160,77	51,12	233,34	39,7	273,04	31,8
Macro Angulo Proximal	PMA	151,86	37,89	166,82	73,08	239,9	24,95
Área Indentación Proximal	PIA	0,03	0,03	0,1698	0,0002	0,17	**105,03****
Forma del extremo distal del fruto							
Micro Angulo Distal (grados)	DMI	150,53	24,16	99,26	79,22	178,48	16,05
Macro Angulo Distal (grados)	DMA	145,08	16,65	81,84	83,22	165,06	11,48
Área Indentación Distal	DIA	0,01	0,02	0,0599	0,0001	0,06	**132,46****
Protuberancia Extremo Distal	DEA	0,59	1,17	3,8295	0,0005	3,83	**196,07****
Asimetría							
Obovoide	OB	0,07	0,08	0,36	0,01	0,37	**105,21****
Ovoide	OV	0,12	0,05	0,21	0,02	0,23	40,55
V. Asimetría	ASv	0,05	0,05	0,29	0,01	0,3	**108,25****
H. Asimetría ob	Asob	0,06	0,17	0,7996	0,0004	0,8	**283,83****

H. Asimetría ov	Asov	0,07	0,07	0,3194	0,0006	0,32	**103,96****
Ancho Posición más amplia	WWP	0,48	0,04	0,27	0,4	0,67	8,17
Excentricidad interna							
Excentricidad	EC	0,74	0,07	0,3	0,5	0,8	9,72
Excentricidad Proximal	PEC	0,86	0,07	0,35	0,55	0,9	8,11
Excentricidad Distal	DEC	0,87	0,03	0,18	0,71	0,89	3,92
Índice Forma de Fruta Interna	FSI	0,95	0,2	0,89	0,49	1,38	20,73
Índice de área de excentricidad	EA	0,44	0,07	0,24	0,37	0,61	15,1
Sección latitudinal							
Grado de lobulación	LD	1,21	0,83	3,99	0,36	4,35	**68,73***
Área del Pericarpio	PA	0,58	0,09	0,48	0,33	0,81	15,06
Espesor del pericarpio	PT	0,24	0,05	0,26	0,1	0,36	22,29
Valores medios de color							
Rojo	Red	131,31	25,67	157,65	2,04	159,69	19,55
Verde	Green	70,04	24,47	127,49	0,56	128,05	34,93
Azul	Blue	55,54	14,37	80,83	0,25	81,08	25,88
Luminosidad media	AL	90,56	13,07	77,08	58,93	136,01	14,44
L*	L	39,19	9	58,01	23,71	81,72	22,97
a*	A	23,09	15,02	78,42	-9,9	68,52	**65,03***
b*	B	25,18	11,81	82,6	13,08	95,68	46,9
Ángulo de tono	HA	49,9	25,13	79,67	31,33	111	**50,37***
Chroma	CHR	34,58	5,46	22,45	18,29	40,74	15,8

Fuente: Elaboración propia, 2024; DE: Desviación Estándar; CV: Coeficiente de Variación; Cod: Código; Mín: Mínimo; Máx: Máximo.

Las variables de Tomato Analyzer demostraron valores altos de CV para diferentes características morfométricas, las cuales son: asimetría, forma del extremo distal y proximal del fruto y homogeneidad, lo que es indicador de un alto grado de diversidad existente en la forma externa del fruto. Autores como (Nankar et al., 2020) encontraron resultados similares en estas variables. El área, presentó (CV = 78.53*, Max=3440.48 y Min=73.53) valores que concuerdan con la variable peso del fruto (IPGRI) por la amplia variación existente entre este conjunto de datos, esto debido a la diversidad de frutos evaluados con este software. Por último, los descriptores colorimétricos, la variable color (a*) presentaron un (CV=64.03*, Max y Min de 68.52 y -9.9), esto debido a la presencia de una amplia gama de colores en el fruto, a* describe los componentes del color (rojo–verde) donde los valores positivos indican rojo y valores negativos indican verde, esto es a causa de la presencia o carencia de pigmentos naturales como el licopeno (rojo) y la clorofila presente en tomates verdes que disminuyen a lo largo de la maduración.

4.2.3. Diagrama boxplot para el análisis de variabilidad morfológica

En la Figura 25, 26 y 27 se observa el análisis del diagrama boxplot donde se representa la distribución de datos de 19 variables cuantitativas pertenecientes a los descriptores de planta, flor y fruto donde se observó la dispersión de los datos en los cuartiles: Q1 (primer cuartil, 25%), Q2 (mediana, 50%) y Q3 (tercer cuartil, 75%), lo que denota la variabilidad de los datos en cada segmento.

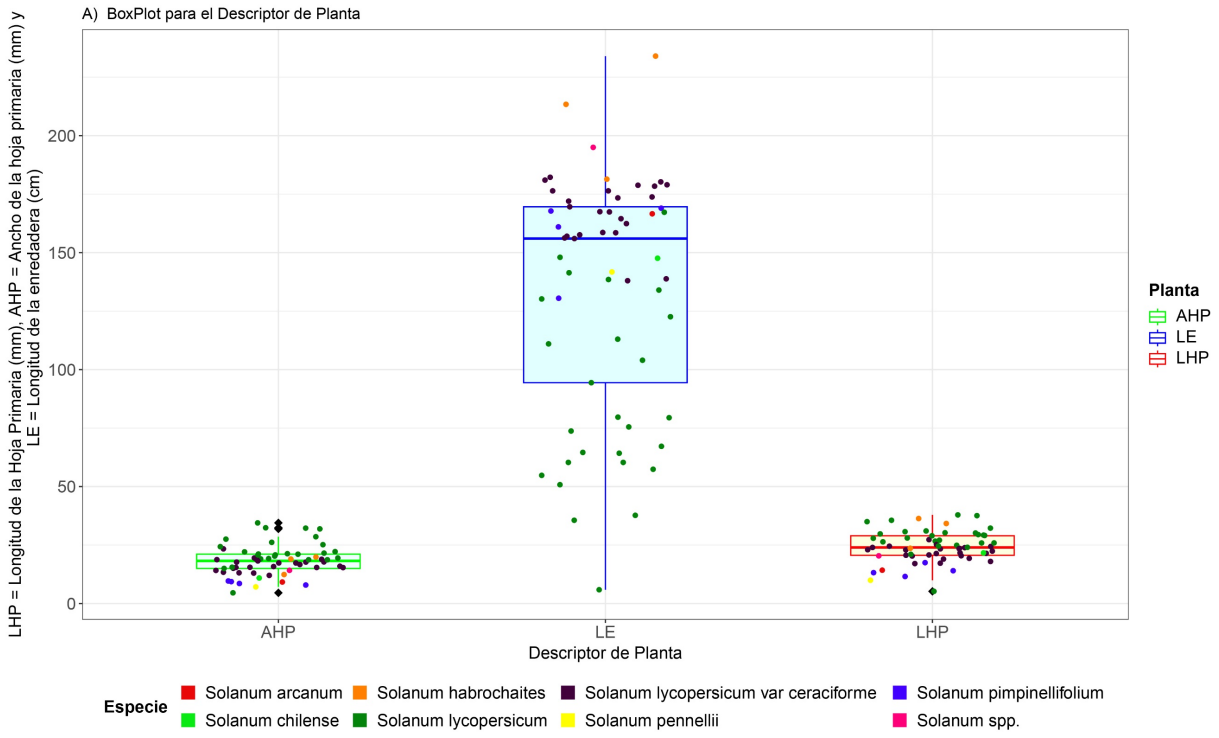


Figura 25. Diagrama Boxplot: Descriptor de planta (A)

En la Figura 25, en el descriptor de planta, la variable longitud de la enredadera (LE) presenta asimetría negativa, la mayor variabilidad se encuentra en el Q1, debido al umbral de crecimiento de cada accesión, mayormente compuestos por el género *S. lycopersicum*, el Q2 y Q3 están conformados principalmente por el género *S. lycopersicum* var *ceraciforme*, mientras que los valores máximos están asociados al género *S. habrochaites*. Estas variaciones están relacionadas con el tipo de crecimiento “determinado” e “indeterminado”.

Estos hallazgos coinciden con los obtenidos por (Florido et al., 2008), identificó variaciones apreciables en las accesiones del género *S. lycopersicum* L. en cuanto al tipo de

crecimiento. De acuerdo a Dogliotti (2012), citado por (Aguilar y Blanco, 2021) la altura de la planta puede variar de acuerdo a su origen genético.

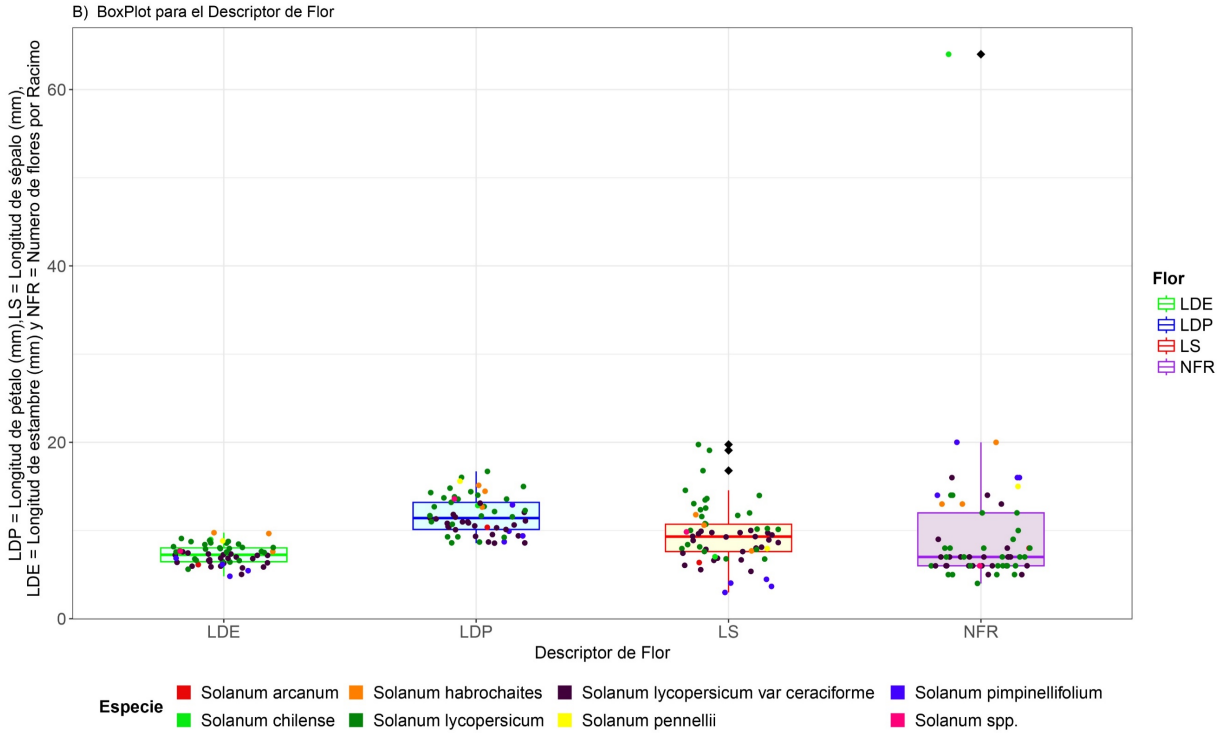


Figura 26. Diagrama Boxplot: Descriptor de Flor (B)

En la Figura 26, el descriptor de flor, el número de flores por racimo (NFR), presenta asimetría positiva, donde la máxima y el Q3 presentaron mayor diversidad, además de la presencia de datos atípicos por el lado de la máxima del género *S. chilense*, los genotipos que la componen pertenecen a especies silvestres, presentando mayormente flores multíparas. De acuerdo a los resultados obtenidos por (Carrillo y Chávez, 2010) en especies semidomesticadas y silvestres, detectaron mayores coeficientes de variación en la variable número de flores por racimo, indicando alta variabilidad.

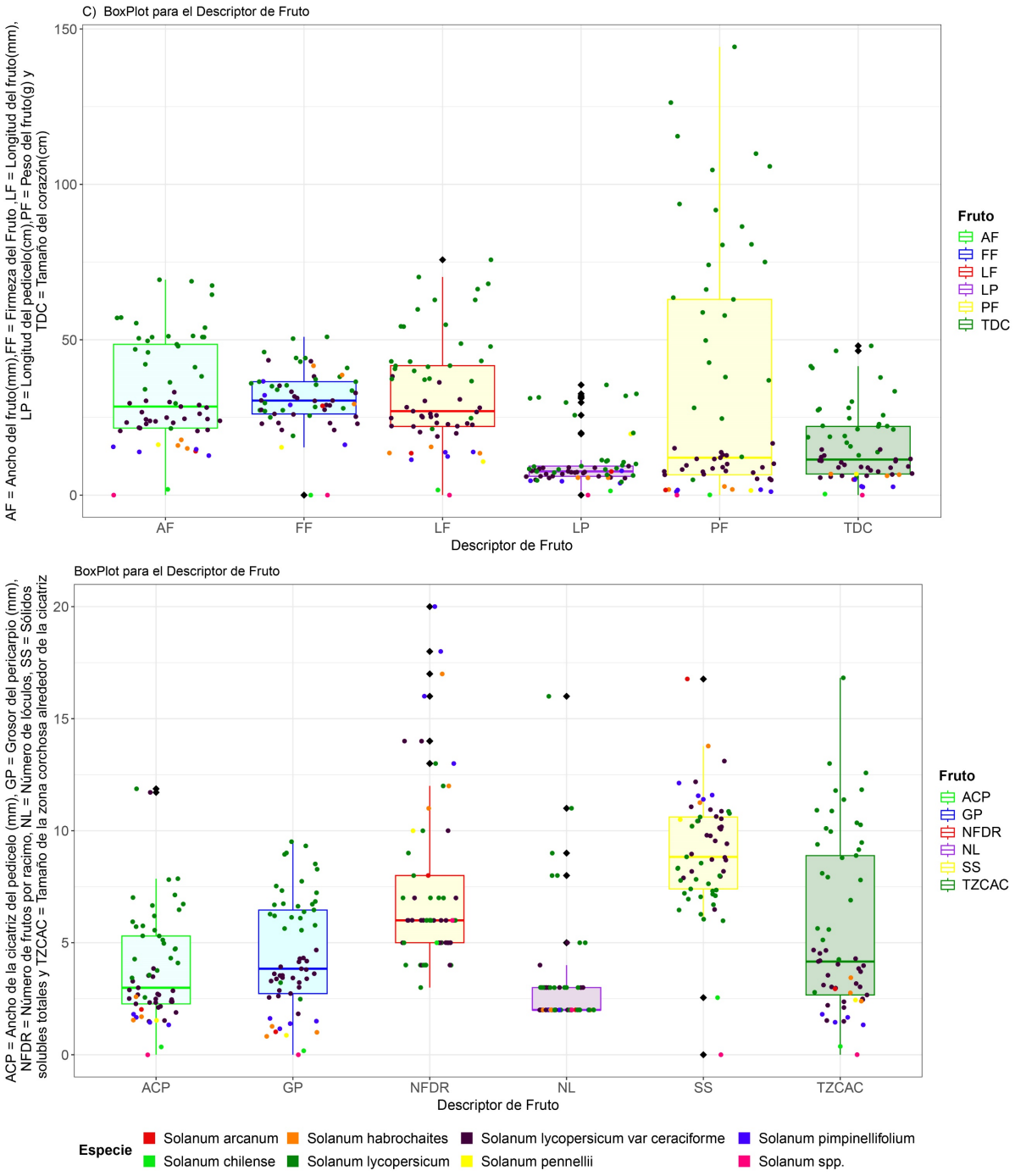


Figura 27. Diagrama Boxplot: Descriptor de Fruto (C)

En la Figura 27, en el descriptor del fruto, las variables ancho del fruto (AF), longitud del fruto (LF), peso del fruto (PF), tamaño del corazón (TDC), ancho de la cicatriz del pedicelo (ACP), grosor del pericarpio (GP) y el tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz (TZCAC) presentan mayor diversidad de datos en el Q3, compuestos en su mayoría por el género *S. lycopersicum*, esto es a causa de la diversidad de formas del fruto que existe dentro de esta especie. Estos hallazgos apoyan los resultados encontrados por (Madrid, 2018) quien reportó mayor variabilidad en descriptores asociados al fruto. De acuerdo con (Mata, 2021), dicha diversidad en la forma del fruto está explicada principalmente por mutaciones en los genes sun, ovate, locule number (lc) y fasciated (fas). El número de frutos por racimo (NFDR) presenta asimetría positiva, el Q3 presenta datos con mayor variabilidad por la presencia de especies silvestres del género *S. pimpinellifolium, S. habrochaites, S. arcanum* y *S. pennellii* que debido a su naturaleza silvestre presentan mayor producción de frutos para garantizar su supervivencia, lo cual es congruente con los resultados hallados por (Monge y Loría, 2019) donde el número de frutos por racimo fue significativamente mayor en los tomates de frutos de tamaño pequeño.

4.2.4. Análisis descriptivo para variables cualitativas evaluadas con descriptores convencionales (IPGRI y UPOV)

La Figura 28, muestra la representación gráfica de las frecuencias de todas las categorías presentes en las diferentes variables en los 5 descriptores: planta, flor, fruto no maduro, fruto maduro y semilla, donde cada punto en el gráfico representa la frecuencia de una categoría, dicha información se encuentra detallada en el Anexo 2.

