



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO

**Análisis morfométrico de tres especies de *Solanum* del grupo
Lycopersicon: Efecto de la variabilidad ambiental, geográfica y genética.**

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: Villavicencio Pardo, Carlos Enrique

DIRECTOR: Acosta Quezada, Pablo Geovanny, Ph.D.

LOJA – ECUADOR

2017



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2017

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Doctor.

Pablo Geovanny Acosta Quezada

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación **Análisis morfométrico de tres especies de *Solanum* del grupo *Lycopersicon*: Efecto de la variabilidad ambiental, geográfica y genética**, realizado por Villavicencio Pardo Carlos Enrique, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Octubre del 2017

f)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Villavicencio Pardo Carlos Enrique declaro ser autor del presente trabajo de titulación: **Análisis morfométrico de tres especies de *Solanum* del grupo *Lycopersicon*: Efecto de la variabilidad ambiental, geográfica y genética**, de la Titulación de Ingeniería Agropecuaria, siendo Pablo Geovanny Acosta Quezada director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que es su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigación, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....

Autor: Villavicencio Pardo Carlos Enrique

Cédula: 1104678337

DEDICATORIA

A Dios por el don de la vida.

A mis padres Rosario y Leonardo quienes me han apoyado en el transcurso de mi vida y haber llegado a culminar esta etapa.

A mi abuelita Rosa y mi tío Mario por haber sido más que padres conmigo por su paciencia y constancia y por su ejemplo intachable para convertirme a mí en una persona de bien.

A mis hermanos Johelly, Daniel y José.

A Yesenia por su amor y paciencia en estos casi cinco años juntos y que ha sido y será una persona importante en mi vida.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica Particular de Loja por la formación profesional y personal en estos años de estudio.

A los docentes de la Titulación de Ingeniería Agropecuaria por ser quienes me han formado para ser un excelente profesional y por sus ejemplos de superación.

A toda mi familia por su apoyo y consejos a lo largo de mi vida

De manera especial al Dr. Pablo Acosta, director de mi trabajo de fin de titulación por el apoyo, paciencia y consejos que han aportado en el desarrollo del mismo y a mi formación personal.

A la Dra. Jacqueline Rojas y Dr. Paul Loján por sus consejos en el desarrollo de mi tesis.

Al Dr. Mario Ruiz González a quien considero además de un profesor un gran amigo por su ayuda para implementar el modelo experimental así como sus oportunos consejos para el buen desarrollo de mi trabajo de fin de titulación.

Al Dr. Fernando Oñate por proporcionarme los datos meteorológicos para mi investigación y en particular a la secretaria de mi titulación Ing. Sandra Rivera por la paciencia que ha tenido no sólo conmigo sino con varios compañeros al momento de realizar nuestros trámites académicos.

Y finalmente a mis compañeros y amigos que ha estado siempre en las buenas y las peores como son: Ángel N, Cristhian R, Luis J, Miller S, Katherine A, Ruth P, Tanya R, Víctor G, Michelle M, Vanessa P, Javier C, Anghelo y David, al igual que mis amigos de barrio y de la vida.

INDICE DE CONTENIDO

CARATULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE DE CONTENIDOS.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	5
CAPITULO I.....	6
MARCO TEORICO	6
1.1. Taxonomía del grupo Lycopersicon.....	7
1.2. Diversidad genética del grupo Lycopersicon.....	7
1.3. Generalidades del Tomate.....	8
1.3.1. Origen.....	8
1.3.2. Domesticación del tomate.....	8
1.3.3. Distribución de los tomates silvestres.....	9
1.4. Importancia del tomate cultivado y de los tomates silvestres.....	10
1.4.1. Tomate cultivado.....	10
1.4.2. Tomates Silvestres.....	11
1.5. Incidencia de las variables meteorológicas y de las características del suelo sobre el crecimiento de las plantas de tomate.....	11
1.5.1. Efectos de la temperatura.....	12
1.5.2. Efectos de la humedad relativa.....	12
1.5.3. Efectos del viento.....	13
1.5.4. Efectos dela radiación solar.....	13
1.6. Biología reproductiva de las plantas del grupo Lycopersicon.	14

1.6.1. La polinización.....	14
1.7. Caracterización de los recursos fitogénicos.....	14
1.7.1. Caracterización morfológica.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS	16
2.1. Material Vegetal.....	17
2.2. Estudio de la variabilidad morfológica.....	18
2.2.1. Localización del experimento.....	18
2.2.2. Condiciones contratoladas (invernadero).....	19
2.2.3. Condiciones de campo abierto (exterior).....	19
2.2.4. Diseño experimental.....	20
2.2.4.1. Invernadero.....	21
2.2.4.2. Exterior.....	21
2.2.5. Variables morfológicas evaluadas.....	21
2.2.6. Proceso para obtener los datos morfométricos.....	23
2.3. Análisis de resultados.....	23
2.3.1. Programas estadísticos utilizados para el análisis de resultados.....	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
3.1. Objetivo 1: Influencia de factores ambientales sobre caracteres morfológicos en plantas de tomates silvestres del grupo <i>Lycopersicon</i>	26
3.1.1 Análisis de varianza (ANOVA).....	26
3.2. Objetivo 2: Efecto de la variabilidad genética en los caracteres morfológicos para tres especies del grupo <i>Lycopersicon</i>	33
3.2.1. Análisis multivariado a través de caracteres cuantitativos y cualitativos de las especies establecidas en condiciones controladas.....	33
3.2.1.1. Análisis multivariado de 29 accesiones.....	33
3.2.1.2. Análisis multivariado de 28 accesiones (sin <i>Sh38</i>).....	40
3.2.2. Análisis multivariado a través de caracteres cuantitativos y cualitativos de las especies establecidas en campo abierto.....	46
3.2.2.1. Análisis multivariado de 29 accesiones.....	46
3.3. Objetivo 3 Estudio ex sito de la variabilidad ecogeográfica en la diversidad morfológica de <i>S. habrochaites</i>	53
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES.....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	58
ANEXOS.....	66

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Regiones de origen y distribución del material biológico utilizado con sus respectivas zonas de vida.....	17
Tabla 2.2. Valores promedios de las variables climáticas obtenidas para el estudio.....	19
Tabla 2.3. Descriptores morfológicos cuantitativos evaluados.....	22
Tabla 2.4. Descriptores morfológicos cualitativos evaluados.....	22
Tabla 3.1. Accesiones para las cuales se han encontrado diferencias significativas ($p < 0,001$) para cada uno de los 20 caracteres morfológicos cuantitativos.....	27
Tabla 3.2. Datos meteorológicos en valores promedio por meses y diferencias entre condiciones ambientales, registrados durante el ciclo del cultivo.	28
Tabla 3.3. Valores propios y proporción de la varianza explicada correspondientes a las componentes con valores propios superiores a 1 en el análisis de componentes principales de los caracteres morfológicos de 29 accesiones en condiciones controladas.....	37
Tabla 3.4. Contribución de los caracteres (vectores propios o eigen-vectores) a la construcción de las tres primeras componentes principales.....	38
Tabla 3.5. Valores propios y proporción de la varianza explicada correspondientes a las componentes con valores propios superiores a 1 en el análisis de componentes principales de los caracteres morfológicos de 28 accesiones en condiciones controladas (sin la accesión <i>Sh38</i>).....	43
Tabla 3.6. Contribución de los caracteres (vectores propios o eigen-vectores) a la construcción de las tres primeras componentes principales.....	44
Tabla 3.7. Valores propios y proporción de la varianza explicada correspondientes a las componentes con valores propios superiores a 1 en el análisis de componentes principales de los caracteres morfológicos de 29 accesiones en campo abierto.....	48
Tabla 3.8. Contribución de los caracteres (vectores propios o eigen-vectores) a la construcción de las tres primeras componentes principales.....	49

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Taxonomía del tomate y especies silvestres relacionadas.....	8
Figura 1.2. Distribución de las especies de “tomates silvestres” según el color de fruto.....	10
Figura 2.1. Mapa general del lugar de ensayo.....	18
Figura 2.2. Diseño experimental.....	20
Figura 3.1. Valores medios de la velocidad del viento por meses.....	28
Figura 3.2. Valores medios de la temperatura por meses.....	30
Figura 3.3. Valores medios de la humedad relativa por meses.....	30
Figura 3.4. Dendrograma de 29 accesiones de tomates silvestres, a partir de 18 caracteres morfológicos cuantitativos en condiciones controladas.....	34
Figura 3.5. Flores y frutos de <i>S. pimpinellifolium</i>	34
Figura 3.6. Flores y frutos de <i>S. neorickii</i>	35
Figura 3.7. Dendrograma de 29 accesiones de tomates silvestres, a partir de 19 caracteres morfológicos cualitativos en condiciones controladas.....	36
Figura 3.8. Distribución de 18 caracteres cuantitativos morfológicos evaluados en 29 accesiones de tres especies de tomates silvestres en condiciones controladas, según la CP1 y CP2.....	39
Figura 3.9. Flores y frutos de <i>S. habrochaites</i>	39
Figura 3.10. Distribución de 29 accesiones de tomates silvestres evaluadas a través de 18 caracteres morfológicos en condiciones controladas, según la CP1 y CP2.....	40

Figura 3.11. Dendrograma de 28 accesiones de tomates silvestres, a partir de 18 caracteres morfológicos cuantitativos en condiciones controladas.....	41
Figura 3.12. Dendrograma de 28 accesiones de tomates silvestres, a partir de 19 caracteres morfológicos cualitativos en condiciones controladas.....	42
Figura 3.13. Distribución de 18 caracteres cuantitativos morfológicos evaluados en 28 accesiones de 3 especies de tomates silvestres en condiciones controladas, según la CP1 y CP2.....	45
Figura 3.14. Distribución de 28 accesiones de tomates silvestres evaluadas a través de 18 caracteres morfológicos en condiciones controladas, según la CP1 y CP2.....	46
Figura 3.15. Dendrograma de 29 accesiones de tomates silvestres, a partir de 18 caracteres morfológicos cuantitativos en campo abierto.	47
Figura 3.16. Dendrograma de 29 accesiones de tomates silvestres, a partir de 19 caracteres morfológicos cualitativos en campo abierto.....	48
Figura 3.17. Distribución de 18 caracteres cuantitativos morfológicos evaluados en 29 accesiones de 3 especies de tomates silvestres en campo abierto, según la CP1 y CP2.....	50
Figura 3.18. Distribución de 29 accesiones de tomates silvestres evaluadas a través de 18 caracteres morfológicos en campo abierto, según la CP1 y CP2.....	51
Figura 3.19. Dendrograma de la distribución 25 accesiones de <i>S. habrochaites</i> según su altitud y su respectiva zona de vida	54

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en la Universidad Técnica Particular de Loja, con el objetivo de analizar la variedad morfológica de tres especies de *Solanum* del grupo *Lycopersicon* sometiénolas a condiciones ambientales diferentes (condiciones controladas y campo abierto), donde se utilizaron 29 accesiones del banco de semillas de la UTPL especies silvestres pertenecientes a *S. pimpinellifolium*, *S. habrochaites* y *S. neorickii*. Para ello se evaluaron 39 caracteres morfológicos cuantitativos y cualitativos. Los datos se sometieron a Análisis de Varianza (ANOVA) identificando qué caracteres estuvieron más influenciados con respecto a las condiciones ambientales en las cuales se encontraron los materiales evaluados; a su vez se realizó un Análisis de Componentes Principales donde se identificaron los caracteres que mayor aporte tienen (eigen vectores $\geq 0,70$) y cuan correlacionados entre sí y sobre que accesiones. Paralelamente se desarrolló un análisis de agrupamiento o dendrograma por el método UPGMA a partir de las distancias Euclidianas para identificar la clasificación de los materiales. Los materiales evaluados mostraron una amplia variabilidad morfométrica debido a la influencia de las condiciones en las que se encontraron viendo así que los caracteres del fruto y los de inflorescencias y flores son aquellos para los cuales existieron la mayor cantidad de diferencias significativas así como la correlación de estos caracteres. Los caracteres cuantitativos demostraron que *S. habrochaites* es la especie con mayor diversidad o variabilidad morfológica.

PALABRAS CLAVES: Tomates silvestres, *S. lycopersicum*, *S. pimpinellifolium*, *S. habrochaites*, *S. neorickii*, morfología, condiciones ambientales, zonas de vida

ABSTRACT

The present work was developed at the Universidad Técnica Particular de Loja. With the objective of analyzing the morphological variety of three *Solanum* species of the Lycopersicon group. Plants were subjected to two different environments or climatic conditions (controlled conditions and open field), a total of 29 accessions of *Solanum* were obtained from the UTPL seed bank belonging to *S. pimpinellifolium*, *S. habrochaites* and *S. neorickii*. For this, 39 quantitative and qualitative morphological characters were evaluated. The data were subjected to Analysis of Variance (ANOVA), identifying which characters were significantly influenced ($p < 0,001$) in relation to the environmental conditions. Parallely a Principal Component Analysis was carried out where eigen vectors $\geq 0,70$ in main components was used to identify which characters were correlated with each other and on which accessions. Subsequently it was used in cluster analysis or dendrogram by the UPGMA method from the Euclidian distances to identify the classification of the materials. The evaluated materials showed a wide morphometric variability due to the influence of the conditions in which they were found so that the characters of the fruit and those of inflorescences and flowers are those for which there were the most significant differences as well as the correlation of these characters. The quantitative traits showed that *S. habrochaites* is the species with the greatest diversity (measured as morphological variability).

KEYWORDS: Wild tomatoes, *S. lycopersicum*, *S. pimpinellifolium*, *S. habrochaites*, *S. neorickii*, morphology, environmental conditions, living areas

INTRODUCCIÓN

El tomate de mesa o de riñón (*Solanum lycopersicum*) perteneciente al grupo taxonómico Lycopersicon está dentro de las principales especies de uso alimenticio a nivel mundial. Pertenece a la familia Solanaceae, a la que también pertenecen el ají, el pimiento, la papa, el tomate de árbol, la naranjilla y otras especies de interés agrícola. El tomate es una hortaliza muy apetecida por los consumidores, además de ser la base de la agroindustria para la elaboración de pasta. Esto lo convierte en una de las hortalizas más importantes en el mundo, con un 30% de la producción hortícola (mundial); con 2,9 millones de hectáreas sembradas y 72.744,000 toneladas de frutos cosechados (Vallejo & Estrada, 2004).

El grupo Lycopersicon se encuentra conformado por 17 especies, una de ellas corresponde a los tomates cultivados (*Solanum lycopersicum*) y las otras 16 son especies silvestres. Cinco de estas especies se pueden encontrar en Ecuador: *S. neorickii* y *S. habrochaites*, de frutos verdes; y *S. pimpinellifolium*, *S. galapagense* y *S. cheesmaniae*, de frutos rojos; estas dos últimas son especies endémicas de las Islas Galápagos (Bedinger et al., 2011; Peralta & Spooner, 2005). Estas especies silvestres han demostrado ser de alta utilidad para la mejora genética de *S. lycopersicum*, debido especialmente a sus condiciones de resistencia a factores bióticos (insectos, enfermedades, nematodos, etc.) y abióticos (estrés hídrico, cambios de temperatura, etc.); por lo que la caracterización de su diversidad es relevante.

La caracterización morfológica y fenológica es fundamental tanto a nivel taxonómico como para desarrollar investigación en programas de mejora genética de plantas o el desarrollo de nuevos cultivares teniendo una amplia base genética. El desarrollo de variedades mejoradas se basa en el uso de caracteres presentes en distintas variedades agronómicas y silvestres. Estas nuevas variedades pueden contribuir localmente al cumplimiento de uno de los objetivos presentes en muchas agendas internacionales como es el de: aumentar la producción y mejorar la calidad nutricional reduciendo el impacto de fertilizantes y pesticidas contribuyendo a la seguridad alimentaria (FAO, 2012). Los recursos fitogenéticos enmarcan toda la diversidad genética vegetal, sometida a procesos de selección y adaptación permanentes (Vallejo & Estrada, 2002). En el ámbito mundial, en lo que se refiere a los materiales conservados, cerca del 80% está sin caracterizar y un 95% sin evaluación

agronómica, lo que representa un gran potencial genético desconocido y desaprovechado (Agudelo et al., 2011).

Existen numerosos estudios sobre la alta variabilidad genética del género *Solanum*, esta variabilidad podría aprovecharse como materia prima para producir nuevas variedades de tomate comerciales. Un ejemplo es *S. pimpinellifolium* (una especie silvestre) que al cruzarla con *S. lycopersicum* Var. *cesasiforme*, produce el tomate cherry (Ranc et al., 2008). Sin embargo, no se conoce a detalle la variabilidad dentro de las especies silvestres entre las cuales se encuentra *S. habrochaites* a pesar del gran potencial que tiene esta especie como posible donador de caracteres de interés en programas de mejora (Carrera & Sifres, 2011; Sifres et al., 2011).

Los actuales programas de mejora genética además de incrementar la productividad y adaptación de los cultivos a diferentes condiciones ambientales, buscan incorporar alta calidad nutricional y resistencia a patógenos, para así obtener materiales adecuados mediante la introgresión o retro cruzamiento (Carrillo & Chávez, 2010). Por otro lado, el IPGRI (2000), menciona que antes de iniciar con la utilización de especies, es necesario conocer su variabilidad genética conservada en su hábitat natural, por lo que se debe prestar atención a las especies silvestres, realizar inventario y su descripción. Considerando que el tomate tiene su origen en Latinoamérica, es muy importante el estudio de esta especie en su estado silvestre, así como su variabilidad bajo condiciones experimentales.

OBJETIVOS

General

- Caracterizar el efecto de la variabilidad a nivel ambiental, geográfico y genético en tres especies del grupo *Lycopersicon*.

Específicos

1. Determinar el impacto de la variabilidad ambiental en la morfología de plantas de *S. pimpinellifolium*, *S. habrochaites* y *S. lycopersicum* cultivadas en invernadero y a campo abierto, para identificar qué caracteres tienen mayor plasticidad morfológica.
2. Evaluar el efecto de la variabilidad genética en los caracteres morfológicos presentes en las tres especies del grupo *Lycopersicon*.
3. Estudiar *ex situ* el efecto de la variabilidad geográfica en la diversidad morfológica de *S. habrochaites* provenientes de diferentes condiciones ecológicas.

CAPITULO I
MARCO TEORICO

1.1. Taxonomía del grupo *Lycopersicon*.

La primera descripción botánica del tomate cultivado la realizó Pier Andrea Mattioli, del jardín botánico de Padua (Italia), quien publicó su herbario en 1554 citado en Matas, (2005). Tournefort, en el siglo XVII, fue el primero en considerar al tomate en un género propio, *Lycopersicon*, basándose en el número de lóculos de los frutos. Sin embargo, un siglo después, Linneo (1753) clasificó a los tomates silvestres y cultivados en el género *Solanum* en su libro “*Species Plantarum*”, entre estos: *S. lycopersicon* L., *S. peruvianum* L. y *S. pimpinellifolium*. Aunque su contemporáneo Miller (1754) describió paralelamente al género como *Lycopersicon* Mill, basándose en la clasificación de Tournefort, incluyendo los tomates, la papa (*S. tuberosum* L.) y otras especies (Knapp & Peralta, 2016; Peralta et al., 2008). Su posición taxonómica actual según (Salazar, 2015), es la siguiente:

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Solanales
Familia: Solanaceae
Género: *Solanum*
Especie: *S. lycopersicum*

1.2. Diversidad genética del grupo *Lycopersicon*

Según Peralta et al. (2008), revisaron la taxonomía y sistemática del grupo *Lycopersicon* dando una retrospectiva de cómo ha ido evolucionando esta especie, lo cual se aprecia a través de la Figura 1.1. Este grupo en la actualidad se encuentra conformado por un total de 17 especies, una de ellas que corresponde al material cultivado (*S. lycopersicum*), mientras que el resto son especies silvestres. Con respecto a las especies silvestres, dos de ellas son de fruto rojo y son comestibles (*S. pimpinellifolium* y *S. galapagense*) en tanto que el resto son de color verde (*S. arcanum*, *S. huaylasense*, *S. peruvianum*, *S. corneliomulleri*, *S. chilense*, *S. habrochaites*, *S. pennellii*, *S. ochranthum*, *S. jalandifolium*, *S. lycopersicoides* y *S. sitiens*) (Bedinger et al., 2011; Rodríguez et al., 2009).