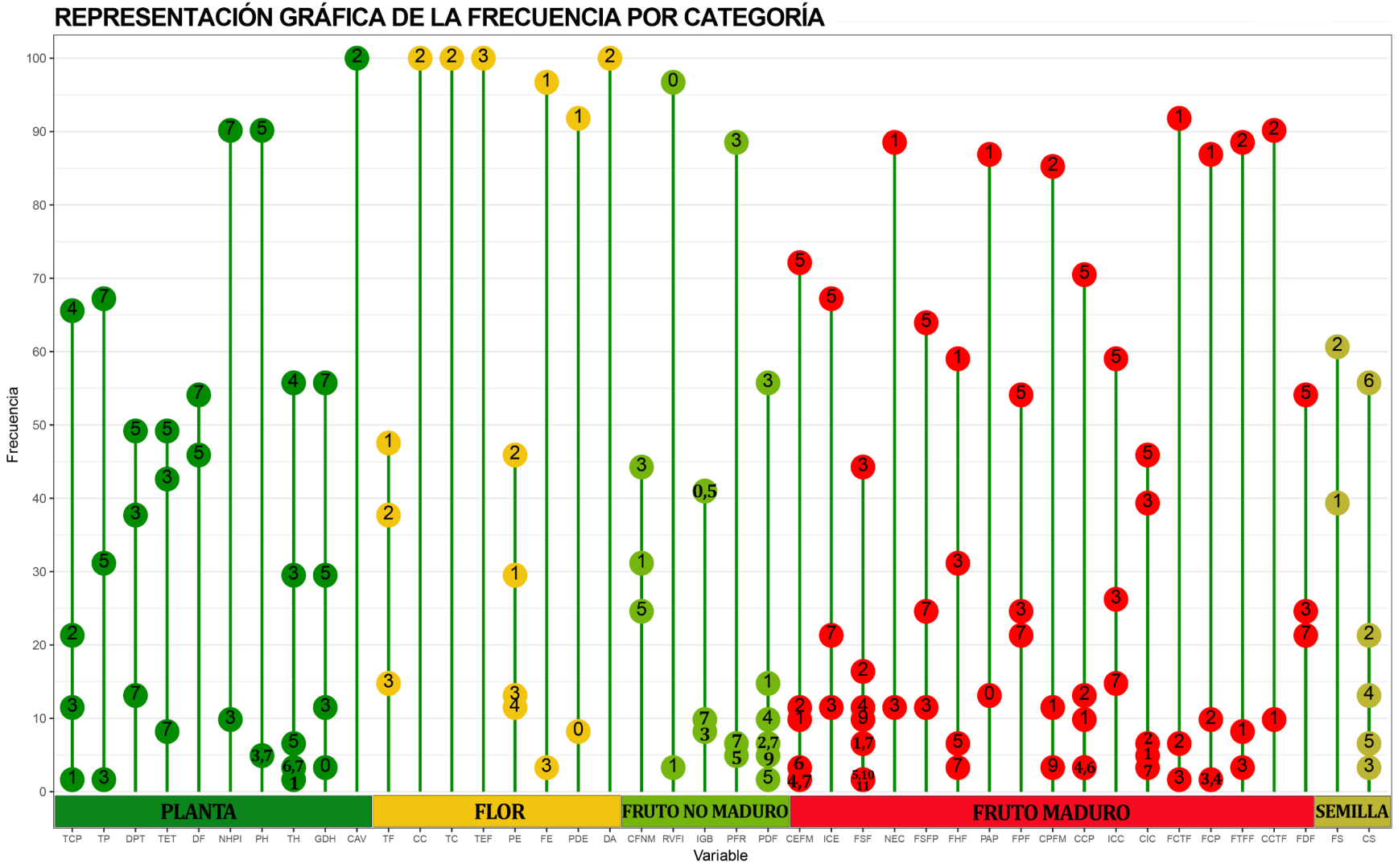


Figura 28. Frecuencias en base a descriptores cualitativos

De acuerdo con el análisis de frecuencias, se identificó a las variables: Coloración antocianina de las venas (Normal), Color de corola (amarillo), Tipo de corola (abierta), Tipo de esterilidad de la flor (polen) y Dehiscencia de la antera (longitudinal) presentaron homogeneidad completa. 13 categorías de los descriptores de planta, flor, fruto maduro e inmaduro están presentes en el 85 % de los genotipos en estudio, donde se caracterizaron por tener hojas de posición horizontal, flores de estilo simple y pubescente, frutos sin rayas verdes con pubescencia escasa, pedicelos con capa de absición y al realizar el corte transversal su forma será redonda, con la forma terminal de la floración aplanada y la cicatriz pistilar punteada y serrada. Por el contrario, se aglomeraron alrededor de 69 categorías, de las cuales solo del 1.3 % al 15% de los genotipos poseen estas características individualmente. Esto demuestra de manera general la variabilidad en las diferentes categorías en cada aspecto de la planta, lo cual es muy útil para identificar los aspectos cualitativos sobresalientes presentes en el material de estudio. Estos resultados refuerzan las observaciones e investigaciones empleadas por (García et al., 2002) y (Morales et al., 2016), los cuales utilizaron un enfoque cualitativo, para poder discriminar e identificar de manera efectiva a los genotipos en estudio.

4.3. Análisis de estadística descriptiva multivariada

4.3.1. Matriz de correlación y dispersión

Según Franco e Hidalgo (2003), el coeficiente de correlación cuantifica términos de asociación entre dos descriptores. En la Figura 29, se observa la matriz de dispersión y el coeficiente de correlación de Pearson, midiendo la tendencia entre cada par de variables numéricas, observando el grado de correlación positiva (1), negativa (-1) o nula (0). Donde 21 valores no son significativos y 210 valores son significativos. Los valores remarcados representan: negro (no significativos), rojo (correlaciones negativas), verde (correlaciones positivas altas) y morado (correlaciones positivas).

Análisis de correlación

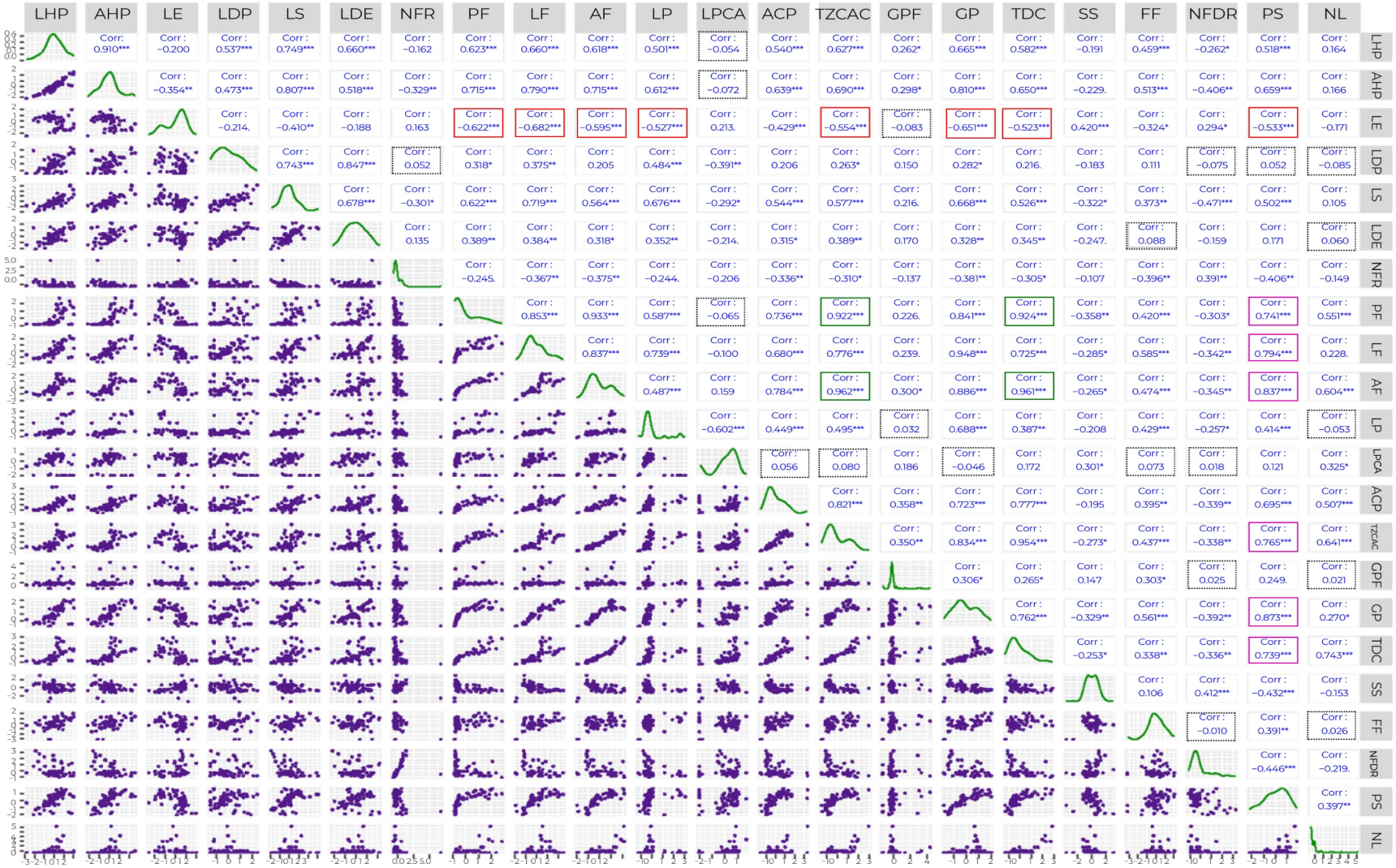


Figura 29. Matriz de correlación y dispersión de 23 variables cualitativas evaluadas con descriptores convencionales

El tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz, TZCAC (0.962*** y 0.922***) y el tamaño del corazón, TDC (0.961*** y 0.924***) presentaron correlaciones positivas altas con respecto al ancho y peso del fruto (AF y PF), esto denota que cuanto mayor sea el tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz y el tamaño del corazón, mayor será el ancho y peso del fruto, y viceversa, dichas peculiaridades se observan en los genotipos pertenecientes a especies cultivadas y silvestres. El peso de 1000 semillas (PS) presentaron correlaciones positivas con el grosor del pericarpio, GP (0.873***), el ancho del fruto, AF (0.837***), la longitud del fruto, LF (0.794***), el tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz, TZCAC (0.765***), el peso del fruto, PF (0.741***) y el tamaño del corazón, TDC (0.739***), indicando que para el incremento en el peso de 1000 semillas los frutos deben de ser grandes características encontradas en los genotipos estudiados del género *S. lycopersicum* y viceversa, la reducción en el peso de 1000 semillas se debe a la reducción del tamaño del fruto, características encontradas en las accesiones silvestres del género *S. pimpinellifolium, S. habrochaites, S. arcanum, S. pennellii y S. chilense.* Estos resultados son comparables con los reportados por (Hernández et al., 2016) quienes también identificaron correlaciones positivas en las variables peso de 1000 semillas y peso del fruto. La longitud de la enredadera (LE) tiene correlaciones negativas con la longitud del fruto, LF (-0.682***), el grosor del pericarpio, GP (-0.651***), el peso del fruto, PF (-0.622***), el ancho del fruto, AF (-0.595***), el tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz, TZCAC (-0.554***), el peso de 1000 semillas, PS (-0.533***), la longitud del pedicelo, LP (-0.527***) y el tamaño del corazón, TDC (-0.523***), lo que indica que a mayor longitud de la enredadera, menor serán las demás variables y viceversa, dichas características representan a las plantas determinadas (con frutos grandes) e indeterminadas (con frutos pequeños). Estos resultados concuerdan con los hallados por (Monge et al., 2019) y (Torrez, 2015) quienes indican una relación inversamente proporcional con el número de frutos y el peso del fruto, esta última correlacionando negativamente con la longitud de la enredadera.

4.3.2. Análisis de componentes principales para 21 variables cuantitativas evaluadas con descriptores convencionales

La Figura 30, muestra los dos primeros componentes principales, explicando el 61.5 % de la variación total. Donde Dim1 determinó el 48.5 % y Dim2 el 13 %. Este análisis de componentes principales comprueba el grado de participación de las 22 variables con respecto a las 61 accesiones, para establecer la variabilidad existente.

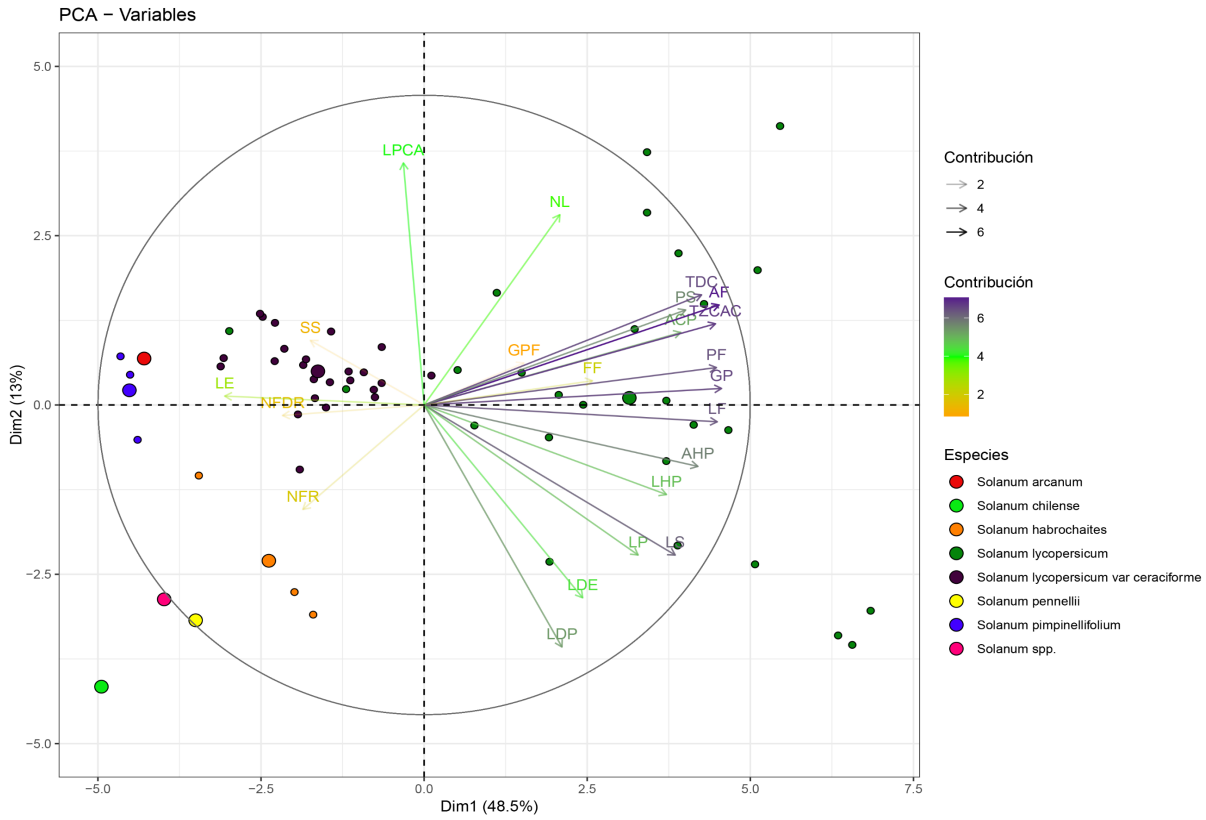


Figura 30. Análisis de Componentes Principales de 21 variables cuantitativas

El 41 % de las accesiones se encuentran dispersos en las variables con mayor contribución, las cuales son: el ancho del fruto (AF), tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz (TZCAC), grosor del pericarpio (GP), tamaño del corazón (TDC) y peso del fruto (PF), ubicados en los cuadrantes I y IV, en su mayoría pertenecen al género *S. lycopersicum*, esto es un indicador de la diversidad en la forma de los frutos existentes dentro de los genotipos evaluados del género *S. lycopersicum*, por el contrario en el cuadrante II se encuentran el 43 % de las accesiones aglomeradas en 3 variables: solidos solubles totales (SS), número de frutos por racimo (NFDR) y longitud de la enredadera (LE) en su mayoría del género *S. lycopersicum* var *ceraciforme,* lo que es un indicador de una alta uniformidad entre estos genotipos. En el III cuadrante se encuentra el 16 % de los genotipos dispersos alrededor de la variable número de flores por racimo (NFR), en su mayoría pertenecientes a especies silvestres. Esta diversidad existente dentro de este grupo es debido al proceso evolutivo natural, ya que a mayor cantidad de flores mayores son las probabilidades de supervivencia, por su contraparte, el género *S. lycopersicum* posee frutos grandes y de diversas formas, esto debido al proceso de mejoramiento mediante la selección de genotipos con frutos grandes aptos para el consumo. Estos resultados son consistentes

con los hallazgos obtenidos por (Gil et al., 2019), quienes concluyen que existe variabilidad inter e intravarietal en características de los frutos del género *S. lycopersicum*.

4.3.3. Análisis de componentes principales para variables agronómicas evaluadas con el software Tomato Analyzer

En la Figura 31, muestra la contribución de las 47 variables morfométricas y colorimétricas dispersas en componentes principales, donde el primer componente explica el 26,4 % Dim1 y el Dim2 20,9 % con un total de 47,3 % donde están dispersos los genotipos identificados y agrupados por especie, todo esto con el objetivo de determinar el comportamiento de cada accesión en función a las variables que mayor contribución tuvieron.