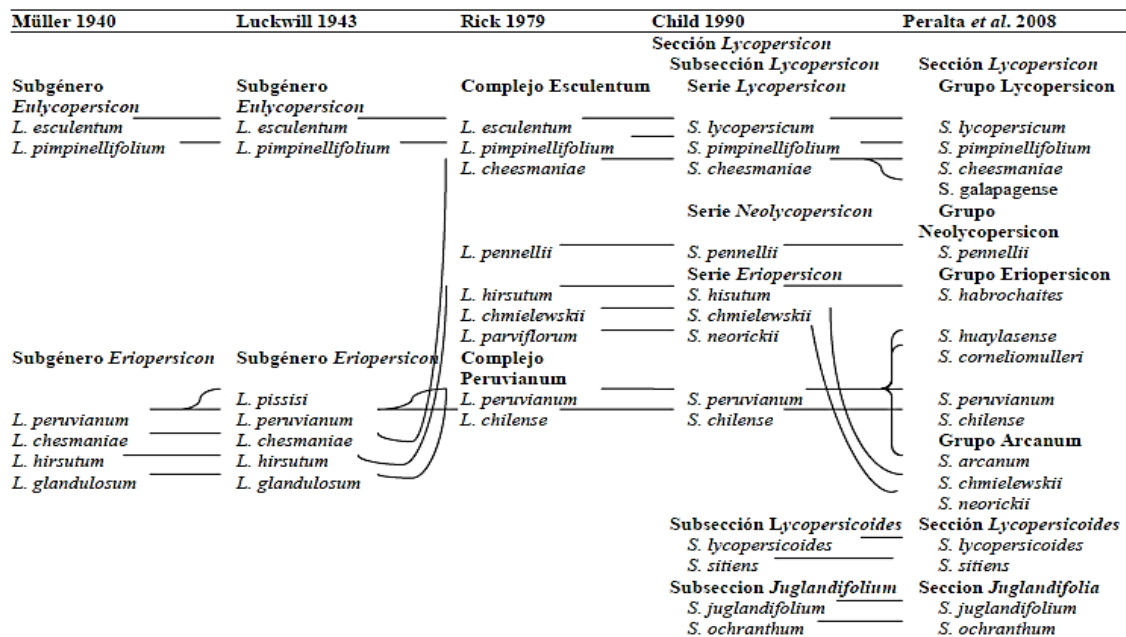


Figura 1.1. Taxonomía del tomate y especies silvestres relacionadas

Fuente: Peralta et al., (2008)

Elaboración: Peralta et al., (2008)

1.3. Generalidades del grupo *Lycopersicon*.

1.3.1. Origen.

El origen del grupo *Lycopersicon* está localizado a lo largo de los Andes desde el norte de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia hasta el norte de Chile y las Islas Galápagos (Darwin et al., 2003; Nuez et al., 2004; Peralta & Spooner, 2000; Sifres et al., 2011).

1.3.2. Domesticación del tomate.

Con respecto a la única especie cultivada del grupo *Lycopersicon* en el momento que los españoles llegaron a América, ya el tomate se encontraba incluido en la dieta de culturas como la Azteca y Mesoamericanas, hallándose variedad de formas, tamaños y colores de los frutos, por lo cual se considera un centro de diversificación secundario de la especie (Matas, 2005). Pero, a pesar de esto aún se encuentra muy discutido el lugar exacto de la domesticación. Así existen dos hipótesis que van de la mano para determinar el centro de domesticación del tomate cultivado, uno de ellos en el Perú, y la otra en México. La hipótesis de Candolle sobre el origen del tomate en Perú, fue apoyada por otros autores por la presencia de plantas de tomates del grupo Cerasiforme. Recientes investigaciones genéticas, han demostrado que las plantas conocidas como "cerasiformes" halladas en el Perú, son una mezcla de tomates

silvestres y cultivadas y no un "ancestral" directo de los cultivares (Nesbitt & Tanksley 2002).

Jenkins (1948) citado por Peralta et al. (2008) adelantó la hipótesis de la domesticación en México. Señaló que la primera referencia del tomate en Europa fue la descripción corta de Matthioli, posteriormente ampliado y denominado "pomi d'oro" y "mala aurea" en las ediciones posteriores durante y después de la vida de Matthioli. A pesar del reconocimiento de que la planta fue una reciente introducción en Europa, no existía referencia de su origen geográfico en alguno de los trabajos de Matthioli o en cualquier herbario a principios del siglo XVI (Torrice, 2013).

El segundo argumento de Jenkins era que no se mostraban pruebas de la domesticación precolombiana de tomates en América del Sur, sin embargo, era lo que él consideraba una buena evidencia de domesticación temprana en México. Guilandini (1572) citado por Peralta et al. (2008) se refiere al tomate como "tumatle ex Themistitan" usando un nombre indígena mexicano para el tomate.

La forma ancestral del tomate cultivado se limitaba inicialmente a la zona de Perú-Ecuador. Después de difundirse al norte, posiblemente como una mala hierba en tiempos precolombinos, no fue domesticado extensivamente hasta que llegó a México y desde allí se difundieron las formas cultivadas (Jenkins, 1948).

La hipótesis Jenkins (1948) de que la domesticación tuvo lugar en México también es apoyada por Carrera & Sifres. (2011) donde los tomates silvestres son conocidos, aunque sólo se encuentran plantas silvestres en el sur. Los indios mexicanos le dieron un nombre al tomate en la lengua Nahuatl (azteca), le llamaron 'jitomatle' (Carrera & Sifres, 2011; Jenkins, 1948).

El tomate cultivado fue llevado a Europa en el siglo XVI; tanto por españoles como por portugueses, y posteriormente otras potencias, lo propagaron por el mundo a través de sus colonias de ultramar (Esquinas & Nuez, 1995).

1.3.3. Distribución de los tomates silvestres

Las especies de "tomates silvestres" se encuentran distribuidas al oeste de América del sur entre los 8° N y 27° S, ocupando los países de Colombia, Ecuador, Perú, Chile, Bolivia y las Islas Galápagos; sin embargo, la zona con mayor riqueza de especies está entre 5° S y 15° S (Perú) teniendo una distribución continua desde el centro de Ecuador hasta el norte de Chile (González, 2013), tal y como se muestra en la Figura 1.2.

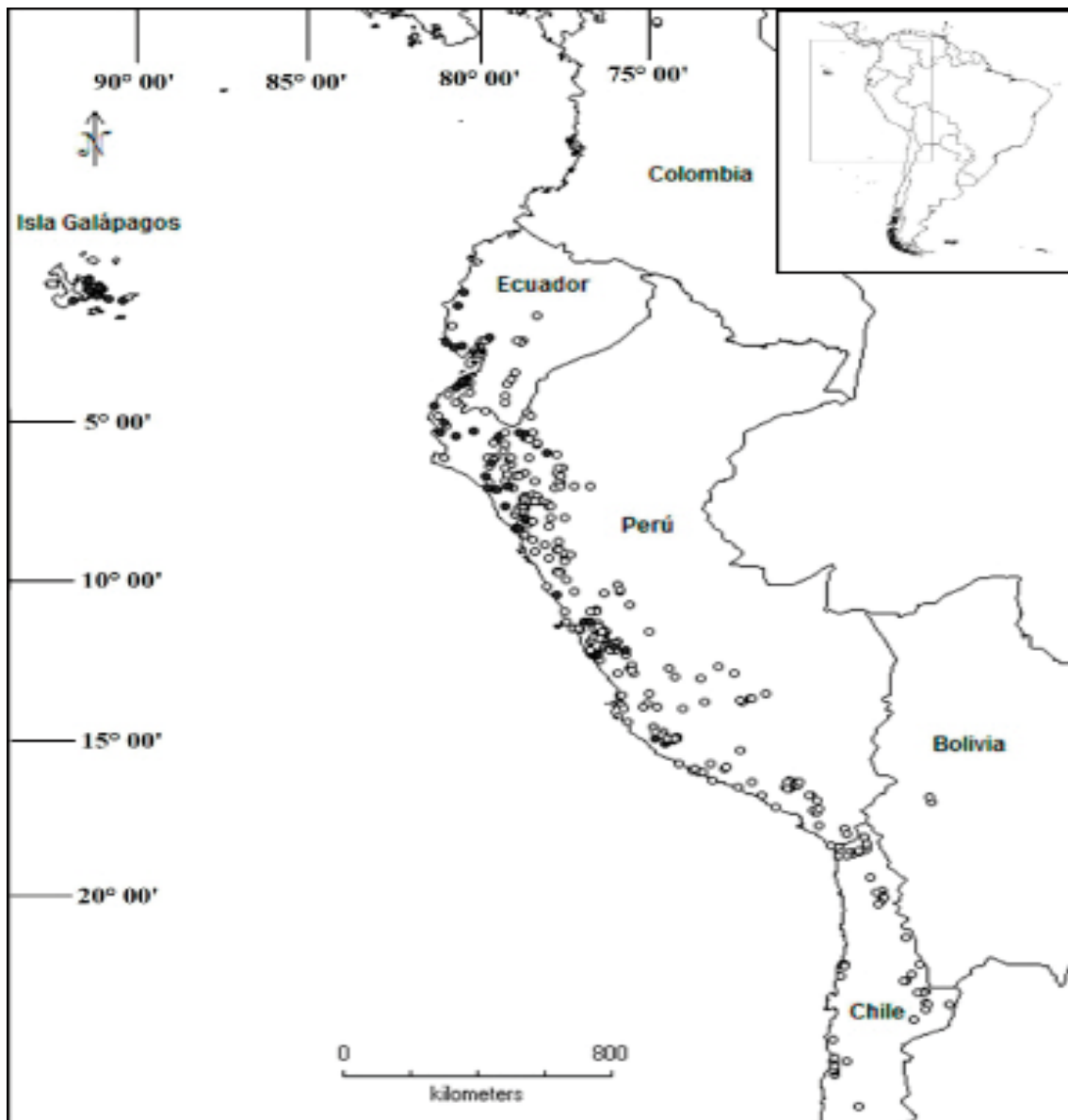


Figura 1. 2. Distribución de las especies de “tomates silvestres” según el color de fruto. El círculo negro agrupa a especies que presentan fruto liso y de color rojo-anaranjado; el círculo blanco representa a las especies que tienen el color verde, blanco o morado y a la vez pubescente.

Fuente: Gonzáles, 2013

Elaboración: González, 2013

1.4. Importancia del tomate cultivado y de los tomates silvestres.

1.4.1. Tomate cultivado.

El tomate es la hortaliza más cultivada y de mayor valor económico a nivel global, es de suma importancia, no solo por su capacidad para adaptarse a distintos tipos de suelo; sino también por su rendimiento, el cual genera grandes ingresos económicos (Goykovic et al., 2007).

Según la conferencia realizada en Amberes, Bélgica el 13 de abril del 2016 y contando con ponentes de Bélgica, Francia, Holanda, Escandinavia, España e Italia, ubican a China como el primer productor de esta hortaliza (40 millones de toneladas por año). Seguida de Europa con unos 16 millones de toneladas (España e Italia los mayores productores). Otros países con una elevada producción son Estados Unidos, India y Turquía. Holanda exporta la mayor cantidad de tomates (931,00 toneladas) fuera de Europa (FreshPlaza, 2016).

Para la región de Sudamérica, Brasil se encuentra como mayor productor (432,77 toneladas por año), seguido por Chile (909,02 toneladas) y como tercer mayor productor esta Argentina (667,97 toneladas). Ecuador se encuentra con un producción de 71,83 toneladas por año (FAO, 2014).

1.4.2. Tomates Silvestres.

Las especies silvestres constituyen un gran depósito genético, debido a su resistencia a varias enfermedades, tolerancia a sequías, así como también a altas y bajas temperaturas, salinidad, altos contenidos de antioxidantes, vitaminas y azúcares entre otros, siendo los genes de las especies silvestres, combinados con los del tomate cultivado necesarios para generar variedades capaces de soportar las diferentes condiciones ambientales y necesidades humanas (Cocaliadis et al., 2013).

Estas especies silvestres poseen un alto número de frutos por planta y de alta calidad nutritiva aunque con menor tamaño y peso que el tomate cultivado (Raymond et al., 2006). De esta manera, tanto para desarrollar un mejor manejo del cultivo como para evitar el riesgo a la salud del consumidor y del medio ambiente, se obtiene variedades resistentes a plagas y enfermedades mediante mejoramiento genético, encontrándose aquí la verdadera importancia del estudio de la diversidad genética de especies silvestres gracias a su variabilidad dentro de sus poblaciones (Agudelo et al., 2011; Cocaliadis et al., 2013).

1.5. Incidencia de las variables meteorológicas sobre el crecimiento de las plantas

Tomando en consideración los efectos físicos como atmosféricos en el planeta debido al cambio climático y que han sido puestos en evidencia por la comunidad científica, es ineludible citar sus efectos sobre las plantas y cultivos en base a los escenarios climáticos que proyectan modificaciones como los patrones de precipitación y de temperatura del aire (Fernández, 2013).

En general, el desarrollo de las plantas sean silvestres o cultivadas, incluyendo el rendimiento en el caso de estas últimas, puede verse en riesgo por influencia de las máximas o mínimas temperaturas; generando factores abióticos como el estrés térmico e hídrico y de factores bióticos como la incidencia de insectos y enfermedades. Estas variables meteorológicas pueden influir además, en el desarrollo de los cultivos tanto en su morfología, fenología o incluso a nivel molecular (Raymond et al., 2006).

La agricultura es una de las actividades económicas sobre la cual pueden actuar los efectos del calentamiento global. De entre los principales efectos se encuentra la modificación de la productividad de los cultivos debido a un incremento atmosférico en la concentración de CO₂; mayor probabilidad de un incremento en la población de plagas, y ajustes en las demandas y ofertas de agua para irrigación. Como consecuencia se podría esperar que disminuya la productividad de algunos cultivos destacados (Ordaz et al., 2010).

1.5.1. Efectos de la temperatura.

La temperatura afecta a la tasa de desarrollo de la planta a través de sus distintas fases y la producción de hojas, tallos y otros componentes. Todos los procesos fisiológicos de la planta se evidencian más a medida que la temperatura aumenta entre una temperatura base y una temperatura óptima. Un buen manejo del cultivo puede contrarrestar fácilmente los efectos negativos de las altas temperaturas que los de las bajas temperaturas, especialmente las heladas (Alcazar, 2013; Almaza, 2016; Orozco et al., 2000).

1.5.2. Efectos de la humedad relativa.

La humedad tiene varios efectos sobre las plantas puede influir en la cantidad de agua que las plantas consumen es decir que a mayor humedad del aire, las necesidades de riego son más pequeñas y a medida que el aire está más seco las necesidades de riego son mayores. También el efecto que esta variable tiene sobre la absorción de minerales o a su vez el efecto que tiene sobre la polinización donde se requiere que la humedad relativa se ubique en un nivel óptimo, el cual fluctúa de especie a especie. Por ejemplo, en el caso del cultivo de tomate, la humedad relativa óptima es de 70%, si la humedad es mayor el polen se aglomera y no viaja de la antera al estigma de la flor; si la humedad es menor el polen no se adhiere al estigma evitando así que la fecundación se lleve a cabo por ende la producción de frutos se verá afectada (Guevara & Jiménez, 1998; Marlow, 2008; Stephenson, 1981).

1.5.3. Efectos del viento.

El viento tiene una serie de efectos beneficiosos, un viento suave permite la renovación del aire facilitando la transpiración de las plantas. Velocidades de viento elevadas pueden causar daños mecánicos en cultivos y plantaciones, pudiendo causar caídas de las plantas o de los órganos que la conforman. Por otro lado, el viento puede impedir el vuelo de los insectos polinizadores, los problemas surgen con velocidades de 10 km/h, haciéndose prácticamente impracticable el vuelo con velocidades de 20 km/h; el problema puede ser tan grave en las especies entomófilas que puede llegar a ser un factor limitante para la producción. Además influye en la distribución y en la morfología de las plantas (Alcazar, 2013).

Los efectos ocasionados por el viento pueden ser clasificados como directos o indirectos. Los directos incluyen el movimiento de la planta, el daño físico de hojas y frutos, aborto de flores o caída, la rotura de ramas, el vuelco cuando la fuerza ejercida por el viento excede la resistencia del tallo o de la raíz. Los indirectos son aquellos por los cuales los efectos son originados por arena o suelo transportados por el viento o por otros factores meteorológicos, como la lluvia y el viento. De manera similar, niveles de luz, agua y nutrientes con frecuencia influyen sobre el nivel de daño o las subsecuentes respuestas de las plantas (Cleugh et al., 1998; Golberg & Kin, n.d).

1.5.4. Efectos de la radiación solar.

El crecimiento del cultivo está determinado en primer lugar por la cantidad de radiación solar que puede interceptar y usar durante su vida. Un exceso de radiación raramente es un problema, siempre que estén disponibles agua y nutrientes. Para obtener rendimientos altos las hojas deberán crecer y cubrir la superficie del suelo tan pronto como sea posible después de la siembra. Si este proceso se demora, la radiación solar se pierde en forma de calor incorporado al suelo desnudo, evaporando la humedad del suelo (FAO, n.d).

1.6. Biología reproductiva de las plantas del grupo *Lycopersicon*.

1.6.1. La polinización.

La polinización es fundamental en cada uno de los procesos productivos, reproductivos y calidad de los cultivos, por tal razón, este proceso es de vital importancia en la agricultura para aumentar la productividad (Jos & Blanco, 2013).

La flor de tomate (*Solanum lycopersicum*) se autopoliniza en más de un 99 % (Hanna, 1999) y sólo se necesita una vibración suficientemente fuerte de la flor para que libere los granos de polen. En campo abierto, se considera que las corrientes de aire o los insectos polinizadores son suficiente para producir dicha vibración. Mientras que en el cultivo bajo invernadero, donde la velocidad del viento es baja o no hay presencia el ingreso de insectos polinizadores es restringido, las posibilidades de que se produzca una polinización se reduce (Cuéllar et al., 2011).

Hay dos procesos de polinización los abióticos y bióticos. La polinización abiótica como por ejemplo, el viento fuerte, las hormonas del crecimiento vegetal o las precipitaciones. Mientras que la polinización biótica utiliza polinizadores como: mariposas, aves, abejorros, abejas, etc. Para llevar o trasladar el polen de los carpelos o pistilos de la flor (Alcaraz, 2013). Dentro de los principales polinizadores en las Solanáceas tenemos, abejas y abejorros del género *Bombus*, (Estay et al., 2001). Estos insectos producen vibraciones llamadas también “buzz pollination” (polinización por zumbido), que hacen que los abejorros prendiéndose de las anteras y vibrando sus músculos de vuelo sin levantar el vuelo produzcan la polinización convirtiéndolos en excelentes polinizadores de cultivos de Solanáceas, Van den Eijnde et al. (1991) citado por Goulson (2010).

1.7. Caracterización de los recursos fitogénicos.

1.7.1. Caracterización morfológica

Según Hernández (2013) la caracterización morfológica de recursos fitogenéticos es la determinación de caracteres, haciendo uso de descriptores, que permiten diferenciar la taxonomía de las plantas. Ciertos caracteres son heredables, observables y expresables en la misma forma en diferentes ambientes. Las características morfológicas son empleadas para el estudio de la variabilidad genética, en la identificación de plantas y en la conservación de genes. Por otra parte, la fenología puede ser estudiada paralelamente a la caracterización morfológica, siendo la fenología el estudio de los eventos periódicos naturales que son parte de la vida las plantas como la floración, la maduración de los frutos, entre otros (Ruiz, 1991; Schwartz, 1999; Villalpando & Ruiz, 1993; Volpe, 1992). El cambio de los fenómenos biológicos depende del genotipo y factores del clima, esto quiere decir, que las plantas con un mismo genotipo sembradas bajo diferentes condiciones climáticas pueden presentar estados de desarrollo diferentes después de transcurrido un mismo tiempo cronológico. Por lo cual cobra mayor importancia el uso de escalas fenológicas que permiten a la vez, referirse a

observaciones y prácticas de manejo del cultivo en una etapa de desarrollo determinado (Fournier, 1978).

CAPITULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material Vegetal.