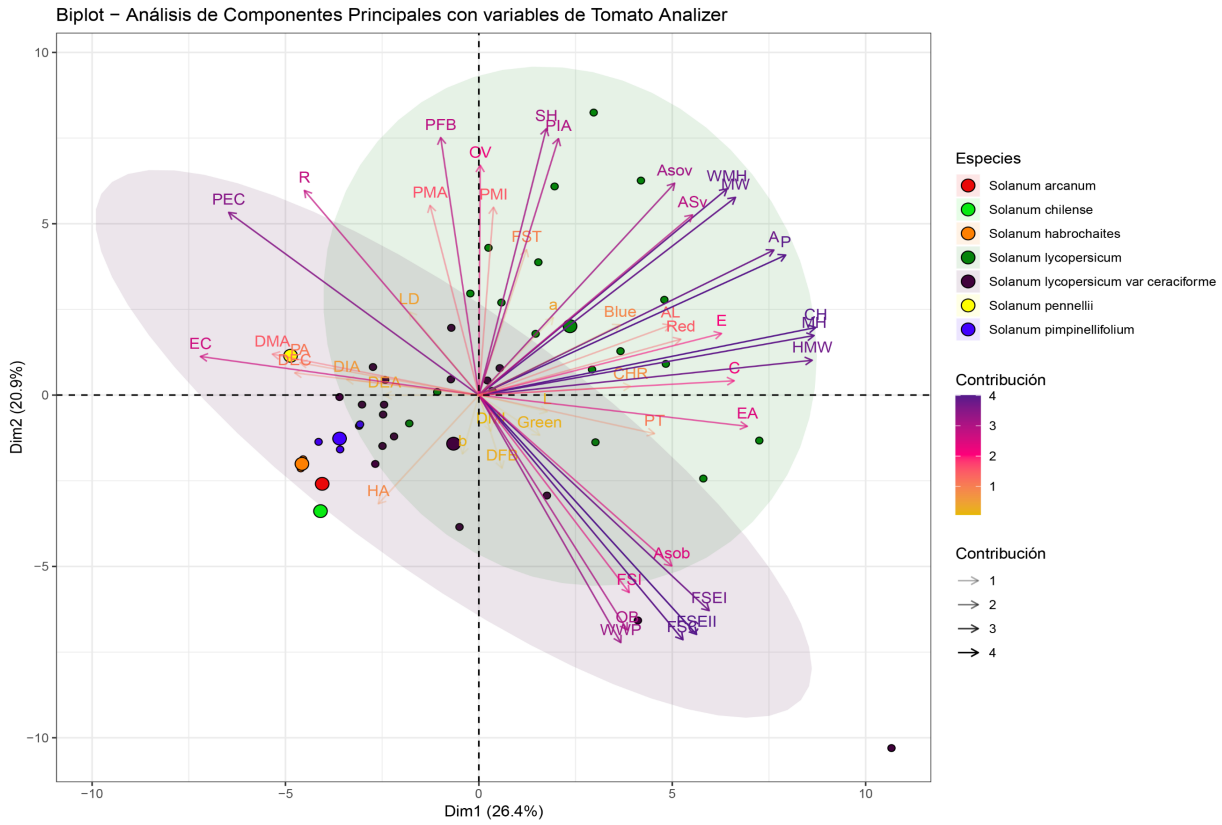


Figura 31. Biplot de PCA que muestra descriptores morfométricos y colorimétricos obtenidos del software Tomato Analyzer agrupadas por especies

Las variables con mayor contribución para formar la primera elipse son: Anchura Media Altura (WMH), Anchura Máxima (MW), Área (A), Perímetro (P), Altura de Curvatura (CH), Altura Máxima (MH) y Altura Mitad Anchura (HMW). Resultados similares con una correlación positiva fueron encontrados por (Quispe et al., 2022), estas están altamente

correlacionadas con los genotipos pertenecientes al género *S. lycopersicum* caracterizado en su mayoría por la presencia de frutos rojos con mayor tamaño, altura y área. La segunda elipse se formó con las variables: Índice de forma del fruto externo II (FSEII), Índice Externo I (FSEI), Índice Curvatura del Fruto (FSC), con una contribución alta, coincidiendo con (Marefatzadeh et al., 2021), donde estas variables obtuvieron correlaciones significativas, esta elipse agrupan a los géneros *S. chilense, S. arcanum, S. habrochaites* y *S. pennelii* debido a que estas especies silvestres presentan frutos pequeños, achatados con forma irregular. La intersección de ambas elipses agrupa a las especies *S. lycopersicum* var *ceraciforme* y *S. pimpinellifolium*, las cuales se encuentran en un punto medio entre las características morfológicas.

4.3.4. Análisis de correspondencia múltiple para variables categóricas evaluadas con descriptores convencionales (IPGRI y UPOV)

La Dim1 explica el 9.6 % y la Dim2 el 7.3 % de variación como se muestra en la Figura 32, ambos explican el 16.9 % de la variación total. Los resultados del análisis de correspondencia múltiple para variables categóricas observaron la agrupación y dispersión de las accesiones, demostrando que hay características morfológicas significativas dentro de estas variables.

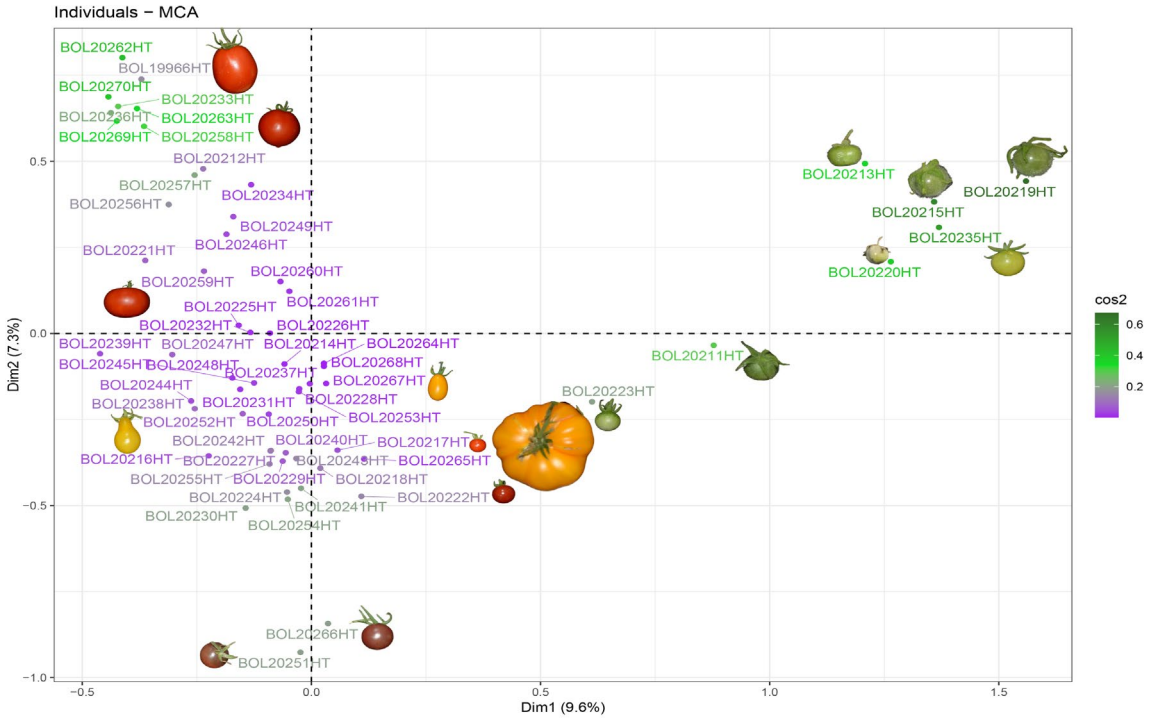


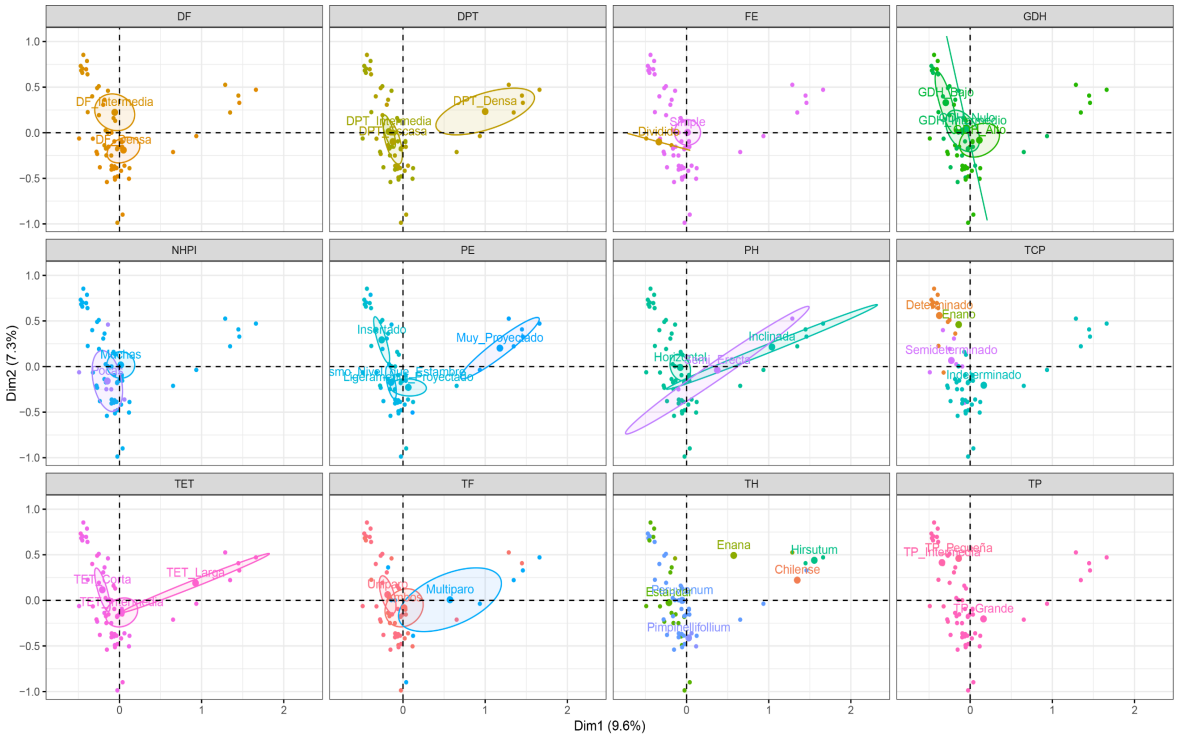
Figura 32. Análisis de Correspondencia Múltiple (MCA) para 61 accesiones para variables agronómicas cualitativas

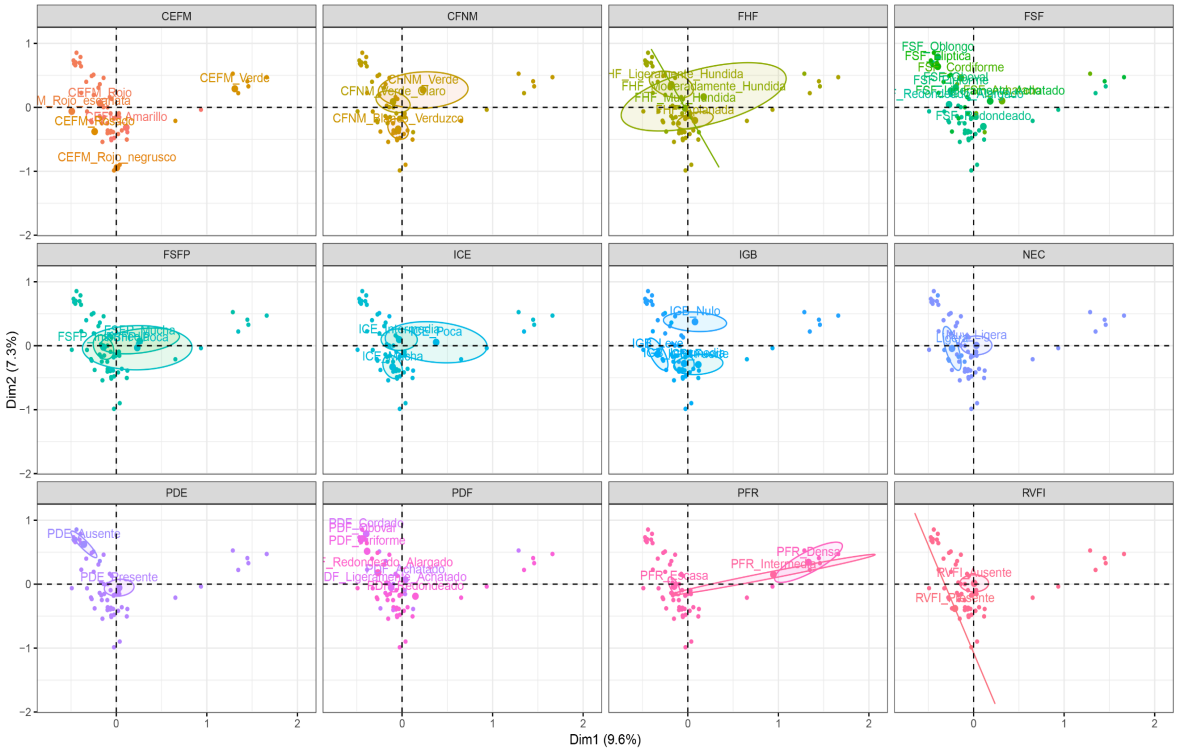
En el II, III y IV cuadrante existen un cúmulo de accesiones, las cuales comparten variables agromorfológicas similares, como ser: color de la corola, color del fruto, la mayoría pertenece al género *S. lycopersicum* y *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*. En el primer cuadrante, se observan cinco accesiones BOL 20213HT, BOL 20220HT, BOL 20235HT, BOL 20215HT, BOL 20219HT pertenecientes al género *S. pennellii, S. chilense, Solanum spp*. y *S. habrochaites*, respectivamente alejadas del resto, lo que indica que poseen variables morfológicas sobresalientes del reto de accesiones, como ser: tallos con pubescencia densa, frutos circulares de color verde, con pubescencia intermedia a densa. Las accesiones BOL20211HT y BOL20223HT ubicadas en el cuadrante IV pertenecientes al género *S. habrochaites* y *S. arcanum* presentan perfiles similares con la descripción del cuadrante I, pero con diferencias como el tamaño de hoja (pequeña) y poca presencia de tricomas en el fruto y tallo en un ejemplar. En los cuadrantes III y IV se encuentran las accesiones BOL20266HT y BOL20251HT alejadas del resto, pertenecientes al género *S. lycopersicum* var. *cerasiforme,* donde el color de fruto negruzco sobresale del resto. De acuerdo con las investigaciones realizadas por (Velasquez, 2022), el color exterior del fruto, fue un factor importante para determinar la diversidad existente entre una población segrégante de tomate.

4.3.5. Análisis de correspondencia múltiple para 36 variables categóricas evaluadas con descriptores convencionales (IPGRI y UPOV)

De acuerdo con el análisis de correspondencia múltiple, el mapa de factores de la Figura 33, muestra una varianza total del 16.9 %, distribuida en Dim1 9.6 % y Dim2 7.3 %. Donde se identificó 9 variables con distintas categorías que contribuyeron a la variabilidad de los ejes las cuales se reflejaron en el mapa de factores.

Mapa de Factores





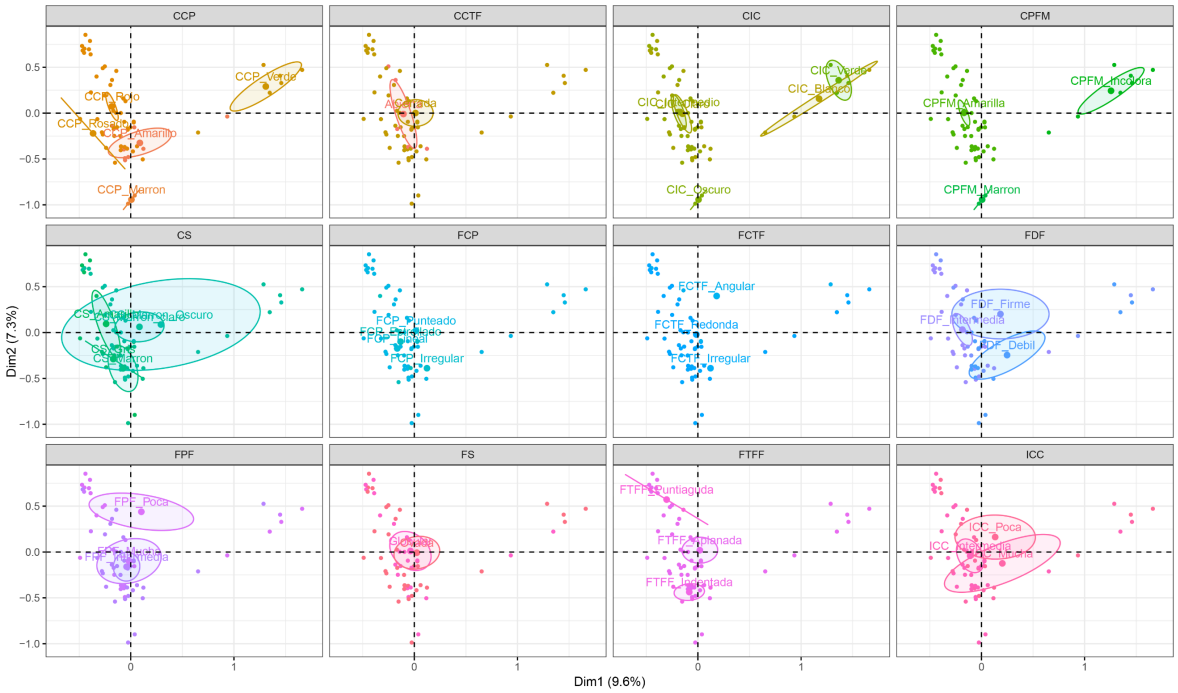


Figura 33. Análisis de Correspondencia Múltiple para variables categóricas

La mayor cantidad de categorías se encuentran agrupadas al centro de los cuadrantes II, III y IV, lo que indica que hay una alta relación entre estas categorías. Las características morfológicas que mayor contribución obtuvieron para la variabilidad fueron: los tallos con pubescencia densa, la posición del estilo muy proyectado, hojas de tipo: enana, hirsutum y chilense, los frutos maduros de color verde y rojo negruzco, frutos con pubescencia densa e intermedia, el color de la carne del pericarpio, verde y marrón, el color de la intensidad del corazón: verde, blanco y oscuro y frutos maduros con la coloración de la piel incolora y marrón. Dichas cualidades son propias de especies silvestres. Según Flores et al. (2017), la posición del estilo exerto facilita una mayor polinización cruzada, lo que resulta de una mayor diferenciación genética, a diferencia de las especies con la posición del estilo inserto que se caracterizan por tener baja diversidad genética. De acuerdo con Segado (2017), la presencia de tricomas en el fruto favorece la reflexión de la luz, protegiéndola así a aquellas especies que habitan en zonas con alta intensidad lumínica y que están sometidas a un alto estrés hídrico.

4.3.6. Análisis de agrupamiento jerárquico de las 61 accesiones

La Figura 34, muestra la clasificación de las 61 accesiones agrupadas según descriptores cualitativos y cuantitativos, formando 7 grupos mediante el análisis de la distancia

euclidiana y el agrupamiento jerárquico de enlace promedio (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean – UPGMA), donde la presencia de clados cercanos en altura indica que son similares entre sí. Las Figuras 35, 36, 37, 38, 39, 40 y 41 describen cada clúster individualmente, utilizando el análisis de frecuencia y el promedio de cada variable, como se muestra en el Anexo 5 y 6.

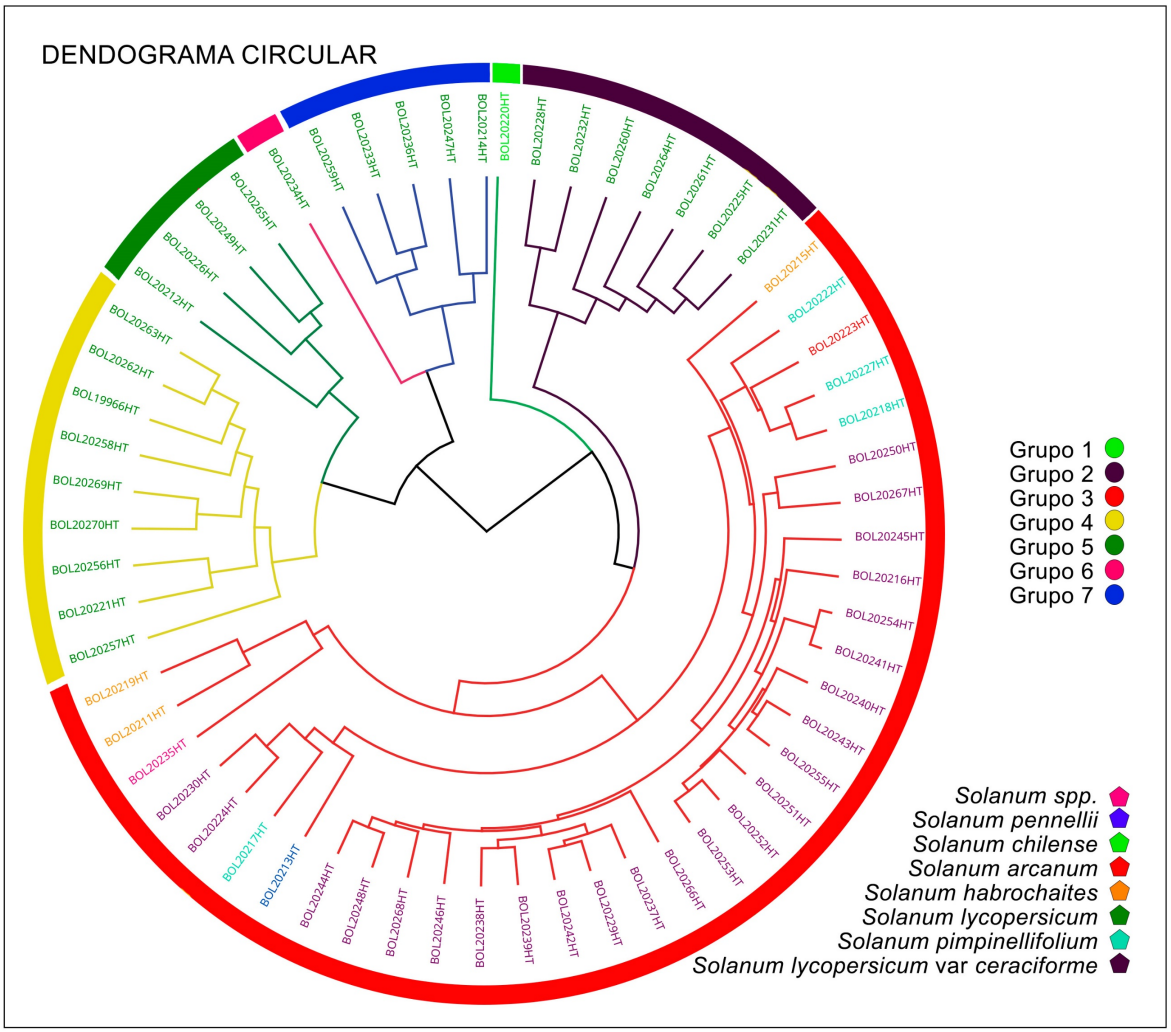


Figura 34. Dendograma de las 61 accesiones construido a partir de variables cualitativas y cuantitativas

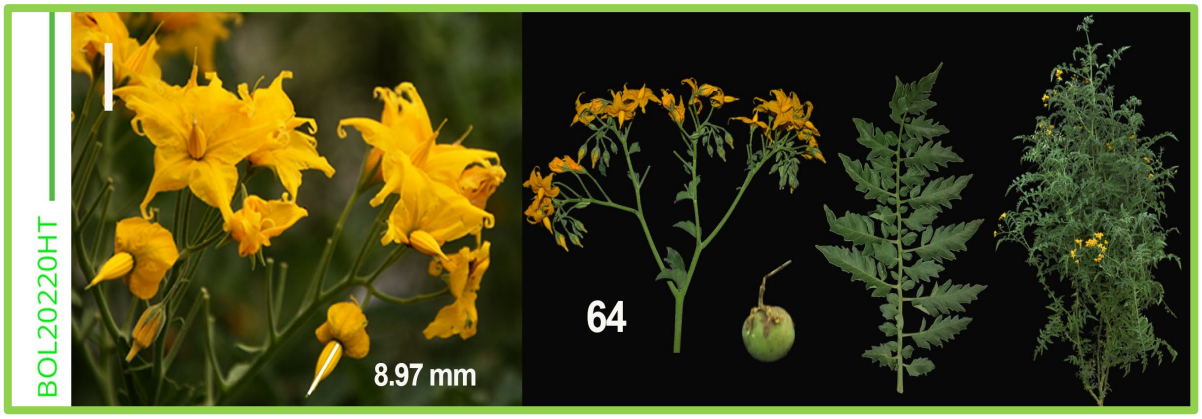


Figura 35. Características morfológicas del clúster 1

El clúster 1, se destaca de los demás debido a que cuenta con un solo ejemplar del género *Solanum chilense* provenientes del TGRC, con características morfológicas distinguibles e irreproducibles con respecto a las demás accesiones estudiadas. BOL20220HT obtuvo los valores más altos en la longitud del estambre 8.97 mm y el número de flores 64, con la posición del estilo muy proyectado y con valores bajos en cuanto al descriptor de fruto con respecto a los demás clústeres. Estos caracteres son resultados de un proceso evolutivo, para garantizar su supervivencia. Quesada et al. (2008), describe que las flores longistilas del género Solanum tienen un 35 % más de posibilidades de recibir polen porque sus estigmas tocan con mayor frecuencia a los polinizadores.

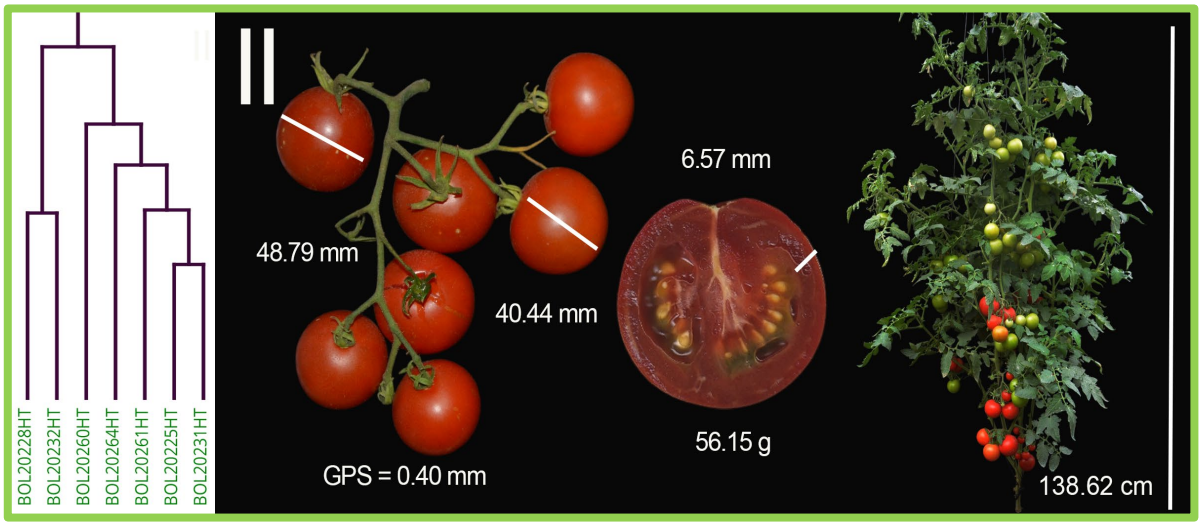


Figura 36. Características morfológicas del clúster 2

El clúster 2, representa el 11 % de los genotipos estudiados, donde se caracterizaron por presentar plantas semi e indeterminadas con enredaderas de 138.62 cm en promedio, de frutos escasamente pubescentes, ligeramente achatados y redondeados, de un largo y ancho de 40.44 mm y 48.79 mm y un peso y grosor de pericarpio de 56.15 g y 6.57 mm en promedio, conteniendo valores altos en grados brix de 9.65 y grosor de la piel del fruto de 0.40 mm. De acuerdo con los resultados de Segado (2017), se encontró una apreciable variabilidad en el grosor de la piel del fruto de diferentes especies, *S. lycopersicum* presentó valores superiores en comparación a especies silvestres. Estas características, en cuanto al grosor de la piel del fruto y grados Brix, son cualidades requeridas a nivel de mejoramiento genético, ya que aportan mayor vida en anaquel y un sabor apreciado por los consumidores.

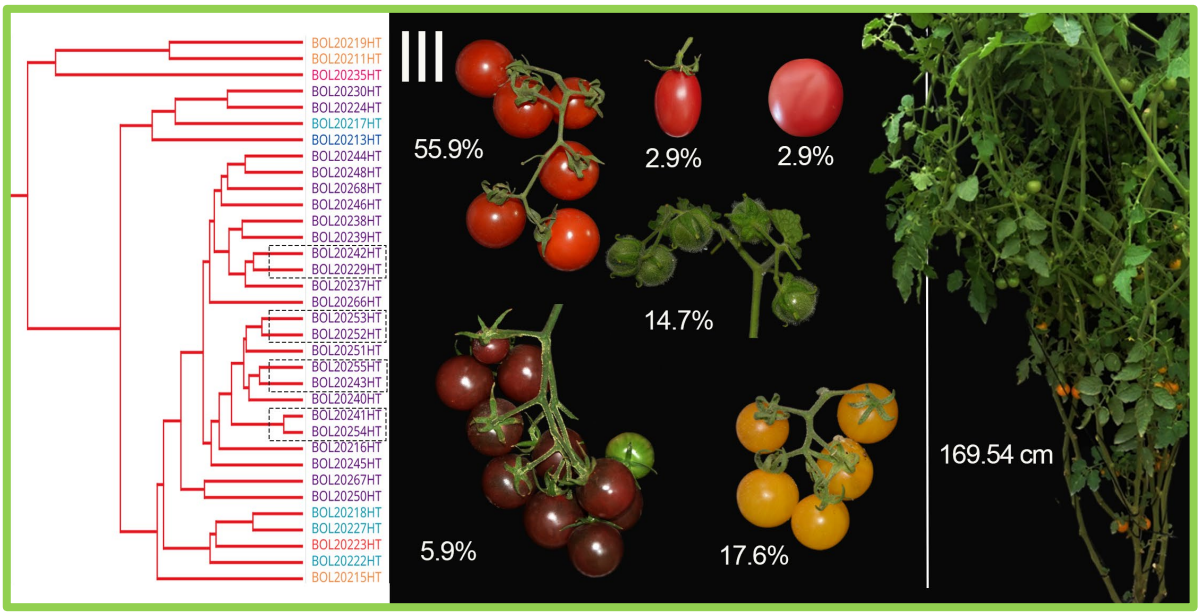


Figura 37. Características morfológicas del clúster 3

El clúster 3, representa el 56 % de los genotipos estudiados, conteniendo la mayor cantidad de especies de los géneros: *S. lycopersicum* var *ceraciforme, S. pimpinellifolium, S. habrochaites, S. arcanum, Solanum spp*. y *S. pennellii*, donde las variables longitud de la enredadera 169.54 cm y sólidos solubles totales 10.05 presentaron los valores más altos en el promedio general. En su mayoría son plantas grandes e indeterminadas con hojas horizontales. Este grupo posee frutos de color (rojo 55.9 %, verde 14.7 %, amarillo 17.6 %, rojo negruzco 5.9 %, rosado 2.9 % y rojo escarlata 2.9 %). El 73.5 % de los frutos son de forma redondeada, con el 50 % de semillas de color marrón claro. Las accesiones (BOL20254HT, BOL20241HT), (BOL20243HT, BOL20255HT) y (BOL20252HT,

BOL20253HT) presentaron clados cercanos en altura. También se identificaron similitudes morfológicas entre los genotipos BOL20229HT y BOL20242HT de diferente procedencia (TGRC y Colectas Nacionales), ambos recolectados en Bolivia-La Paz-Sub Yungas. Según los resultados obtenidos por (Morales et al., 2016), el producto de la caracterización fenotípica en especies silvestres presenta distinciones en frutos, las cuales permiten diferenciarlas.

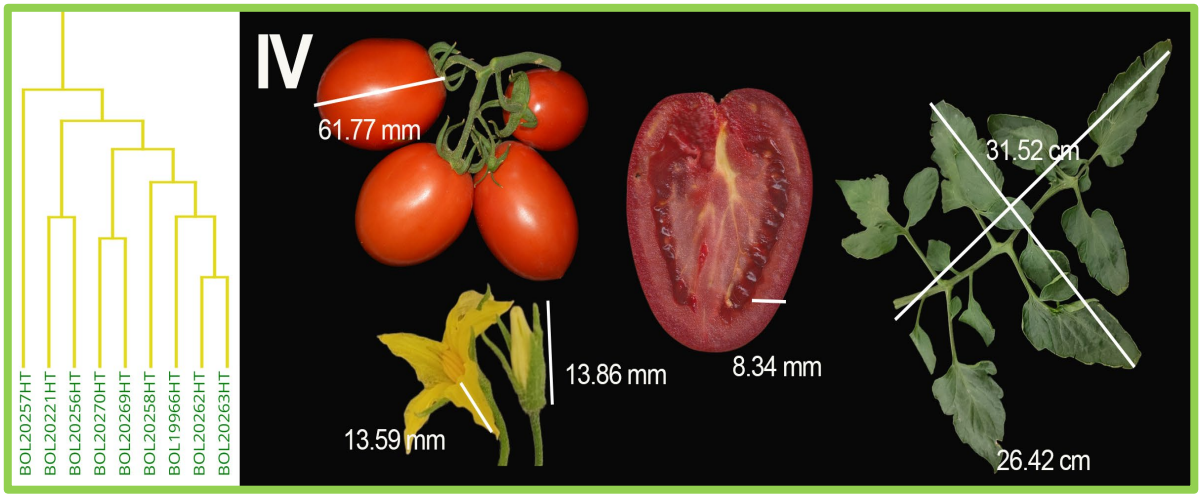


Figura 38. Características morfológicas del clúster 4

El clúster 4, representa el 15 % de la población en estudio, en donde se presentaron los valores más altos en: longitud y ancho de la hoja primaria (31.52 y 26.42 mm), longitud de pétalo y sépalo (13.59 y 13.86 mm), longitud del fruto (61.77 mm), longitud del pedicelo (26.03 mm), grosor del pericarpio (8.34 mm) y firmeza del fruto (40.37), con follajes densos, frutos escasamente pubescentes con semillas de forma ovada y con 7.55 de grados brix en promedio, todas del género *S. lycopersicum*, provenientes de (Colectas Nacionales, TGRC y WorldVeg), además tres de sus accesiones son variedades producidas por el CNPSH. Lo cual indica que este grupo posee características morfológicas óptimas para la producción y comercialización. De acuerdo con Diouf et al. (2018), el potencial de un material genético se refiere a su capacidad de acumular biomasa en los órganos destinados a la cosecha, cuya calidad abarca características químicas, físicas y organolépticas, que se relacionan con las preferencias del consumidor y los requisitos para una producción orientada al mercado.