Se seleccionó el material biológico (semillas) a utilizar por medio de la base de datos de una colección mantenida por el banco de semillas de la UTPL, Dicho material y el presente estudio está amparado en los siguientes permisos de investigación emitidos por el Ministerio del Ambiente del Ecuador: 001EPR-DPAM-MAE y MAE-DNB-CM-2015-0016 en el contrato marco de accesos a recurso genéticos número (), seleccionándose un total de 29 accesiones de especies como *S. pimpinellifolium*, *S. habrochaites* y *S. neorickii* considerando que sean representativas geográficamente de los diferentes puntos de muestreo; Además, se incorporan dos materiales cultivados de *S. lycopersicum*, variedades Cherry large y Dominique HA-593 como materiales para comparar entre especies silvestres y cultivadas a través de una caracterización morfológica. Trabajando con un total de 31 accesiones (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Material vegetal evaluado de acuerdo al lugar geográfico de proveniencia, especies taxonómica y condiciones ecogeográficas

Accesión	Provincia	Código-UTPL	Especies	(m s. n. m)	Nivel de altitud	Escala según Holdridge (1967)	Abreviatura
Sp 17	Azuay	UTPL-PGR-0655	<i>S. pimpinellifolium</i>	1282	Medio 2	Bosque húmedo subtropical	bh-ST
Sp 30	Manabí	UTPL-PGR-0670	<i>S. pimpinellifolium</i>	67	Bajo	Bosque muy seco pre montano sub tropical	Md-T
Sp 32	Manabí	UTPL-PGR-0672	<i>S. pimpinellifolium</i>	170	Bajo	Bosque muy seco pre montano sub tropical	Md-T
Sn 18	Azuay	UTPL-PGR-0656	<i>S. neorickii</i>	2333	Alto	bosque húmedo	bh-M
Sh 1	Loja	UTPL-PGR-0632	<i>S. habrochaites</i>	2017	Alto	bosque seco montano bajo	bs-MB
Sh 3	Loja	UTPL-PGR-0634	<i>S. habrochaites</i>	1938	Alto	Bosque húmedo subtropical	bh-ST
Sh 4	Loja	UTPL-PGR-0635	<i>S. habrochaites</i>	1924	Alto	Bosque húmedo subtropical	bh-ST
Sh 6	Loja	UTPL-PGR-0637	<i>S. habrochaites</i>	1832	Alto	Bosque húmedo subtropical	bh-ST
Sh 7	Loja	UTPL-PGR-0638	<i>S. habrochaites</i>	1564	Medio 1	Bosque húmedo subtropical	bh-ST
Sh 10	Loja	UTPL-PGR-0641	<i>S. habrochaites</i>	1325	Medio 2	bosque húmedo montano bajo	Bh-MB
Sh 13	Loja	UTPL-PGR-0644	<i>S. habrochaites</i>	2462	Alto	bosque húmedo	bh-M
Sh 16	Azuay	UTPL-PGR-0654	<i>S. habrochaites</i>	1749	Medio 1	bosque seco montano bajo	bs-MB
Sh 20	Azuay	UTPL-PGR-0658	<i>S. habrochaites</i>	1817	Alto	bosque seco montano bajo	bs-MB
Sh 21	Chimborazo	UTPL-PGR-0659	<i>S. habrochaites</i>	2367	Alto	bosque seco montano bajo	bs-Mb
Sh 24	Chimborazo	UTPL-PGR-0661	<i>S. habrochaites</i>	2140	Alto	bosque seco montano bajo	bs-MB
Sh 25	Chimborazo	UTPL-PGR-0662	<i>S. habrochaites</i>	2365	Alto	bosque húmedo montano	bh-M
Sh 26	Chimborazo	UTPL-PGR-0663	<i>S. habrochaites</i>	2374	Alto	bosque húmedo montano	bh-M
Sh 27	Chimborazo	UTPL-PGR-0664	<i>S. habrochaites</i>	1320	Medio 2	bosque húmedo montano bajo	bh-MB
Sh 31	Manabí	UTPL-PGR-0671	<i>S. habrochaites</i>	234	Bajo	Bosque muy seco pre montano sub tropical	Md-T
Sh 33	Manabí	UTPL-PGR-0673	<i>S. habrochaites</i>	171	Bajo	Bosque muy seco pre montano sub tropical	Md-T
Sh 36	Loja	UTPL-PGR-0646	<i>S. habrochaites</i>	1535	Medio alto	Bosque seco subtropical	bh-ST
Sh 38	Loja	UTPL-PGR-0669	<i>S. habrochaites</i>	2021	Alto	bosque seco montano bajo	bs-MB
Sh 42	Chimborazo	UTPL-PGR-0666	<i>S. habrochaites</i>	2451	Alto	bosque seco montano bajo	bs-MB
Sh 44	Loja	UTPL-PGR-0650	<i>S. habrochaites</i>	1545	Medio alto	nn	Nn
Sh 45	Loja	UTPL-PGR-0651	<i>S. habrochaites</i>	1007	Medio 2	bosque húmedo sub tropical	bh-ST
Sh 46	Azuay	UTP-PGR-0676	<i>S. habrochaites</i>	1637	Medio alto	bosque seco montano bajo	bs-MB
Sh 47	Chimborazo	UTP-PGR-0677	<i>S. habrochaites</i>	1617	Medio 1	bosque húmedo montano bajo	bh-MB
Sh 49	Loja	UTP-PGR-0678	<i>S. habrochaites</i>	1121	Medio 2	bosque muy seco tropical	bsm-T
Sh 51	Loja	UTP-PGR-0679	<i>S. habrochaites</i>	1438	Medio 2	bosque húmedo sub tropical	bh-ST

Fuente: Autor / Elaboración: Autor

2.2. Estudio de la variabilidad morfológica.

2.2.1. Localización del experimento.

El presente experimento se desarrolló en la Universidad Técnica Particular de Loja, localizado en el Barrio San Cayetano Alto de la ciudad de Loja, provincia de Loja ubicado en las coordenadas geográficas: 03° 39' 55" y 04° 30' 38" de latitud Sur y 79° 05' 58" y 79° 05' 58" de longitud Oeste a una altura de 2060 m s. n. m, perteneciente a la formación ecológica bosque seco montano bajo (bs-MB) (Holdridge, 1967). Caracterizada por presentar una temperatura media anual de 15,4 °C, una humedad relativa de 81,07% y una precipitación media de 780 mm/año (Estación metereológica UTPL; GEO-Loja, 2007).



Figura 2.1. Mapa general del lugar del ensayo (Provincias de Loja y ciudad de Loja)

Fuente: Mapas Ecuador, 2017

Elaboración: Mapas Ecuador, 2017

Las semillas de las accesiones fueron sembradas en bandejas de polietileno llenas con turba y con capacidad para 72 plántulas. Se colocó tres semillas por pocillo para asegurar la germinación de las mismas, las cuales posteriormente fueron trasplantadas del 13-15 de octubre del 2016 en macetas llenas de sustrato preparado con suelo orgánico, arena y estiércol de ganado bovino (3:2:1). A partir del trasplante durante el periodo de un mes el riego se realizó dos veces por día (una vez en la mañana y otra en la tarde) tanto en invernadero como la parte externa para evitar que las plantas sufran estrés hídrico, posteriormente el riego dentro del invernadero se realizó dejando pasar un periodo de dos días, mientras que en el exterior debido a la presencia de lluvias solamente se regó en los periodos de ausencia de lluvia. Todo el riego se realizó con ayuda de una bomba de agua y manguera.

2.2.2. Condiciones controladas (invernadero).

El invernadero de estructura metálica cubierta de plástico de polietileno con una dimensión de 21 x 20 m, con una temperatura promedio de 23,42 °C y humedad relativa de 57,62%.

2.2.3. Condiciones de Campo abierto (exterior).

Para las condiciones de campo abierto ubicado en la parte exterior izquierda del invernadero visto de Norte a Sur se cuenta con una temperatura 15,72 °C, humedad relativa 81,07%, Velocidad del viento 2,72 m/s y una precipitación media de 2,88 mm. Con una diferencia de temperatura (7,69 °C) y humedad relativa (23,46%) en comparación al invernadero.

Tabla 2.2. Valores promedios de las variables climáticas obtenidas para el estudio

Mes	Campo abierto					Condiciones controladas	
	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)	Velocidad del viento (m/s)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
Octubre 2016	16,32	77,04	2,78	1,13	189,44	-	-
Noviembre 2016	16,24	75,19	2,92	0,84	214,11	-	-
Diciembre 2016	15,98	82,04	2,00	3,30	172,57	-	-
Enero 2017	15,35	84,34	2,08	4,20	152,57	21,60	67,90
Febrero 2017	15,76	83,27	1,94	2,36	174,27	21,32	64,14
Marzo 2017	15,77	85,89	1,33	6,04	159,58	22,75	60,33
Abril 2017	15,85	83,58	3,01	3,80	148,50	24,76	52,95
Mayo 2017	15,93	83,75	2,57	2,34	136,18	24,95	55,83
Junio 2017	15,66	79,05	3,63	1,82	159,43	26,03	49,68
Julio 2017	14,37	76,60	6,51	1,40	115,57	22,50	52,50
Promedio	15,72	81,07	2,88	2,72	162,22	23,42	57,62

Fuente: Autor; Estación meteorológica UTPL / Elaboración: Autor

2.2.4. Diseño experimental

Al momento de tomar la decisión de las poblaciones a evaluar y considerando que sean representativas geográficamente de los diferentes puntos de muestreo, teniendo así representación del bosque seco, la región costa y sierra respectivamente. Se definió el siguiente diseño, tal y como se muestra en la Figura.2.2.