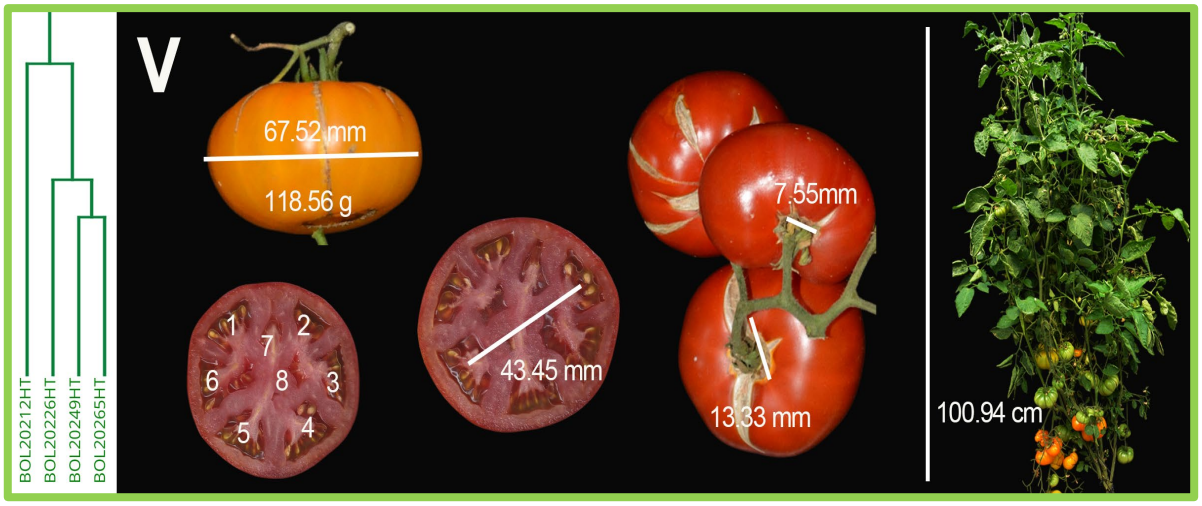


Figura 39. Características morfológicas del clúster 5

El clúster 5, está conformado por el 7 % de las accesiones, donde se encuentran los promedios más altos en peso y ancho del fruto (118.56 g y 67.52 mm), longitud del pedicelo desde la capa de la absición (17.29 mm), ancho de la cicatriz del pedicelo (7.55 mm), tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz (13.33 mm), tamaño del corazón (43.45 mm), peso de 1000 semillas (3.07 g) y número de lóculos (8). Todas del género *S. lycopersicum*, provenientes de las Colectas Nacionales y el TGRC, con crecimiento indeterminado de 100.94 cm en promedio, con flores de estilos pubescentes simples. Dichas cualidades en el fruto son ideales para la industria de enlatados y salsas. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de (Gil et al., 2020), quienes también identificaron un grupo de genotipos con características similares, en su estudio de caracterización de las variedades de tomate.

Figura 40. Características morfológicas del clúster 6

El clúster 6, cuenta con un solo ejemplar del género *Solanum lycopersicum* proveniente del TGRC, con características morfológicas identificables con respecto a las demás accesiones estudiadas. BOL20234HT obtuvo los valores más bajos en los descriptores de planta y flor, a excepción del número de flores por racimo 7, alcanzando una altura de enredadera de 5.9 cm. Estos valores presentados son debido a las mutaciones de los genes mnt (reduce la longitud internodal), sp (provoca que el extremo apical deje de desarrollarse y no produzca meristemos axilares) y dwar, responsable del tamaño de frutos y plantas (Benavente, 2014). Según Martí et al. (2006), este genotipo posee mutaciones en los genes self-pruning (sp) y dwarf (d), lo que explica su tamaño compacto y lo convierte en un material óptimo para mejoramiento genético.

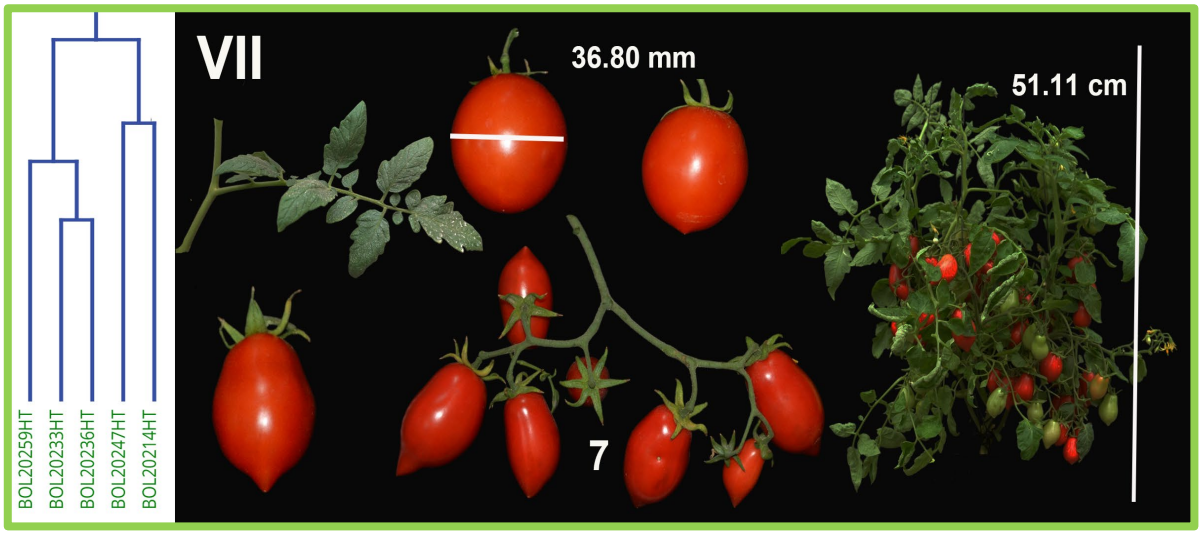


Figura 41. Características morfológicas del clúster 7

El clúster 7, integrado por 5 accesiones, se caracterizó por tener los valores más altos en el número de frutos por racimo (7), con respecto al promedio general, con ejemplares de altura intermedia de 51.11 cm y de hojas con posición horizontal, de frutos rojos de diversas formas: redondo alargado, ligeramente achatado y piriformes con hombros ligeramente hundidos y aplanados, con un ancho del fruto de 36.80 mm en promedio general, con la forma terminal del fruto aplanada y puntiaguda, con 2 a 3 lóculos en promedio. Aglomerando genotipos provenientes de tres lugares (Colectas Nacionales, TGRC y WorldVeg), todas del género *S. lycopersicum*. Los hallazgos obtenidos son similares a los reportados por (Gil et al., 2020), quienes también identificaron un conjunto de genotipos con cualidades similares a este clúster.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye:

- Se evidenció la variabilidad entre el germoplasma local e introducido, empleando el análisis descriptivo, boxplot y PCA para variables cuantitativas, donde se identificaron a las variables; peso del fruto (PF), tamaño del corazón (TDC), tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz (TZCAC), ancho de la cicatriz del pedicelo (ACP), grosor del pericarpio (GP), longitud del fruto (LF), número de flores por racimo (NFR) y número de frutos por racimo (NFDR), con mayor coeficiente de variabilidad y mayor dispersión de datos, en su mayoría pertenecientes a genotipos del género *S. lycopersicum* a excepción de (NFR) y (NFDR) donde los géneros *S. chilense S. pimpinellifolium, S. habrochaites, S. arcanum* y *S. pennellii* obtuvieron mayor dispersión de datos. De acuerdo al análisis de componentes principales, se identificó a (PF), (TDC), (TZCAC), (GP) y (NFR) como las que mayor contribución tuvieron para dicha variabilidad.

- Empleando las variables cualitativas se logró identificar la variabilidad entre el germoplasma local e introducido donde el análisis de frecuencias evidencio de manera visual la distribución de las categorías donde solo del 1 % al 15 % de los genotipos en estudio presentaron estas características, de acuerdo a la posición de las accesiones empleando el análisis de correspondencia múltiple, se identificó a BOL20213HT, BOL20220HT, BOL20235HT, BOL 20215HT, BOL20219HT, BOL20211HT, BOL20223HT, BOL20266HT y BOL20251 como los genotipos con mayor variabilidad presentando las siguientes características de acuerdo al mapa de factores: tallos con pubescencia densa, posición del estilo muy proyectado, hojas de tipo: enana, hirsutum y chilense, frutos maduros de color verde y rojo negruzco, frutos con pubescencia densa e intermedia, color de la carne del pericarpio, verde y marrón, color de la intensidad del corazón: verde, blanco y oscuro y frutos maduros con la coloración de la piel incolora y marrón.

- Se identificó la variación de la forma de la fruta a través de caracteres morfométricos implementados por el programa Tomato Analyzer, donde el análisis descriptivo halló a 16 variables con coeficientes de variación superiores al 50 %, de las cuales, según el

análisis de correspondencia múltiple, el Área (A), Altura Mitad Anchura (HMW) y Altura Máxima (MH) fueron las que más aportaron para dicha variabilidad. De acuerdo a la posición de los genotipos en el plano, se identificaron las accesiones pertenecientes al género *S. lycopersicum* como las que mayor variación tuvieron en la forma del fruto.

- Se determinó la correlación positiva entre el tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz (TZCAC) y el tamaño del corazón (TDC) con respecto al ancho y peso del fruto (AF y PF). De acuerdo al análisis de agrupamiento basado en caracteres cualitativos y cuantitativos, estas características se reflejaron en los clústeres 5 y 6, donde se encontraron los promedios más altos y bajos respectivamente en cuanto a las características del fruto. Además, se encontraron correlaciones positivas entre el grosor del pericarpio (GP), el ancho del fruto (AF), la longitud del fruto (LF), el tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz (TZCAC), el peso del fruto (PF) y el tamaño del corazón (TDC), con respecto al peso de 1000 semillas (PS). Estas cualidades se reflejan en el clúster 3, que agrupan genotipos con frutos pequeños y semillas diminutas y en el clúster 4, que agrupan genotipos con frutos grandes y semillas de mayor tamaño. Finalmente, la longitud de la enredadera (LE) correlacionó negativamente con la longitud del fruto (LF), el grosor del pericarpio (GP), el peso del fruto (PF), el ancho del fruto (AF), el tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz (TZCAC), el peso de 1000 semillas (PS), la longitud del pedicelo (LP) y el tamaño del corazón (TDC). Estas cualidades se reflejaron en los clústeres 1 y 7, que agrupan genotipos indeterminados con frutos pequeños y determinados con frutos grandes, respectivamente.

6. RECOMENDACIONES

Basado en los resultados y conclusiones del presente trabajo, se presenta las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda llevar a cabo la caracterización molecular de los 61 genotipos analizados en este estudio para verificar la existencia de duplicados observados en esta tesis. Esta caracterización permitirá una identificación más precisa, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y programas de mejoramiento.

- En relación a los géneros *S. chilense* y *S. habrochaites*, se recomienda llevar a cabo la polinización artificial, esto basado en la observación de abortos florales, lo que sugiere que la polinización natural no es suficiente para asegurar la producción de frutos en estas especies.

- De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, se recomienda llevar a cabo programas de fitomejoramiento mediante cruzas específicas de los genotipos que demostraron características sobresalientes en este estudio.

- Se recomienda la utilización del software Tomato Analyzer para optimizar y respaldar los procesos de caracterización detallada de los frutos. Este software permite una evaluación precisa y rápida de las características morfométricas, lo que facilita la identificación de variaciones fenotípicas en el fruto.

- Considerando la importancia de la diversidad en el material genético, se recomienda a los agricultores, investigadores y al público entendido del tema la conservación y el estudio de estos ejemplares para realizar trabajos de investigación, debido a que contribuyen enormemente a evitar la pérdida de diversidad, lo que es fundamental para el desarrollo de nuevas variedades más productivas y adaptables a los requerimientos de los agricultores. Estas nuevas variedades ayudarán a la sostenibilidad y resiliencia en la agricultura.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acero Barraza, SM. 2007. Algoritmo para análisis filogenético: UPGMA.

Aguilar Paredes, GM; Blanco Villacorta, MW. 2021. Evaluación de seis variedades de tomate (*Solanum lycopersicum*) en cultivo hidropónico con sustrato sólido en el municipio de El Alto: Ghery Milenka Aguilar Paredes, Medardo Wilfredo Blanco Villacorta. Apthapi 7(3):2236-2241.

Albu, C; Aurel, M; Raluca Maria, P. 2021. Conservation of Genetic Diversity of Tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Agriculture Volume 78 ISSUE 1. DOI: https://doi.org/10.15835/buasvmcn-agr.2021.0001.

Álvarez Hernández, JC; Cortez Madrigal, H; García Ruiz, I. 2009. Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de jitomate (Solanaceae) en tres regiones de Michoacán, México. Polibotánica (28):139-159.

Bastías Marín, E; Angel Rojas, Y; Condori, WE; Bustos Peña, R; Hurtado Cortés, E; Pacheco Cartagena, P. 2020. Tomate “poncho negro” (en línea). s.l., s.e. Disponible en http://sb.uta.cl/libros/TOMATE_PONCHO_NEGRO.

Benavente García, SC. 2014. Evaluación de Parámetros Relacionados con la Expresión de Tres Genes de Fenotipo de una Muestra de Mutantes de *Solanum Lycopersicum* ‘Micro-Tom’ (Tomate)” (en línea). Consultado 5 oct. 2024. Disponible en https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/4308.

Brewer, MT; Lang, L; Fujimura, K; Dujmovic, N; Gray, S; van der Knaap, E. 2006. Development of a controlled vocabulary and software application to analyze fruit shape variation in tomato and other plant species. Plant Physiology 141(1):15-25. DOI: https://doi.org/10.1104/pp.106.077867.

Carrillo Rodríguez, JC; Chávez Servia, JL. 2010. Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. Revista fitotecnia mexicana 33(SPE4):1-6.

Choque, F. 2022. Gobierno resguarda 19.866 variedades de recursos genéticos agrícolas en el Banco de Germoplasma (en línea, sitio web). Consultado 4 oct. 2024.

Disponible en https://abi.bo/index.php/economia2/21151-gobierno-resguarda-19-866-variedades-de-recursos-geneticos-agricolas-en-el-banco-de-germoplasma.

Coronado Aleans, V. 2022. Fenotipado de alto rendimiento mediante el análisis de imágenes digitales en raíces de maíz (*Zea mays* L.) (en línea). Trabajo de grado - Maestría. s.l., Universidad Nacional de Colombia. Consultado 4 oct. 2024. Disponible en https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81948.

Cuya Paredes, CO. 2018. Selección de accesiones promisorias de tomate silvestre (*Lycopersicon* sp.) (en línea). Consultado 4 oct. 2024. Disponible en https://hdl.handle.net/20.500.12996/3665.

Darrigues, A; Hall, J; Knaap, E; Francis, D; Dujmovic, N; Gray, S. 2008. Tomato Analyzer-color Test: A New Tool for Efficient Digital Phenotyping. Journal of the American Society for Horticultural Science 133:579-586. DOI: https://doi.org/10.21273/JASHS.133.4.579.

Délices, G; Leyva Ovalle, OR; Mota Vargas, C; Núñez Pastrana, R; Gámez Pastrana, R; Meza, PA; Serna Lagunes, R. 2019. Biogeografía del tomate *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (Solanaceae) en su centro de origen (sur de América) y de domesticación (México). Revista de Biología Tropical 67(4):1023-1036. DOI: https://doi.org/10.15517/rbt.v67i4.33754.

Diouf, IA; Derivot, L; Bitton, F; Pascual, L; Causse, M. 2018. Water Deficit and Salinity Stress Reveal Many Specific QTL for Plant Growth and Fruit Quality Traits in Tomato (en línea). Frontiers in Plant Science 9. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00279.

Domínguez Domínguez, O; González Rodríguez, A; Garcia De Leon, F; Casas, A. 2020. Diversidad Genética. s.l., s.e. p. 19-29.

Donoso, A; Martínez, JP; Salazar, E. 2022. History of Tomato Cultivation in Chile: The Limachino Tomato Case (en línea). RIVAR 9(27). DOI: https://doi.org/10.35588/rivar.v9i27.5673.

FAO. 2009. Estado de los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación (RFAA) en bolivia.

Figàs, M; Prohens, J; Raigón, M; Fernández de Córdova, P; Fita, A; Soler, S. 2014. Characterization of a collection of local varieties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) using conventional descriptors and the high-throughput phenomics tool Tomato Analyzer. Genetic Resources and Crop Evolution 62. DOI: https://doi.org/10.1007/s10722-014-0142-1.