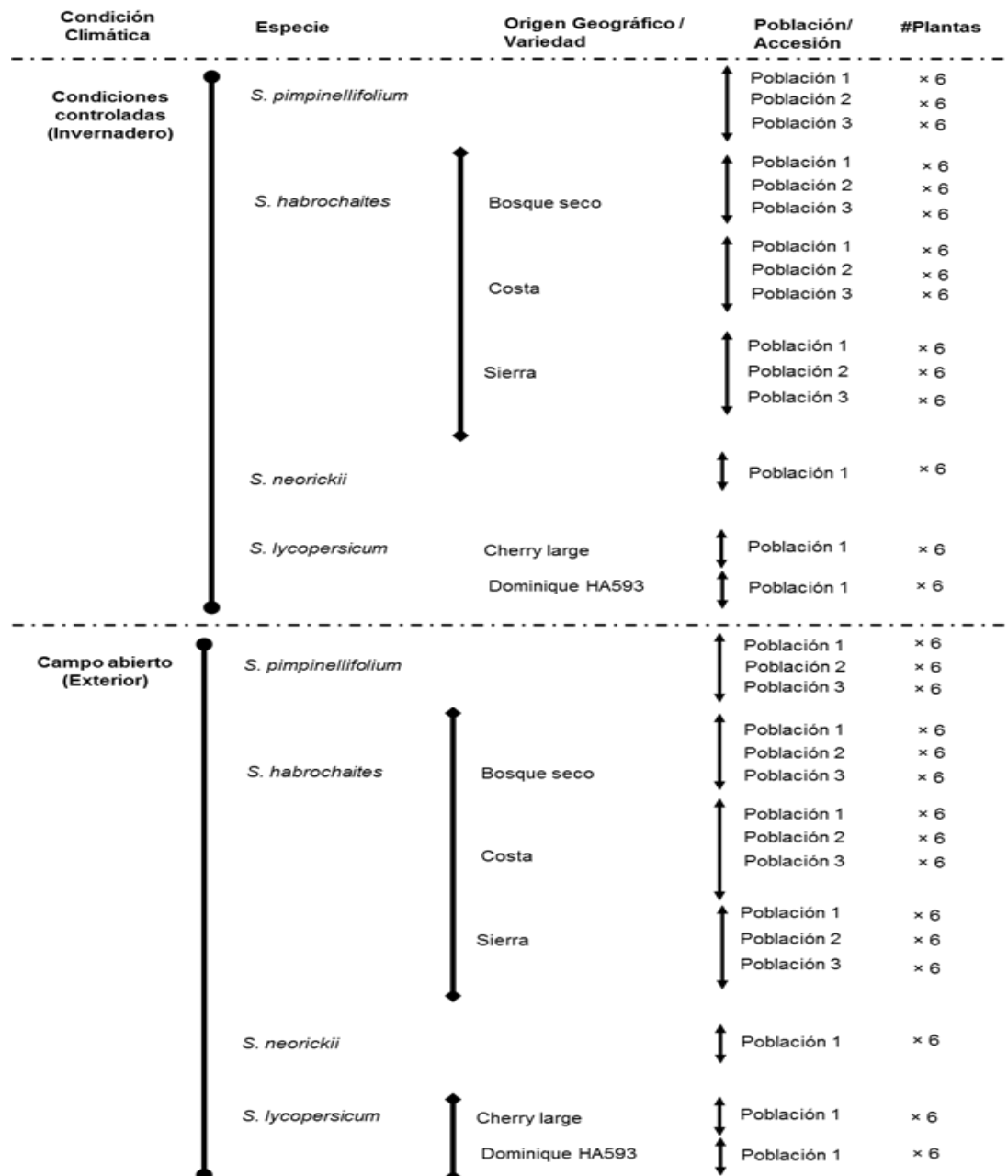


Figura 2.2. Diseño experimental. Se muestra los distintos niveles de variabilidad y el número de individuos a caracterizar morfológicamente para cada accesión (población/Acesión).

Fuente: Autor / Elaboración: Autor

2.2.4.1. Invernadero.

Se colocaron 90 plantas cada una en su respectiva maceta. Tres accesiones de *S. pimpinellifolium*, una de *S. neorickii*, 29 de *S. habrochaites*, una de *S. lycopersicum* var. Dominique HA593 y una de *S. Lycopersicum* var. Cherry large.

2.2.4.2. Exterior.

Se replicó y distribuyó de la misma forma que en las condiciones controladas.

2.2.5. Variables morfológicas evaluadas.

Los caracteres evaluados se seleccionaron con respecto a los descriptores morfológicos según la norma estándar de Bioversity International (<https://www.bioversityinternational.org/e-library/publications/>), anteriormente conocido como IPGRI, establecida tanto para las especies cultivadas de tomate como para sus parientes silvestres.

Con un total de 39 caracteres evaluados cuantitativos y cualitativos. Para el ANOVA se utilizaron exclusivamente los 20 caracteres cuantitativos, mientras que para los análisis multivariante y de agrupamientos se utilizó 18 cuantitativos y los 19 cualitativos, esto se observara de mejor manera en las tablas de los resultados por cada objetivo.

Tabla 2.3. Descriptores morfológicos cuantitativos evaluados basados en IPGRI (2012)

Código/carácter	Descriptores	Unidades de medida o escala
C1	Ancho de hojas adultas	mm
C2	Longitud de hojas adultas	mm
C3	Número de flores por inflorescencia	número
C4	Número de inflorescencias totales	número
C5	Número de flores de las inflorescencias	número
C6	Número de frutos por planta	número
C7	Longitud del pétalo	mm
C8	Longitud del sépalo	mm
C9	Longitud del estambre	mm
C10	Posición del pistilo	mm
C11	Peso del fruto	g
C12	Longitud del fruto	mm
C13	Ancho del fruto	mm
C14	longitud del pedicelo	mm
C15	Longitud del pedicelo desde la capa de la abscisión	mm
C16	Ancho de la cicatriz del pedicelo	mm
C17	Grosor de la piel del fruto	mm
C18	Tamaño del corazón	mm
C19	Número de lóculos	número
C20	Numero de semillas por fruto	número

Fuente: IPGRI, 2012 / Elaboración: Autor

Tabla 2.4. Descriptores morfológicos cualitativos evaluados basados en IPGRI (2012)

Códigos/carácter	Descriptores	Unidades de medida o escala
C21	Tipo de crecimiento de la Planta	1 enano; 2 determinado; 3 semideterminado; 4 indeterminado
C22	Densidad del follaje	3 escasa; 5 intermedia; 7 densa
C23	Posición de la hoja	3 semierecta; 5 horizontal; 7 inclinada (colgante)
C24	Tipo de hoja	1 enana; 2 tipo hoja de papa; 3 estándar; 4 peruvianum; 5 pimpinellifolium; 6 hirsutum; 7 otro
C25	Tipo de inflorescencia	1 generalmente uniparo; 2 ambos; 3 generalmente multiparo
C26	Color de la corola	1 blanco; 2 amarillo; anaranjado; 4 otro
C27	Tipo de corola	1 cerrada; 2 abierta
C28	Forma del estilo	1 simple; fasciculado; dividido
C29	Pubescencia del estilo	0 ausente; 1 presente
C30	Rayas en el fruto (hombros)	0 ausente (madurez uniforme) ; 1 presente (hombros del fruto - parte superior del fruto, alrededor del cáliz - son verdes mientras que la zona del pistilo es roja)
C31	Intensidad del greenback (hombros)	3 leve; 5 intermedia; 7 fuerte
C32	Pubescencia del fruto	3 escasa; 5 intermedia; 7 densa
C33	Forma predominante del fruto	1 achatado; 2 ligeramente achatado; 3 redondeado; 4 redondeado-alargado; 5 cordiforme; 6 cilíndrico (oblogo-alargado) ; 7 piriforme; 8 elipsoide; 9 otro
C34	Color exterior del fruto maduro	1 verde; 2 amarillo; 3 naranja; 4 rosado; 5 rojo; 6 otro
C35	Forma del hombro del fruto	1 aplanada; 3 ligeramente hundida; 5 moderadamente hundida; 7 muy hundida
C36	Forma del corte transversal del fruto	1 redonda; 2 angular; 3 irregular
C37	Forma de la cicatriz del pistilo	1 punteado; 2 estrellado; 3 lineal; 4 irregular
C38	Forma del terminal de la floración del fruto	1 indentada; 2 aplanada; 3 puntiaguda
C39	Condición de la cicatriz del terminal de la floración	1 abierta; 2 cerrada; 3 ambas

Fuente: IPGRI, 2012

Elaboración: Autor

2.2.6. Proceso para obtener los datos morfométricos.

Para obtener los datos morfométricos de las especies de tomates silvestres se utilizaron los siguientes programas:

Para los caracteres de fruto se utilizó el programa Tomato Analyzer 3.0 (Departamento de Horticultura y Crop Science.The Ohio State University), que le permite cuantificar atributos de formas, tamaños, color entre otras de manera dimensional obteniendo información reproducible y precisa. También se tuvo la ayuda del calibre electrónico marca Powerfix para medir los dos caracteres del pedicelo y de una balanza electrónica OHAUS-Traveler TA302 para obtener los pesos de los frutos.

Por otra, el software ImageJ fue utilizado para obtener las variables tanto de flores como hojas una vez están hayan sido escaneadas.

2.3. Análisis de resultados.

2.3.1. Programas estadísticos utilizados para el análisis de resultados.

En este estudio, se ha generado una matriz con información relacionada con la proveniencia de las colecciones estudiadas, incluyendo datos de altitud y meteorología

- Análisis de Varianza

Se analizó la plasticidad morfológica de los 20 caracteres cuantitativos agrupados de acuerdo con la parte u órgano de la planta al que pertenecen (Tabla 2.3) para 23 accesiones de tomates silvestres, mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) y a través del cálculo de significación de las diferencias entre medias de los caracteres ($p < 0,001$). En el desarrollo de este análisis se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS® Centurion XVII (<http://www.statgraphics.net>).

- Análisis de Componentes Principales y agrupamiento

Para llevar a cabo un análisis multivariante de agrupamientos y de ordenación, los valores de los caracteres fueron estandarizados y con los nuevos valores se confeccionó una matriz de distancias euclidianas con los caracteres cuantitativos entre las accesiones. Utilizando dicha matriz se desarrolló un análisis de agrupamientos, mediante el método UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages) obteniendo el respectivo dendrograma. Con los caracteres cualitativos se realizó un análisis de agrupamientos para datos doble-estado. Se usó el paquete estadístico NTSYS-pc 2.02g (Rohlf, 2000). A partir de los 18 caracteres cuantitativos se obtuvo una matriz de correlaciones, mediante el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson (r); utilizando el programa NTSYS-pc 2.02g (Rohlf, 2000) para efectuar el Análisis de Componente Principales.

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Objetivo 1: Influencia de factores ambientales sobre caracteres morfológicos en plantas de tomates silvestres del grupo *Lycopersicon*

3.1.1. Análisis de Varianza (ANOVA).

De acuerdo con el análisis de varianza realizado, que busca identificar los caracteres para los cuales hubo diferencias significativas ($p < 0,001$) por cada accesión, comparando los dos ambientes de cultivo (Tabla 3.1 y Anexo 1); para los 20 caracteres estudiados hubieron diferencias significativas en al menos tres accesiones. De estos, todos los caracteres del fruto, excepto uno, presentaron diferencias significativas entre ambientes de cultivo en más del 70% de las accesiones y por lo que serían los más susceptibles a las condiciones ambientales. Esto también se ha encontrado en tres caracteres de inflorescencias y flores (Tabla 3.1).

Con respecto a los caracteres relacionados con la flor, como el tamaño del pétalo, sépalo, estambre y número de flores, la tendencia es presentar los mayores valores dentro del invernadero que fuera de éste, para la mayor parte de las accesiones. De estos caracteres el número de flores por inflorescencia es un aspecto importante de considerar ya que se ha encontrado en mayor número en plantas cultivadas dentro del invernadero, considerando que aquí no hay incidencia del viento; mientras que a campo abierto los mayores valores de todo el ciclo de cultivo fueron precisamente en la fase de generación y desarrollo de las flores con velocidades comprendidas entre 3,30 - 4,20 m/s en diciembre 2016 y enero 2017, respectivamente (Tabla 3.2 y Figura 3.1). La influencia del viento ejerce diversos efectos en las plantas, que van desde cambios en la morfología hasta la caída de las mismas o de los órganos que la conforman lo que incide en una reducción de la producción (Almorox, 2002). Por ejemplo Wadsworth (1959), indica haber determinado que a una velocidad del viento de aproximadamente 0,7 m/s aumenta el crecimiento de las plantas aproximadamente un 10%, mientras que a 4,0 m/s se reduce apreciablemente la tasa de crecimiento relativo y por ende tiene un efecto contraproducente en el desarrollo normal de los cultivos. Por otra parte, el viento puede impedir el vuelo de insectos polinizadores, problemas que surgen con velocidades superiores a 2,77 m/s (Almorox, 2002).