Flores Henández, LA; Lobato Ortiz, R; Zavala, JJ; Molina Galán, J; Sargerman Jarquín, D; Velasco Alvarado, M. 2017. Parientes silvestres del tomate como fuente de germoplasma para el mejoramiento genético de la especie. Revista Fitotecnia Mexicana 40:83-91. DOI: https://doi.org/10.35196/rfm.2017.1.83-91.

Florido, M; Alvarez, M; Lara, RM; Plana, D; Caballero, A; Florido, R; Shagarodsky, T; Moya, C. 2008. Análisis de la variabilidad morfoagronómica en la colección de tomate (*Solanum* l. sección *lycopersicon* subsección *lycopersicon*) conservada ex situ en cuba (en línea). Consultado 6 nov. 2024. Disponible en https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193214882007.

Franco, TL; Hidalgo, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos (en línea). s.l., s.e. Consultado 4 oct. 2024. Disponible en https://hdl.handle.net/10568/104374.

García P, LM; García V, R; Medina C, CI; Lobo Arias, M. 2002. Variabilidad morfológica cualitativa en una colección de tomate de árbol (*Cyphomandra* (*Solanum*) betacea (*betaceum*) (En accepted: 2018-09-11t23:20:09z). :49-54.

Gil Torralvo, CG; Jiménez Osornio, J; Ferrer Ortega, M; García Martínez, S. 2019. Caracterización de las variedades autóctonas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) del sur de Yucatán a través del diálogo de saberes. Mérida, Yuc, s.n. 56 p.

Goykovic Cortés, V; Saavedra del Real, G. 2019. Distribución de *Solanum chilense*, *S. peruvianum* y *S. lycopersicoides* en la cuenca del río lluta, chile, y su relación con factores edáficos. Interciencia 44(10):593-599.

Hermida Carrera, C. 2011. Análisis de la variabilidad genética de *Solanum habrochaites* en su lugar de origen, un recurso infrautilizado para la mejora del tomate (en línea) (En accepted: 2011-10-06t12:33:54z). Consultado 4 oct. 2024. Disponible en https://riunet.upv.es/handle/10251/11922.

Hernández Bautista, A; Lobato Ortiz, R; García Zavala, JJ; López Fortoso, F; Cruz Izquierdo, S; Chávez Servia, JL; Cadeza Espinosa, M. 2016. Quantitative trait locus mapping associated with earliness and fruit weight in tomato. Scientia Agricola 73:478-486. DOI: https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0245.

Hernández Villareal, AE. 2013. Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos (en línea). Revista Bio Ciencias 2(3). DOI: https://doi.org/10.15741/revbio.02.03.05.

IPGRI. 1996. Descriptores para el tomate (*Lycopersicon* spp.) (en línea). Consultado 4 oct. 2024. Disponible en https://hdl.handle.net/10568/73043.

Kulus, D. 2018. Genetic resources and selected conservation methods of tomato. Journal of Applied Botany and Food Quality 91:135-144. DOI: https://doi.org/10.5073/JABFQ.2018.091.019.

Madrid Menares, SM. 2018. Caracterización de 47 accesiones de tomate del banco de germoplasma hortícola de la Universidad de Chile (en línea) (En accepted: 2018-12-11t19:10:57z). Consultado 7 nov. 2024. Disponible en https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/153131.

Marefatzadeh Khameneh, M; Fabriki Ourang, S; Sorkhilalehloo, B; Abbasi Kohpalekani, J; Ahmadi, J. 2021. Genetic diversity in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) germplasm using fruit variation implemented by tomato analyzer software based on high throughput phenotyping. Genetic Resources and Crop Evolution 68. DOI: https://doi.org/10.1007/s10722-021-01153-0.

Martí, E; Gisbert, C; Bishop, GJ; Dixon, MS; García Martínez, JL. 2006. Genetic and physiological characterization of tomato cv. Micro-Tom. Journal of Experimental Botany 57(9):2037-2047. DOI: https://doi.org/10.1093/jxb/erj154.

Martinez Arevalo, JV. 2023. El cálculo de diversidad biológica. Parte I: Diversidad biológica alfa. 41:48-62.

Martinez, MT; Villarroel, D; Klitgaard, B; Clegg, R; Toledo, M. 2020. Áreas Tropicales Importantes de Plantas en Bolivia. El Patujú (Boletín informativo institucional Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado) 34:2-14.

Mata Nicolás, E. 2021. Utilización de una colección de germoplasma de tomate para la identificación de genes de interés (en línea). http://purl.org/dc/dcmitype/Text. Págs. 1. s.l., Universitat Politècnica de València. Consultado 3 oct. 2024. Disponible en https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=297282.

MDRyT. 2021. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (en línea, sitio web). Consultado 4 oct. 2024. Disponible en https://www.ruralytierras.gob.bo/index.php?in=7706.

Mishra, P; Lohumi, S; Ahmad Khan, H; Nordon, A. 2020. Close-range hyperspectral imaging of whole plants for digital phenotyping: Recent applications and illumination correction approaches. Computers and Electronics in Agriculture 178:105780. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105780.

Molina. 2020. Aportes en el Año Internacional de la Agricultura Familiar: Bolivia: centro de origen y diversidad de innumerables cultivos (en línea, sitio web). Consultado 4 oct. 2024. Disponible en https://fobomade.org.bo/soberania-alimentaria/aportes-en-el-ano-internacional-de-la-agricultura-familiar-bolivia-centro-de-origen-y-diversidad-de-innumerables-cultivos/.

Monge Pérez, JE; Loría Coto, M. 2019. Producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) en invernadero: comparación agronómica entre tipos de tomate. Posgrado y Sociedad 17(1):1-20.

Monge Pérez, JE; Loría Coto, M. 2019. Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado bajo invernadero: correlaciones entre variables. Revista Tecnología en Marcha 32(3):37-54. DOI: https://doi.org/10.18845/tm.v32i2.4478.

Monge Solís, J; Echeverría Beirute, F. 2023. Validación de descriptores para la caracterización morfológica de cinco materiales de cas [*Psidium friedrichsthalianum* (O. BERG) Niedenzu] en Costa Rica. Agronomía Costarricense 47(2):79-94.

Morales Palacio, MN; Morales Astudillo, ÁR; Artiles Valor, A; Milián García, Y; Espinosa López, G. 2016. Caracterización fenotípica y genética de cuatro especies silvestres del género Solanum, sección Lycopersicon. Cultivos Tropicales 37(3):109-119. DOI: https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1666.8406.

Nankar, AN; Tringovska, I; Grozeva, S; Ganeva, D; Kostova, D. 2020. Tomato Phenotypic Diversity Determined by Combined Approaches of Conventional and High-Throughput Tomato Analyzer Phenotyping. Plants (Basel, Switzerland) 9(2):197. DOI: https://doi.org/10.3390/plants9020197.

Ortega, C. 2021. Estadística descriptiva: Qué es, objetivo, tipos y ejemplos (en línea, sitio web). Consultado 4 oct. 2024. Disponible en https://www.questionpro.com/blog/es/estadistica-descriptiva/.

Palmer, A; Jiménez, R; Montaño, J. 2001. Tutorial sobre el coeficiente de correlación lineal de Pearson en Internet. 5.

Pérez Valencia, DM. 2023. Modelización espacio-temporal de datos de fenotipado de alto rendimiento | SEIO (en línea, sitio web). Consultado 4 oct. 2024. Disponible en https://www.seio.es/beio/modelizacion-espacio-temporal-de-datos-de-fenotipado-de-alto-rendimiento/.

Pidigam, S; Thuraga, V; Munnam, SB; Amarapalli, G; Kuraba, G; Pandravada, SR; Nimmarajula, S; Sudini, HK. 2021. Genetic diversity, population structure and validation of SSR markers linked to Sw-5 and I-2 genes in tomato germplasm. Physiology and Molecular Biology of Plants: An International Journal of Functional Plant Biology 27(8):1695-1710. DOI: https://doi.org/10.1007/s12298-021-01037-8.

Quesada Aguilar, A; Kalisz, S; Ashman, TL. 2008. Flower morphology and pollinator dynamics in *Solanum carolinense* (Solanaceae): implications for the evolution of andromonoecy. American Journal of Botany 95(8):974-984. DOI: https://doi.org/10.3732/ajb.0800106.

Quispe, Choque, G; Rojas, Ledezma, S; Maydana, Marca, A. 2022. Diversidad morfológica de fruto de una colección de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) mediante fenotipado basado en imágenes digitales. Journal of the Selva Andina Research Society 13(2):51-68. DOI: https://doi.org/10.36610/j.jsars.2022.130200051.

Razdan, M; Mattoo, A. 2006. Genetic improvement of solanaceous crops volume 2: Tomato. s.l., s.e. p. 600.

Razifard, H; Ramos, A; Della Valle, AL; Bodary, C; Goetz, E; Manser, EJ; Li, X; Zhang, L; Visa, S; Tieman, D; van der Knaap, E; Caicedo, AL. 2020. Genomic Evidence for Complex Domestication History of the Cultivated Tomato in Latin America. Molecular Biology and Evolution 37(4):1118-1132. DOI: https://doi.org/10.1093/molbev/msz297.

Restrepo Salazar, EF; Vallejo Cabrera, FA. 2003. Diversidad genética del tomate cultivado tipo “chonto”, *Lycopersicon esculentum* Mill, en las zonas productoras de Colombia. Acta Agronómica 52(1):11-17.

Reyes Valdes, MH; Burgueño, J; Singh, S; Martínez, O; Sansaloni, C. 2018. An informational view of accession rarity and allele specificity in germplasm banks for management and conservation. PLOS ONE 13:e0193346. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193346.

Rodríguez, GR; Muños, S; Anderson, C; Sim, SC; Michel, A; Causse, M; Gardener, BM; Francis, D; van der Knaap, E. 2011. Distribution of SUN, OVATE, LC, and FAS in the Tomato Germplasm and the Relationship to Fruit Shape Diversity. Plant Physiology 156(1):275-285. DOI: https://doi.org/10.1104/pp.110.167577.

Rojas, S; Santos, S. 2014. Caracterizacion Morfologica de la diversidad genetica de 133 accesiones de tomate (*Solanum lycopersicum* spp.). s.l., s.e.

Rojas Martínez, BA. 2005. Bloques Aumentados (Repaso: Federer, 1961). Agrociencia 39(6):693-695.

Rosales Espinoza, E; jimenez davalos, J; Sota Cano, A; Cáceres Vizarreta, A. 2022. Caracterización molecular de la cañihua (*Chenopodium Pallidicaule* aellen). Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar 6:9149-9165. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.4063.

Saavedra del R, G; Jana A, C; Kehr M, E (eds). 2019. Hortalizas para procesamiento agroindustrial (en línea). Consultado 4 oct. 2024. Disponible en https://hdl.handle.net/20.500.14001/6818.

Salim, MR; Rashid, MH; Hossain, MM; Zakaria, M. 2020. Morphological characterization of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes. Journal of the Saudi Society of

Agricultural Sciences 19(3):233-240. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.11.001.

Segado Haro, P. 2017. Ultraestructura de la epidermis del fruto del tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) durante el desarrollo (en línea) (En accepted: 2018-01-31t13:18:22z). Consultado 14 nov. 2024. Disponible en https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/15098.

Sharma, S; Sharma, A. 2018. Molecular Markers Based Plant Breeding. Advances in Research :1-15. DOI: https://doi.org/10.9734/AIR/2018/42922.

TGRC. 2024. (en línea, sitio web). Consultado 4 oct. 2024. Disponible en https://tgrc.ucdavis.edu/.

Toapanta Rivadeneira, AE. 2018. Caracterización morfológica y evaluación preliminar de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) a Leptoglossus zonatus (Hemiptera: Coreidae) (en línea, sitio web). Consultado 4 oct. 2024. Disponible en https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/5eea63d1-fb0f-4731-b6df-50a7d5517292.

Torrez Quispe, V. 2015. Productividad de 63 híbridos de tomate, (*Solanum lycopersicon* Miller) introducidos en la Estación Experimental de Cota Cota (en línea). Thesis. s.l., s.e. Consultado 12 nov. 2024. Disponible en http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/5645.

Torrico, A; Crespo, M; Rojas, Beltrán, J. 2014. Estudio morfológico y molecular de la diversidad genética del tomate silvestre (*Solanum* spp.) boliviano. Revista de Agricultura 55.

Tuxtla Andrade, MM; Magaña Lira, N; Peña Lomelí, A; Lozoya Saldaña, H; Leyva Mir, SG; Peña Ortega, MG; Tuxtla Andrade, MM; Magaña Lira, N; Peña Lomelí, A; Lozoya Saldaña, H; Leyva Mir, SG; Peña Ortega, MG. 2022. Compatibilidad de cruzas entre poblaciones silvestres tolerantes a virus y cultivadas de tomate de cáscara. Revista fitotecnia mexicana 45(1):43-53. DOI: https://doi.org/10.35196/rfm.2022.1.43.

UPOV. 2024. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. s.l., s.e.

Vallejo Cabrera, FA. 1999. Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia (en línea). s.l., Universidad Nacional de Colombia. Consultado 4 oct. 2024. Disponible en https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/51997.

Vazquez, DV. 2022. Identificación de QTLs que controlan caracteres del fruto en tomate por secuenciación de grupos discrepantes (en línea). Consultado 4 oct. 2024. Disponible en http://hdl.handle.net/2133/24622.

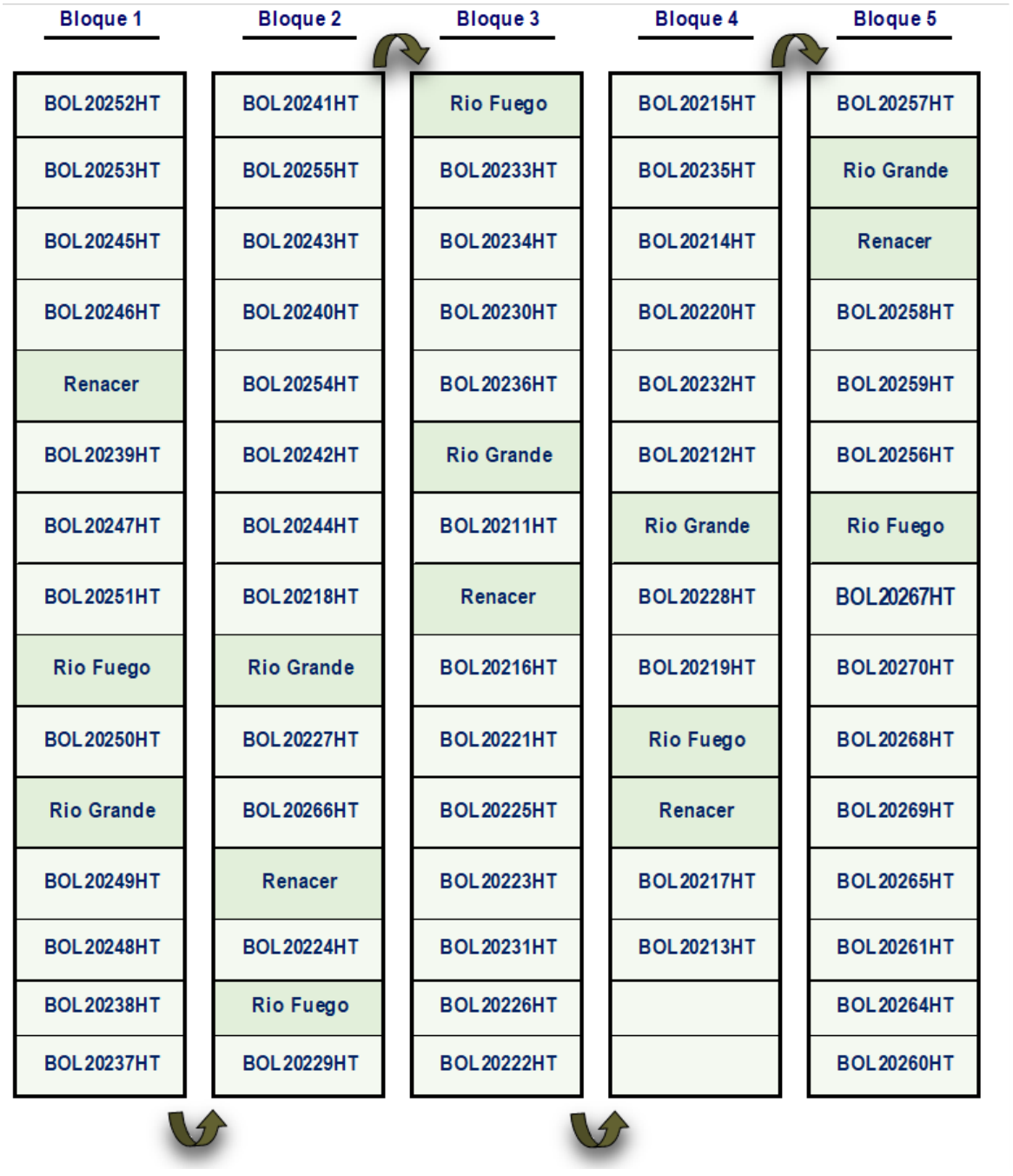
Velasquez Chalas, SE. 2022. Diversidad en una población segregante de tomate por color del fruto y selección participativa de genotipos superiores (en línea). Bachelor thesis. s.l., Universitat Politècnica de Catalunya. Consultado 13 nov. 2024. Disponible en https://upcommons.upc.edu/handle/2117/372621.

Villanueva, E; Johansson, E; Prieto Linde, M; Centellas, A; Olsson, M; Geleta, M. 2022. Simple Sequence Repeat Markers Reveal Genetic Diversity and Population Structure of Bolivian Wild and Cultivated Tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). Genes 13. DOI: https://doi.org/10.3390/genes13091505.

WorldVeg. 2024. The World Vegetable Center | Working on Food Diversity Since 1971 (en línea, sitio web). Consultado 4 oct. 2024. Disponible en https://avrdc.org/.

8. ANEXOS

Anexo 1. Croquis



Anexo 2. Tabla de frecuencias en base a descriptores cualitativos

Tabla de frecuencia					
Descriptor	**Cod**	**Categorías**	**FA**	**%**	**FR**
Descriptor de la planta					
Tipo de crecimiento de la planta	TCP	1 = Enano	1	1,6	0,02
		2 = Determinado	13	21,3	0,21
		3 = Semideterminado	7	11,5	0,11
		4 = Indeterminado	40	65,6	0,66
Tamaño de la planta	TP	3 = Pequeña	1	1,6	0,02
		5 = Intermedia	19	31,1	0,31
		7 = Grande	41	67,2	0,67
Densidad de la pubescencia del tallo	DTP	3 = Escasa	23	37,7	0,38
		5 = Intermedia	30	49,2	0,49
		7 = Densa	8	13,1	0,13
Tamaño de entrenudo del tallo	TET	3 = Corta	26	42,6	0,43
		5 = Intermedia	30	49,2	0,49
		7 = Larga	5	8,2	0,08
Densidad del follaje	DF	5 = Intermedia	28	45,9	0,46
		7 = Densa	33	54,1	0,54
Numero de hojas en la primera inflorescencia	NHPI	3 = Pocas	6	9,8	0,10
		7 = Muchas	55	90,2	0,90
Posición de la hoja	PH	3 = Semierecta	3	4,9	0,05
		5 = Horizontal	55	90,2	0,90
		7 = Inclinada	3	4,9	0,05
Tipo de hoja	TH	1 = Enana	1	1,6	0,02
		3 = Estándar	18	29,5	0,30
		4 = Peruvianum	34	55,7	0,56
		5 = Pimpinellifollium	4	6,6	0,07
		6 = Hirsutum	2	3,3	0,03
		7 = Chilense	2	3,3	0,03
Grado de disección de la hoja	GDH	0 = Nulo	2	3,3	0,03
		3 = Bajo	7	11,5	0,11
		5 = Intermedio	18	29,5	0,30
		7 = Alto	34	55,7	0,56
Coloración antocianina de las venas	CAV	2 = Normales	61	100,0	1,00
Descriptor de la Flor					
Tipo de inflorescencia	TF	1 = uníparo	29	47,5	0,48
		2 = Ambos	23	37,7	0,38
		3 = multípara	9	14,8	0,15
Color de corola	CC	2 = Amarillo	61	100,0	1,00
Tipo de corola	TC	2 = Abierta	61	100,0	1,00
Tipo de esterilidad de la flor	TEF	3 = Polen	61	100,0	1,00
Posición de estilo	PE	1 = Insertado	18	29,5	0,30

		2 = Mismo nivel que el estambre	28	45,9	0,46
		3 = Ligeramente proyectado	8	13,1	0,13
		4 = Muy proyectado	7	11,5	0,11
Forma de estilo	FE	1 = Simple	59	96,7	0,97
		3 = Dividido	2	3,3	0,03
Pubescencia del estilo	PDE	0 = Ausente	5	8,2	0,08
		1 = Presente	56	91,8	0,92
Dehiscencia de la antera	DA	2 = Longitudinal	61	100,0	1,00
Descriptor del Fruto no maduro					
Color exterior del fruto no maduro	CFNM	1 = Blanco verduzco	19	31,1	0,31
		3 = Verde claro	27	44,3	0,44
		5 = Verde	15	24,6	0,25
Rayas verdes en el fruto (hombros)	RVFI	0 = Ausente	59	96,7	0,97
		1 = Presente	2	3,3	0,03
Intensidad del green back (hombros verdes)	IGB	0 = Nulo	25	41,0	0,41
		3 = Leve (1/4)	5	8,2	0,08
		5 = Intermedia (1/3)	25	41,0	0,41
		7 = Fuerte (1/2)	6	9,8	0,10
Pubescencia del fruto.	PFR	3 = Escasa	54	88,5	0,89
		5 = Intermedia	3	4,9	0,05
		7 = Densa	4	6,6	0,07
Forma predominante del furto	PDF	1 = Achatado	9	14,8	0,15
		2 = Ligeramente achatado	4	6,6	0,07
		3 = Redondeado	34	55,7	0,56
		4 = Redondo-alargado	6	9,8	0,10
		5 = Cordiforme	1	1,6	0,02
		7 = Piriforme	4	6,6	0,07
		9 = Oboval	3	4,9	0,05
Descriptor del Fruto maduro					
Color exterior del fruto maduro	CEFM	1 = Verde	6	9,8	0,10
		2 = Amarillo	7	11,5	0,11
		4 = Rosado	1	1,6	0,02
		5 = Rojo	44	72,1	0,72
		6 = Rojo Negruzco	2	3,3	0,03
		7 = Rojo Escarlata	1	1,6	0,02
Intensidad del color exterior	ICE	3 = Poca	7	11,5	0,11
		5 = Intermedia	41	67,2	0,67
		7 = Mucha	13	21,3	0,21
Forma secundaria del fruto	FSF	1 = Achatado	4	6,6	0,07
		10 = Oboval	1	1,6	0,02
		11 = Oblongo	1	1,6	0,02
		2 = Ligeramente achatado	10	16,4	0,16

		3 = Redondeado	27	44,3	0,44
		4 = Redondo-alargado	7	11,5	0,11
		5 = Cordiforme	1	1,6	0,02
		7 = Piriforme	4	6,6	0,07
		9 = Eliptica	6	9,8	0,10
Nervadura del extremo del cáliz	NEC	1 = Muy ligera	54	88,5	0,89
		3 = Ligera	7	11,5	0,11
Facilidad para separar el fruto del pedicelo	FSFP	3 = Poca	7	11,5	0,11
		5 = Intermedia	39	63,9	0,64
		7 = Mucha	15	24,6	0,25
Forma del hombro del fruto	FHF	1 = Aplanada	36	59,0	0,59
		3 = Ligeramente hundida	19	31,1	0,31
		5 = Moderadamente hundida	4	6,6	0,07
		7 = Muy hundida	2	3,3	0,03
Presencia / ausencia del pedicelo sin unión	PAP	0 = Ausente	8	13,1	0,13
		1 = Presente	53	86,9	0,87
Facilidad para pelar el fruto	FPF	3 = Poca	15	24,6	0,25
		5 = Intermedia	33	54,1	0,54
		7 = Mucha	13	21,3	0,21
Color de la piel del fruto maduro	CPFM	1 = Incolora	7	11,5	0,11
		2 = Amarilla	52	85,2	0,85
		3 = Marrón	2	3,3	0,03
Color de la carne del pericarpio	CCP	1 = Verde	6	9,8	0,10
		2 = Amarillo	8	13,1	0,13
		4 = Rosado	2	3,3	0,03
		5 = Rojo	43	70,5	0,70
		6 = Verde	2	3,3	0,03
Intensidad del color de la carne	ICC	3 = Poca	16	26,2	0,26
		5 = Intermedia	36	59,0	0,59
		7 = Mucha	9	14,8	0,15
Color de la intensidad del corazón	CIC	1 = Verde	3	4,9	0,05
		2 = Blanco	4	6,6	0,07
		3 = Claro	24	39,3	0,39
		5 = Intermedio	28	45,9	0,46
		7 = Oscuro	2	3,3	0,03
Forma del corte transversal del fruto	FCTF	1 = Redonda	56	91,8	0,92
		2 = Angular	4	6,6	0,07
		3 = Irregular	1	1,6	0,02
Forma de la cicatriz del pistilo	FCP	1 = Punteado	53	86,9	0,87
		2 = Estrellado	6	9,8	0,10
		3 = Lineal	1	1,6	0,02
		4 = Irregular	1	1,6	0,02
Forma del terminal de la floración del fruto	FTFF	1 = Indentada	5	8,2	0,08
		2 = Aplanada	54	88,5	0,89

		3 = Puntiaguda	2	3,3	0,03
Condición de la cicatriz del terminal de la floración	CCTF	1 = Abierta	6	9,8	0,10
		2 = Cerrada	55	90,2	0,90
Firmeza del fruto	FDF	3 = Débil	15	24,6	0,25
		5 = Intermedia	33	54,1	0,54
		7 = Firme	13	21,3	0,21
Descriptor de la semilla					
Forma de la semilla	FS	1 = Globular	24	39,3	0,39
		2 = Ovada	37	60,7	0,61
Color de la Semilla	CS	2 = Amarillo Oscuro	13	21,3	0,21
		3 = Gris	2	3,3	0,03
		4 = Marrón	8	13,1	0,13
		5 = Marrón oscuro	4	6,6	0,07
		6 = Marrón Claro	34	55,7	0,56
Total			61	100,0	1,0

Fuente: Elaboración propia, 2024; FA: frecuencia absoluta; FR: Frecuencia relativa

Anexo 3. Tabla de contribución de las variables cuantitativas evaluadas por descriptores convencionales en las tres primeras dimensiones.

	Variable	Dim.1	Dim.2	Dim.3
LHP	Longitud de la Hoja Primaria	0.76358756	-0.27180442	0.3028226663
AHP	Ancho de la hoja primaria	0.86259356	-0.18635997	0.2254974277
LE	Longitud de la enredadera	-0.62819423	0.02705302	0.3700581807
LDP	Longitud de pétalo	0.43425918	-0.73447328	0.1585050864
LS	Longitud de sépalo	0.79101923	-0.45540389	0.0797578021
LDE	Longitud de estambre	0.49952914	-0.58529814	0.1286758299
NFR	Numero de flores por Racimo	-0.38181505	-0.31703388	-0.2055253941
PF	Peso del fruto	0.92081985	0.11354373	-0.1275286923
LF	Longitud del fruto	0.92349702	-0.05097685	0.0195051275
AF	Ancho del fruto	0.92926989	0.30360295	-0.0261693044
LP	Longitud del pedicelo	0.67419155	-0.45537726	-0.0636041518
LPCA	Longitud del pedicelo desde la capa de la absición	-0.06520574	0.73469133	0.3373670055
ACP	Ancho de la cicatriz del pedicelo	0.80880992	0.22011433	0.0438588631
TZCAC	Tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz	0.91785670	0.24654192	-0.0252794142
GPF	Grosor de la piel del fruto	0.31452354	0.12753039	0.5596106457
GP	Grosor del pericarpio	0.93696496	0.05016209	0.0007665801
TDC	Tamaño del corazón	0.87391493	0.33420355	-0.0807445459
SS	Solidos solubles totales	-0.35839429	0.19596028	0.7074157186
FF	Firmeza del Fruto	0.53022648	0.07355338	0.4773363719
NFDR	Numero de frutos por racimo	-0.44600640	-0.03192937	0.3760528509
PS	Peso de 1000 semillas	0.82389131	0.28838263	-0.1508576623
NL	Numero de lóculos	0.42764020	0.57761874	- 0.246277446

Componentes Principales			
Porcentaje de varianza	10.661822113	2.855416468	1.780328240
Varianza Acumulativa	48.46282778	12.97916576	8.09240109
Porcentaje de varianza	48.46283	61.44199	69.53439

Anexo 4. Tabla de contribución de las variables evaluadas por descriptores de alto rendimiento Tomato Analizer en las primeras tres dimensiones.

Cod	Variables	Dim.1	Dim.2	Dim.3
P	Perímetro	0.834872664	0.4300615026	-0.094803569
A	Área	0.802696030	0.4455356427	-0.072687962
WMH	Anchura Media Altura	0.675157334	0.6333540159	-0.065677609
MW	Anchura Máxima	0.698256809	0.6071793057	-0.053530401
HMW	Altura Mitad Anchura	0.906915669	0.1069104951	-0.229143889
MH	Altura Máxima	0.912086837	0.1829966981	-0.184747435
CH	Altura de Curvatura	0.916712710	0.2075989197	-0.149733991
FSEI	Índice Externo I	0.626689055	-0.6620239854	-0.171891176
FSEII	Índice Externo II	0.592370401	-0.7349711305	-0.156783897
FSC	Índice Curvatura del Fruto	0.555290726	-0.7513253593	-0.009468051
PFB	Bloque Proximal de la Fruta	-0.103853062	0.7909545960	-0.092632880
DFB	Bloque Distal Fruta	0.063012376	-0.2244201716	0.236451054
FST	Triangulo de Forma Fruta	0.129682896	0.4468137131	-0.110302515
E	Elipsoide	0.660174720	0.1892291327	0.583125752
C	Circular	0.694827163	0.0439675133	0.563896843
R	Rectangular	-0.474807665	0.6285139841	-0.014008739
SH	Altura de los Hombros	0.183442937	0.8180025594	0.333940101
PMI	Micro Angulo Proximal	0.039836381	0.5769205260	0.173323531
PMA	Macro Angulo Proximal	-0.132810163	0.5825305118	0.220686471
PIA	Área Indentación Proximal	0.216635015	0.7876949671	0.259696149
DMI	Micro Angulo Distal (grados)	0.032374967	-0.1107531324	-0.518258840
DMA	Macro Angulo Distal (grados)	-0.562042186	0.1258713107	-0.174507529
DIA	Área Indentación Distal	-0.359853776	0.0478563813	0.132834930
DEA	Protuberancia Extremo Distal	-0.256878711	-0.0004867946	-0.187105260
OB	Obovoide	0.403808047	-0.7212941146	0.378052561
OV	Ovoide	0.003587439	0.7059333240	-0.295250427
ASv	V. Asimetría	0.581244061	0.5535259086	0.373853137
Asob	H. Asimetría ob	0.525162016	-0.5248630770	0.297451872
Asov	H. Asimetría ov	0.532774954	0.6508332175	-0.052012320
WWP	Ancho Posición más amplia	0.386164836	-0.7600911654	0.262097123
EC	Excentricidad	-0.757725503	0.1185965124	-0.314165527
PEC	Excentricidad Proximal	-0.680870296	0.5610676857	-0.149645706
DEC	Excentricidad Distal	-0.501085237	0.0682164083	0.043239355

FSI	Índice Forma de Fruta Interna	0.409008113	-0.6063744036	-0.394609598
EA	Índice de área de excentricidad	0.730368281	-0.0959316399	0.141550642
Red	Rojo	0.549385684	0.1715046598	0.007330133
Green	Verde	0.165493926	-0.1230374090	0.823037591
Blue	Azul	0.384544153	0.2162210878	0.506285303
AL	Luminosidad media	0.521536944	0.2149312619	0.118591003
L	L*	0.186366306	-0.0509496848	0.415852472
a	a*	0.202447349	0.2384326005	-0.794553928
b	b*	-0.044619617	-0.1808744875	0.062854192
HA	Ángulo de tono	-0.273598669	-0.3339200056	0.822807234
CHR	Chroma	0.412617393	0.0268141413	-0.411618562
LD	Grado de lobulación	-0.189268651	0.2552739018	0.696932312
PA	Área del Pericarpio	-0.487155300	0.0995758521	0.687441639
PT	Espesor del pericarpio	0.477945788	-0.1183604368	-0.710115108
Componentes Principales				
Porcentaje de varianza		1.239205e+01	9.827961e+00	6.422481e+00
Varianza Acumulativa		2.636607e+01	2.091056e+01	1.366485e+01
Porcentaje de varianza		26.36607	47.27663	60.94148

Anexo 5. Promedios de variables cuantitativas por cada clúster

Descriptor	Dendograma							
	Cod	I	II	III	IV	V	VI	VII
Longitud de la hoja Primaria (mm)	LHP	21,66	21,66	5,22	24,18	30,97	31,74	27,39
Ancho de la hoja primaria (mm)	AHP	10,91	15,41	4,58	17,89	25,57	26,68	20,59
Longitud de la enredadera (cm)	LE	147,6	168,8	5,90	51,11	126,5	66,51	100,94
Longitud de pétalo (mm)	LDP	12,84	11,10	8,69	12,76	12,75	13,57	10,68
Longitud de sépalo (mm)	LS	7,02	8,01	6,79	10,57	11,67	14,05	9,45
Longitud de estambre (mm)	LDE	8,97	6,90	5,61	7,64	8,05	8,11	7,27
Numero de flores por Racimo	NFR	64	6	7	8	6	5	6
Peso del fruto (g)	PF	0,08	8,89	4,93	31,48	65,37	91,42	118,56
Longitud del fruto (mm)	LF	1,64	22,45	21,28	41,49	45,22	61,64	46,73
Ancho del fruto (mm)	AF	1,84	22,94	21,46	36,80	50,86	52,08	67,52
Longitud del pedicelo (mm)	LP	1,36	6,99	4,25	11,08	10,29	26,79	9,49
Longitud del pedicelo desde la capa de la absición (mm)	LPCA	1,23	12,59	7,72	12,61	16,11	4,10	17,29
Ancho de la cicatriz del pedicelo (mm)	ACP	0,35	2,67	2,56	4,23	5,94	5,99	7,55
Tamaño de la zona corchosa alrededor de la cicatriz (mm)	TZCAC	0,37	3,18	2,79	5,71	9,48	10,26	13,33
Grosor de la piel del fruto (mm)	GPF	0,00	0,21	0,15	0,21	0,39	0,32	0,20
Grosor del pericarpio (mm)	GP	0,18	2,94	2,48	5,61	7,03	8,35	6,41
Tamaño del corazón (mm)	TDC	0,34	8,70	5,78	16,09	25,64	26,42	43,45
Solidos solubles totales	SS	2,55	10,03	7,10	7,55	9,35	7,14	7,40
Firmeza del Fruto	FF	0,00	28,31	27,33	34,02	37,35	39,05	33,38
Numero de frutos por racimo	NFDR	5	6	6	7	6	4	6
Peso de 1000 semillas	PS	0,81	1,74	1,84	2,38	2,92	2,94	3,07
Numero de lóculos	NL	2	2	2	3	3	2	8
% de población		2%	59%	2%	8%	10%	13%	7%