Tabla 3.1. Accesiones para las cuales se han encontrado diferencias significativas ($p < 0,001$) para cada uno de los 20 caracteres morfológicos cuantitativos.

Carácter	# accesiones para los que hay diferencias significativas (< 0,001)	Especies/Acesiones																						
		<i>S. pimpinellifolium</i>			<i>S. neorickii</i>				<i>S. habrochaites</i>															
		Sp 17	Sp 30	Sp 32	Sn 18	Sh 1	Sh 3	Sh 6	Sh 7	Sh 20	Sh 21	Sh 24	Sh 26	Sh 27	Sh 31	Sh 33	Sh 38	Sh 42	Sh 44	Sh 45	Sh 46	Sh 47	Sh 49	Sh 51
Ancho de hojas adulta	11								x	X		X		x		x	x	x	x	x			x	
Longitud de hojas adultas	12								x	X		X		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
Número de flores por inflorescencia	14		x	x	x	X	x	x		X	X			x	x	x	x				x	x		
Número de inflorescencias	8		x	x							X						x	x			x		x	
Número de flores de las inflorescencias	9		x			X	x	x	x							x	x			x	x			
Longitud del pétalo	15					X	x		x	X		X	X		x	x	x	x	x		x	x	x	x
Longitud del sépalo	14					X	x		x	X		X	X		x	x			x	x	x	x	x	x
Posición del estilo	11						x			X		X	X		x		x	x			x	x	x	x
Longitud del estambre	15	x	x			X	x		x	X		X		x	x		x	x	x			x	x	x
Peso del fruto	13		x	x				x				X		x		x	x	x		x	x	x	x	x
Longitud del fruto	15		x	x		X	x		x			x			x	x	x	x		x	x	x	x	x
Ancho del fruto	13	x	x	x		X	x		x		X	x				x	x	x		x	x	x	x	x
Longitud del pedicelo	13	x				X	x		x			x		x		x	x	x	x			x	x	x
Longitud del pedicelo desde la capa de abscisión	16	x	x		x	X	x		x			x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ancho de la cicatriz del pedicelo	13		x		x	X	x		x			x		x		x		x			x	x	x	x
Grosor de la piel del fruto	15	x	x	x	x	X	x		x			x	x			x		x			x	x	x	x
Tamaño del corazón	13			x	x	X	x		x			x		x		x				x	x	x	x	x
Número de lóculos	3						x												x					x
Número de semillas por fruto	12			x		X	x				X	x				x			x	x	x	x	x	x
Número de frutos por planta	11				x	X	x	x	x	X	X				x				x	x	x			
# de caracteres por especie para los que hay diferencias significativas		5	10	8	7	14	17	4	13	7	4	7	15	1	13	7	14	11	14	13	15	15	17	14

Fuente: Autor / Elaboración: Autor

Tabla 3.2. Datos meteorológicos en valores promedio por meses y diferencias entre condiciones ambientales, registrados durante el ciclo del cultivo.

Mes	Campo abierto				Condiciones controladas		Diferencia entre condiciones	
	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)	Velocidad del viento (m/s)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)	HR (%)
Octubre 2016	16,32	77,04	2,78	1,13	-	-	-	-
Noviembre 2016	16,24	75,19	2,92	0,84	-	-	-	-
Diciembre 2016	15,98	82,04	2,00	3,30	-	-	-	-
Enero 2017	15,35	84,34	2,08	4,20	21,60	67,90	6,25	16,44
Febrero 2017	15,76	83,27	1,94	2,36	21,32	64,14	5,56	19,13
Marzo 2017	15,77	85,89	1,33	6,04	22,75	60,33	6,98	25,56
Abril 2017	15,85	83,58	3,01	3,80	24,76	52,95	8,91	30,63
Mayo 2017	15,93	83,75	2,57	2,34	24,95	55,83	9,03	27,91
Junio 2017	15,66	79,05	3,63	1,82	26,03	49,68	10,37	29,38
Julio 2017	14,37	76,60	6,51	1,40	22,50	52,50	8,13	24,10
Promedio	15,72	81,07	2,88	2,72	23,42	57,62	7,69	23,46

Fuente: Autor; Estación meteorológica UTPL
Elaboración: Autor

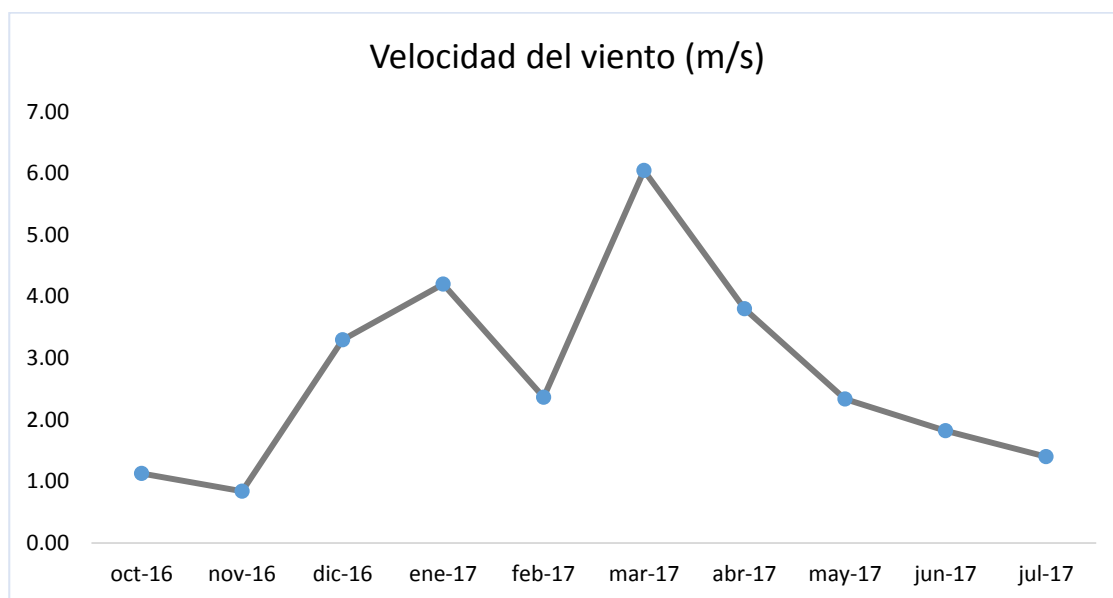


Figura 3.1. Valores medios de la velocidad del viento por meses, en condiciones de campo abierto

Fuente: Autor; Estación meteorológica UTPL
Elaboración: Autor

Otro de los factores meteorológicos que afecta directamente a la caída de flores es una humedad relativa alta, incluso de forma más significativa que el viento, la cual conduce a un efecto de abscisión que es el mecanismo de las plantas como respuesta a condiciones desfavorables provocando el desprendimiento de alguna de sus partes (hojas, flores, frutos o un tallo) (Guevara & Jiménez, 1998; Rengel, 2004; Stephenson, 1981). En este estudio se ha encontrado diferencias porcentuales significativas con valores superiores en invernadero que van desde 16 hasta casi el 31% más; con los datos meteorológicos registrados, al parecer las plantas ubicadas en la parte externa al invernadero no se encontraron con las mejores condiciones ambientales para su desarrollo lo cual afecto en la morfología de las plantas al reducir de manera significativa la presencia de flores y afectando directamente a la producción de frutos debido a la influencia de estos factores (Tablas 3.1 y 3.2).

Los caracteres del fruto resultan ser otro grupo de caracteres sobre los cuales el ambiente ha incidido de manera significativa y en un alto número de los materiales evaluados, especialmente los caracteres relacionados con tamaño y peso. Encontrándose 13 accesiones para el peso del fruto, 15 para longitud y 13 para ancho del fruto, en las que hay diferencias significativas por incidencia de las condiciones ambientales. Debido a que la temperatura es clave al momento de la formación o desarrollo normal de la planta se puede mencionar que para la mitad de las accesiones estudiadas, estos tres caracteres presentaron tamaños y pesos menores en los materiales establecidos a campo abierto en comparación con las que se encontraban en condiciones controladas, lo cual se debería a las diferencias ambientales, por ejemplo de temperatura (7,69 °C más alta en invernadero y 23,46 % de humedad relativa más alta en campo abierto); teniendo como referencia que las condiciones óptimas para el desarrollo de la planta de tomate cultivado son una temperatura de 18-25 °C y una humedad relativa de entre 60% y 70% (Escalona et al., 2009; Gaviria et al., 2007; Muñoz, 2009), datos que se encuentran en el rango de los obtenidos en el presente trabajo, especialmente para las plantas evaluadas en condiciones controladas (Tabla 3.2; Figuras 3.1 – 3.3), teniendo en cuenta que a temperaturas muy altas o muy bajas las flores se caerán sin dejar frutos cuajados (Muñoz, 2009). De acuerdo con De Koning (1994), Islam (2011) y Almaza et al. (2016), la temperatura acelera la tasa de desarrollo del fruto, es decir, una alta temperatura da lugar a un logro más temprano de la tasa de crecimiento máximo y maduración del fruto lo que confirma el efecto de la temperatura observada en las plantas de invernadero en el presente trabajo (Tabla 3.2 y Figura 3.2).