Anexo 6. Tabla de frecuencias categóricas por clúster

DESCRIPTOR CUALITATIVO			DENDOGRAMA													
			I		II		III		IV		V		VI		VII	
Descriptor	Cod	Categoria	Cat	%	Cat	%	Cat	%	Cat	%	Cat	%	Cat	%	Cat	%
Tipo de crecimiento de la planta	TCP	1 = Enano	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1	100,0	o	o
		2 = Determinado	o	o	o	o	o	o	2	88,9	2	50,0	o	o	2	60,0
		3 = Semideterminado	o	o	3	14,3	3	8,8	3	11,1	3	25,0	o	o	3	20,0
		4 = Indeterminado	4	100,0	4	85,7	4	91,2	o	o	4	25,0	o	o	4	20,0
Tamaño de la planta	TP	3 = Pequeña	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	3	100,0	o	o
		5 = Intermedia	o	o	o	o	5	8,8	5	100,0	5	75,0	o	o	5	80,0
		7 = Grande	7	100,0	7	100,0	7	91,2	o	o	7	25,0	o	o	7	20,0
Densidad de la pubescencia del tallo	DPT	3 = Escasa	o	o	o	o	3	44,1	3	55,6	3	25,0	o	o	3	40,0
		5 = Intermedia	o	o	5	100,0	5	35,3	5	44,4	5	75,0	5	100,0	5	60,0
		7 = Densa	7	100,0	o	o	7	20,6	o	o	o	o	o	o	o	o
Tamaño de entrenudo del tallo	TET	3 = Corta	o	o	3	28,6	3	32,4	3	66,7	3	75,0	3	100,0	3	60,0
		5 = Intermedia	5	100,0	5	71,4	5	52,9	5	33,3	5	25,0	o	o	5	40,0
		7 = Larga	o	o	o	o	7	14,7	o	o	o	o	o	o	o	o
Densidad del follaje	DF	5 = Intermedia	5	100,0	5	85,7	5	20,6	5	88,9	5	50,0	5	100,0	5	60,0
		7 = Densa	o	o	7	14,3	7	79,4	7	11,1	7	50,0	o	o	7	40,0
Numero de hojas en la primera inflorescencia	NHPI	3 = Pocas	o	o	o	o	3	14,7	o	o	o	o	3	100,0	o	o
		7 = Muchas	7	100,0	7	100,0	7	85,3	7	100,0	7	100,0	o	o	7	100,0
Posición de la hoja	PH	3 = Semierecta	o	o	o	o	3	8,8	o	o	o	o	o	o	o	o
		5 = Horizontal	5	100,0	5	100,0	5	82,4	5	100,0	5	100,0	5	100,0	5	100,0
		7 = Inclinada	o	o	o	o	7	8,8	o	o	o	o	o	o	o	o
Tipo de hoja	TH	1 = Enana	o	o	o	o	1	2,9	o	o	o	o	1	100,0	o	o
		3 = Estándar	o	o	o	o	3	35,3	3	44,4	3	25,0	o	o	3	20,0

		4 = Peruvianum	o	o	4	100,0	4	44,1	4	55,6	4	75,0	o	o	4	80,0
		5 = Pimpinellifollium	o	o	o	o	5	11,8	o	o	o	o	o	o	o	o
		6 = Hirsutum	o	o	o	o	6	5,9	o	o	o	o	o	o	o	o
		7 = Chilense	7	100,0	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Grado de disección de la hoja	GDH	0 = Nulo	o	o	o	o	0	2,9	o	o	o	o	0	100,0	o	o
		3 = Bajo	o	o	o	o	3	2,9	3	11,1	3	50,0	o	o	3	60,0
		5 = Intermedio	o	o	5	42,9	5	20,6	5	55,6	5	25,0	o	o	5	40,0
		7 = Alto	7	100,0	7	57,1	7	73,5	7	33,3	7	25,0	o	o	o	o
Coloración antocianina de las venas	CAV	2 = Normales	2	100,0	2	100,0	2	100,0	2	100,0	2	100,0	2	100,0	2	100,0
Tipo de inflorescencia	TF	1 = uníparo	o	o	1	28,6	1	44,1	1	77,8	1	25,0	o	o	1	80,0
		2 = Ambos	o	o	2	57,1	2	44,1	2	22,2	o	o	2	100,0	2	20,0
		3 = multípara	3	100,0	3	14,3	3	11,8	o	o	3	75,0	o	o	o	o
Color de corola	CC	2 = Amarillo	2	100,0	2	100,0	2	100,0	2	100,0	2	100,0	2	100,0	2	100,0
Tipo de corola	TC	2 = Abierta	2	100,0	2	100,0	2	100,0	2	100,0	2	100,0	2	100,0	2	100,0
Tipo de esterilidad de la flor	TEF	3 = Polen	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0
Posición de estilo	PE	1 = Insertado	o	o	1	57,1	1	5,9	1	88,9	1	75,0	o	o	1	20,0
		2 = Mismo nivel que el estambre	o	o	2	28,6	2	61,8	2	11,1	o	o	2	100,0	2	60,0
		3 = Ligeramente proyectado	o	o	3	14,3	3	14,7	o	o	3	25,0	o	o	3	20,0
		4 = Muy proyectado	4	100,0	o	o	4	17,6	o	o	o	o	o	o	o	o
Forma de estilo	FE	1 = Simple	1	100,0	1	100,0	1	94,1	1	100,0	1	100,0	1	100,0	1	100,0
		3 = Dividido	o	o	o	o	3	5,9	o	o	o	o	o	o	o	o
	PDE	0 = Ausente	o	o	o	o	o	o	0	11,1	0	50,0	o	o	0	40,0

Pubescencia del estilo		1 = Presente	1	100,0	1	100,0	1	100,0	1	88,9	1	50,0	1	100,0	1	60,0
Dehiscencia de la antera	DA	2 = Longitudinal	2	100,0	2	100,0	2	100,0	2	100,0	2	100,0	2	100,0	2	100,0
Color exterior del fruto no maduro	CFNM	1 = Blanco verduzco	o	o	1	14,3	1	47,1	1	11,1	o	o	1	100,0	o	o
		3 = Verde claro	3	100,0	3	28,6	3	38,2	3	44,4	3	75,0	o	o	3	80,0
		5 = Verde	o	o	5	57,1	5	14,7	5	44,4	5	25,0	o	o	5	20,0
Rayas verdes en el fruto (hombros)	RVFI	0 = Ausente	0	100,0	0	100,0	0	97,1	0	88,9	0	100,0	0	100,0	0	100,0
		1 = Presente	o	o	o	o	1	2,9	1	11,1	o	o	o	o	o	o
Intensidad del green back (hombros verdes)	IGB	0 = Nulo	0	100,0	0	57,1	0	20,6	0	88,9	o	o	0	100,0	0	80,0
		3 = Leve (1/4)	o	o	o	o	5	11,8	5	11,1	o	o	o	o	o	o
		5 = Intermedia (1/3)	o	o	5	28,6	5	52,9	o	o	5	100,0	o	o	5	20,0
		7 = Fuerte (1/2)	o	o	7	14,3	7	14,7	o	o	o	o	o	o	o	o
Pubescencia del fruto.	PFR	3 = Escasa	o	o	3	100,0	3	82,4	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0
		5 = Intermedia	5	100,0	o	o	5	5,9	o	o	o	o	o	o	o	o
		7 = Densa	o	o	o	o	7	11,8	o	o	o	o	o	o	o	o
Forma predominante del furto	PDF	1 = Achatado	o	o	1	14,3	1	8,8	1	11,1	1	100,0	o	o	o	o
		2 = Ligeramente achatado	o	o	2	42,9	2	2,9	o	o	o	o	o	o	o	o
		3 = Redondeado	3	100,0	3	42,9	3	73,5	3	11,1	o	o	3	100,0	3	60,0
		4 = Redondo-alargado	o	o	o	o	4	11,8	4	22,2	o	o	o	o	o	o
		5 = Cordiforme	o	o	o	o	o	o	5	11,1	o	o	o	o	o	o
		7 = Piriforme	o	o	o	o	7	2,9	7	22,2	o	o	o	o	7	20,0
		9 = Oboval	o	o	o	o	o	o	9	22,2	o	o	o	o	9	20,0
Color exterior del fruto maduro	CEFM	1 = Verde	1	100,0	o	o	1	14,7	o	o	o	o	o	o	o	o
		2 = Amarillo	o	o	o	o	2	17,6	o	o	2	25,0	o	o	o	o
		4 = Rosado	o	o	o	o	4	2,9	o	o	o	o	o	o	o	o

		5 = Rojo	o	o	5	100,0	5	55,9	5	100,0	5	75,0	5	100,0	5	100,0
		6 = Rojo Negruzco	o	o	o	o	6	5.9	o	o	o	o	o	o	o	o
		7 = Rojo Escarlata	o	o	o	o	7	2.9	o	o	o	o	o	o	o	o
Intensidad del color exterior	ICE	3 = Poca	3	100,0	3	14,3	3	5,9	o	o	3	50,0	3	100,0	o	o
		5 = Intermedia	o	o	5	71,4	5	64,7	5	100,0	5	25,0	o	o	5	80,0
		7 = Mucha	o	o	7	14,3	7	29,4	o	o	7	25,0	o	o	7	20,0
Forma secundaria del fruto	FSF	1 = Achatado	o	o	1	14,3	1	2,9	o	o	1	50,0	o	o	o	o
		10 = Oboval	o	o	o	o	10	2,9	o	o	o	o	o	o	o	o
		11 = Oblongo	o	o	o	o	o	o	11	11,1	o	o	o	o	o	o
		2 = Ligeramente achatado	o	o	2	28,6	2	11,8	2	11,1	2	50,0	o	o	2	20,0
		3 = Redondeado	3	100,0	3	57,1	3	64,7	o	o	o	o	o	o	o	o
		4 = Redondo-alargado	o	o	o	o	4	11,8	o	o	o	o	o	o	4	60,0
		5 = Cordiforme	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	5	100,0	o	o
		7 = Piriforme	o	o	o	o	7	5,9	7	11,1	o	o	o	o	7	20,0
		9 = Eliptica	o	o	o	o	o	o	9	66,7	o	o	o	o	o	o
Nervadura del extremo del cáliz	NEC	1 = Muy ligera	1	100,0	1	85,7	1	88,2	1	88,9	1	100,0	1	100,0	1	80,0
		3 = Ligera	o	o	3	14,3	3	11,8	3	11,1	o	o	o	o	3	20,0
Facilidad para separar el fruto del pedicelo	FSFP	3 = Poca	3	100,0	3	14,3	3	11,8	o	o	o	o	o	o	3	20,0
		5 = Intermedia	o	o	5	57,1	5	67,6	5	88,9	o	o	5	100,0	5	60,0
		7 = Mucha	o	o	7	28,6	7	20,6	7	11,1	7	100,0	o	o	7	20,0
Forma del hombro del fruto	FHF	1 = Aplanada	1	100,0	1	28,6	1	88,2	1	11,1	o	o	o	o	1	40,0
		3 = Ligeramente hundida	o	o	3	71,4	3	5,9	3	88,9	o	o	3	100,0	3	60,0
		5 = Moderadamente hundida	o	o	o	o	5	5,9	o	o	5	50,0	o	o	o	o

		7 = Muy hundida	o	o	o	o	o	o	o	o	7	50,0	o	o	o	o
Presencia / ausencia del pedicelo sin unión	PAP	0 = Ausente	o	o	o	o	0	5,9	0	66,7	o	o	o	o	o	o
		1 = Presente	1	100,0	1	100,0	1	94,1	1	33,3	1	100,0	1	100,0	1	100,0
Facilidad para pelar el fruto	FPF	3 = Poca	3	100,0	o	o	3	14,7	3	77,8	3	25,0	o	o	3	20,0
		5 = Intermedia	o	o	5	71,4	5	58,8	o	o	5	75,0	5	100,0	5	80,0
		7 = Mucha	o	o	7	28,6	7	26,5	7	22,2	o	o	o	o	o	o
Color de la piel del fruto maduro	CPFM	1 = Incolora	1	100,0	o	o	1	17,6	o	o	o	o	o	o	o	o
		2 = Amarilla	o	o	2	100,0	2	76,5	2	100,0	2	100,0	2	100,0	2	100,0
		3 = Marrón	o	o	o	o	9	5,9	o	o	o	o	o	o	o	o
Color de la carne del pericarpio	CCP	1 = Verde	1	100,0	o	o	1	14,7	o	o	o	o	o	o	o	o
		2 = Amarillo	o	o	o	o	2	20,6	o	o	2	25,0	o	o	o	o
		4 = Rosado	o	o	o	o	4	5,9	o	o	o	o	o	o	o	o
		5 = Rojo	o	o	5	100,0	5	52,9	5	100,0	5	75,0	5	100,0	5	100,0
		6 = Verde	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Intensidad del color de la carne	ICC	3 = Poca	o	o	3	14,3	3	23,5	3	33,3	3	25,0	3	100,0	3	40,0
		5 = Intermedia	5	100,0	5	71,4	5	52,9	5	66,7	5	75,0	o	o	5	60,0
		7 = Mucha	o	o	7	14,3	7	23,5	o	o	o	o	o	o	o	o
Color de la intensidad del corazón	CIC	1 = Verde	1	100,0	o	o	1	5,9	o	o	o	o	o	o	o	o
		2 = Blanco	o	o	o	o	2	11,8	o	o	o	o	o	o	o	o
		3 = Claro	o	o	3	42,9	3	38,2	3	44,4	3	25,0	3	100,0	3	40,0
		5 = Intermedio	o	o	5	57,1	5	38,2	5	55,6	5	75,0	o	o	5	60,0
		7 = Oscuro	o	o	o	o	7	5,9	o	o	o	o	o	o	o	o
Forma del corte transversal del fruto	FCTF	1 = Redonda	1	100,0	1	85,7	1	97,1	1	100,0	1	75,0	o	o	1	80,0
		2 = Angular	o	o	2	14,3	2	2,9	o	o	o	o	2	100,0	2	20,0
		3 = Irregular	o	o	o	o	o	o	o	o	3	25,0	o	o	o	o
	FCP	1 = Punteado	1	100,0	1	42,9	1	94,1	1	88,9	1	75,0	1	100,0	1	100,0
		2 = Estrellado	o	o	2	42,9	2	5,9	2	11,1	o	o	o	o	o	o

Forma de la cicatriz del pistilo		3 = Lineal	o	o	3	14,3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		4 = Irregular	o	o	o	o	o	o	o	o	4	25,0	o	o	o	o
Forma del terminal de la floración del fruto	FTFF	1 = Indentada	o	o	o	o	1	11,8	o	o	1	25,0	o	o	o	o
		2 = Aplanada	2	100,0	2	100,0	2	88,2	2	100,0	2	75,0	o	o	2	80,0
		3 = Puntiaguda	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	3	100,0	3	20,0
Condición de la cicatriz del terminal de la floración	CCTF	1 = Abierta	o	o	1	14,3	1	2,9	o	o	1	100,0	o	o	o	o
		2 = Cerrada	2	100,0	2	85,7	2	97,1	2	100,0	o	o	2	100,0	2	100,0
Firmeza del fruto	FDF	3 = Débil	3	100,0	3	28,6	3	29,4	o	o	3	25,0	o	o	3	20,0
		5 = Intermedia	o	o	5	42,9	5	50,0	5	66,7	5	50,0	5	100,0	5	80,0
		7 = Firme	o	o	7	28,6	7	20,6	7	33,3	7	25,0	o	o	o	o
Forma de la semilla	FS	1 = Globular	1	100,0	1	71,4	1	32,4	1	44,4	1	25,0	o	o	1	40,0
		2 = Ovada	o	o	2	28,6	2	67,6	2	55,6	2	75,0	2	100,0	2	60,0
Color de la Semilla	CS	2 = Amarillo Oscuro	o	o	2	14,3	2	20,6	2	55,6	o	o	o	o	o	o
		3 = Gris	o	o	o	o	3	5,9	o	o	o	o	o	o	o	o
		4 = Marrón	o	o	o	o	4	17,6	o	o	4	25,0	o	o	4	20,0
		5 = Marrón oscuro	o	o	5	14,3	5	5,9	o	o	5	25,0	o	o	o	o
		6 = Marrón Claro	6	100,0	6	71,4	6	50,0	6	44,4	6	50,0	6	100,0	6	80,0
		TOTAL		100		100,0		100,0		100,0		100,0		100		100,0

Anexo 7. Invernadero 7 con los genotipos en estudio