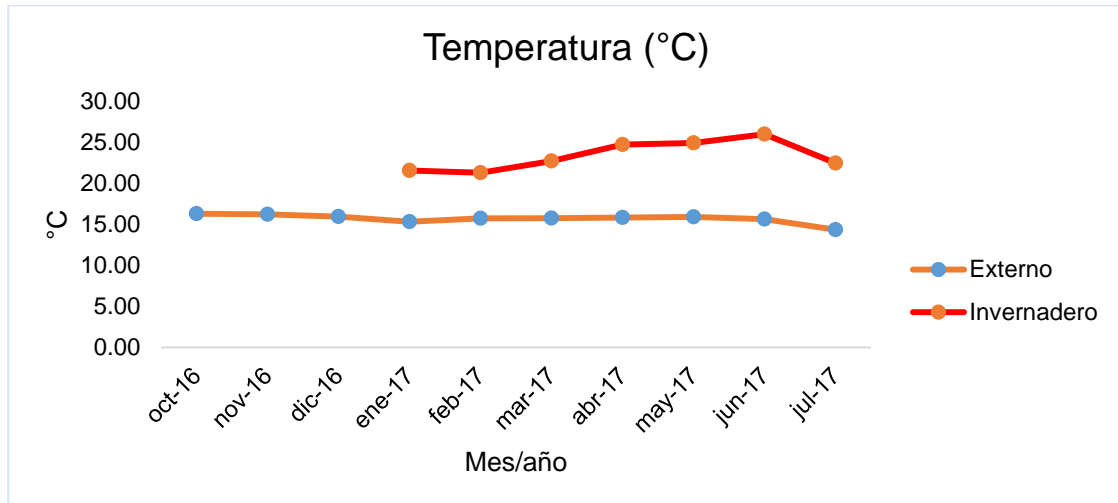


Figura 3.2. Valores medios de temperatura por meses, registrados en condiciones controladas y a campo abierto durante el ensayo

Fuente: Autor; Estación meteorológica UTPL
Elaboración: Autor

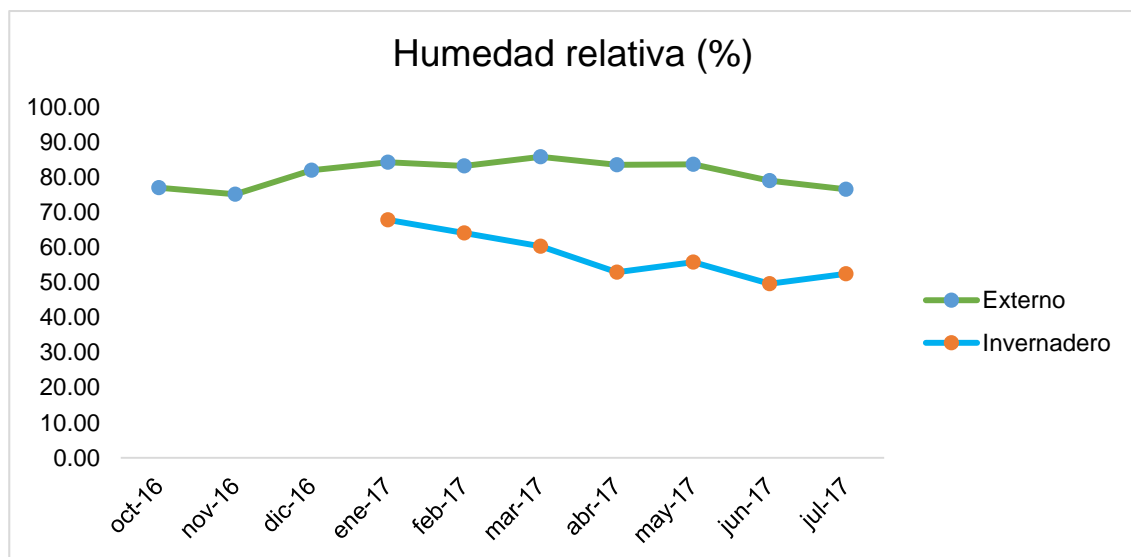


Figura 3.3. Valores medios de la humedad relativa por meses, registrados en condiciones controladas y a campo abierto durante el ensayo

Fuente: Autor; Estación meteorológica UTPL
Elaboración: Autor

De acuerdo con Jaramillo et al. (2013), la producción de plantas cultivadas de tomate depende principalmente de factores como humedad del suelo y del aire, radiación solar y temperatura, que influyen en la condición fisiológica de la planta. Desde el desarrollo del racimo, la flor, la viabilidad del polen, la forma del fruto, el crecimiento de las plantas y el conjunto de frutos se ven afectados por la temperatura y por lo tanto afectan la producción (Hatfield & Prueger, 2015), lo que aplica también a las especies silvestres tratándose de especies muy emparentadas.

El carácter número de frutos por planta resultó con diferencias significativas, en cuanto a la incidencia de factores ambientales, para once de las 23 accesiones estudiadas (47,82%), habiendo así un menor número de frutos para las accesiones en campo abierto, lo que a su vez se relaciona con el carácter número de flores por inflorescencias donde de manera similar se presenta una menor producción de flores para dicho ambiente. Aquí se evidencia una amplia diferencia tomando como ejemplo la accesión Sp32 con una diferencia de 80 frutos, siendo mayor en invernadero. Posiblemente esto se debe a las bajas temperaturas registradas en campo abierto (15,32 °C) en comparación con invernadero (23,42 °C) y la humedad relativa alta de campo abierto (81% en promedio) que con respecto a invernadero (57,62 % en promedio), considerando que conforme disminuye la temperatura podrá alcanzarse el punto de condensación. Esto haría que las flores se humedecieran y el polen no pueda trasladarse de la antera hacia el estigma afectando a estos órganos reproductivos y disminuyendo las posibilidades de fecundación (Marlow, 2008).

Otro carácter importante de recalcar es el relacionado con el número de semillas por fruto ya que al igual que ocurre en otras especies, una alta presencia de semillas favorece la formación de frutos con mayor tamaño debido a la influencia de fitohormonas, como las auxinas o giberelinas, segregadas por las semillas (Ayala et al., 2004; Casas et al., 1999; Fos et al., 2000; Luna & Aguirre, 2001). La importancia de este carácter con respecto a la diferencia entre ambientes se evidenció en once accesiones que a su vez también se encuentran relacionadas con los caracteres de tamaño y peso del fruto en cuanto a diferencias significativas, debiéndose considerar que el número de semillas contenidas por cada fruto es un factor importante en la conservación *in situ* de la especie y en su distribución geográfica.

Dentro del grupo de caracteres evaluados para el fruto el carácter para el cual se encontraron la mayor cantidad de diferencias significativas fue el de la longitud del pedicelo desde la capa de abscisión. De acuerdo con Bustan et al. (1995) el desarrollo del pedicelo está relacionado con el crecimiento vascular y en consecuencia antecede a un crecimiento exponencial del fruto; lo cual se esperaría en los resultados aquí obtenidos. Sin embargo, aquí esto no se ha comprobado ya que en más del 50% de las accesiones para las cuales hay diferencias significativas existe una tendencia a una mayor elongación del pedicelo para aquellos materiales ubicados en campo abierto que son los que presentan menor tamaño y peso del fruto.

De todos los caracteres evaluados en este estudio, el número de lóculos por fruto, es el que ha resultado con un menor número de accesiones (tres) en las que hay diferencias

significativas (Tabla 3.1), esto se puede deber a que se trata de un carácter muy estable (dos lóculos por fruto) independiente de las condiciones ambientales en la cuales se desarrolle el fruto.

En general, las condiciones ambientales en las cuales se desarrollaron los materiales evaluados incidieron en la plasticidad morfológica de los caracteres de manera significativa debido principalmente a las variables meteorológicas de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, ya sea directamente a través de limitaciones fisiológicas en el crecimiento y la reproducción o indirectamente por medio de los factores ecológicos (Shao & Halpin, 1995). Con respecto a las especies estudiadas parece ser que los individuos de *S. habrochaites* son en general a través de los cuales hay mayores diferencias para los caracteres evaluados, especialmente para los de flor y fruto (Tabla 3.1), lo cual se respalda con la amplia distribución ecogeográfica incluyendo un amplio rango altitudinal que va desde los 5 m s. n. m hasta aproximadamente 3600 m s. n. m (Carrera & Sifres, 2011; González, 2013; Sifres et al., 2011). Con respecto a *S. pimpinellifolium* y a *S. neorickii*, éstas presentan una menor diferencia con respecto al número de caracteres con diferencias significativas en cuanto al ambiente, debiéndose considerar que tienen un menor rango de distribución ecogeográfica (Morales et al., 2016) y un menor número de representatividad en este estudio; *S. pimpinellifolium* se distribuye en zonas costeras con altitudes por debajo de las 1000 m s. n. m y en valles de los ríos donde hay humedad de las altas vertientes andinas (Torrico, 2011), mientras que *S. neorickii* en regiones desde los valles secos de Ecuador hasta el sur de Perú (Carrera & Sifres, 2011; González, 2013); lo cual se aborda de manera más detallada en el tercer objetivo.

3.2. Objetivo 2: Efecto de la variabilidad genética en los caracteres morfológicos para tres especies del grupo *Lycopersicon*

Se ha realizado un análisis que incluye un total de 29 accesiones pertenecientes a tres especies del grupo *Lycopersicon*, esto es: tres accesiones de *S. pimpinellifolium*, una de *S. neorickii* y 25 de *S. habrochaites* provenientes de cuatro provincias de Ecuador y de diversos pisos altitudinales (ver Tabla 2.1 de metodología); materiales que fueron evaluados tanto en condiciones normales de clima (campo abierto) como en condiciones controladas (invernadero) y con referencia a 18 caracteres morfológicos de tipo cuantitativo y 19 cualitativos (categóricos).

3.2.1. Análisis multivariado a través de caracteres cuantitativos y cualitativos de las especies establecidas en condiciones controladas

3.2.1.1. Análisis multivariado de 29 accesiones

- Estudio de agrupamientos con respecto a caracteres cuantitativos y cualitativos

El dendrograma obtenido por el método UPGMA a partir del análisis de caracteres morfológicos cuantitativos de todas las accesiones (Figura 3.4), muestra dos ramas principales denominadas A y B, conectadas a una distancia euclidiana de 1,86. La primera rama (A) incluye únicamente una accesión que pertenece a *S. habrochaites* (Sh38) que se caracterizó por expresar los más altos o más bajos valores (dependiendo del carácter) para cuatro de los 18 caracteres estudiados, es decir el 27%, especialmente en los relacionados con el fruto. La segunda rama principal (B) está conformada por las 28 accesiones restantes, dividiéndose a su vez en dos subramas llamadas B1 y B2, al igual que lo encontrado en la rama A, esencialmente por los caracteres del fruto (peso y semillas por fruto) e inflorescencias y flores.

La rama B1 reunió el mayor número de accesiones (27), y a su vez se subdividió en dos subagrupaciones denominadas de B1.1 y B1.2, La subagrupación B1.1 es la que acoge a la mayor parte de accesiones y que acoge materiales de las tres especies estudiadas, habiendo una diferenciación de dos de los tres materiales de *S. pimpinellifolium*; en tanto que el único material de *S. neorickii* se entre mezcla dentro de esta agrupación. Todas estas accesiones se caracterizan y se agrupan por presentar valores muy cercanos en lo que respecta a caracteres de la inflorescencia y del fruto.

-

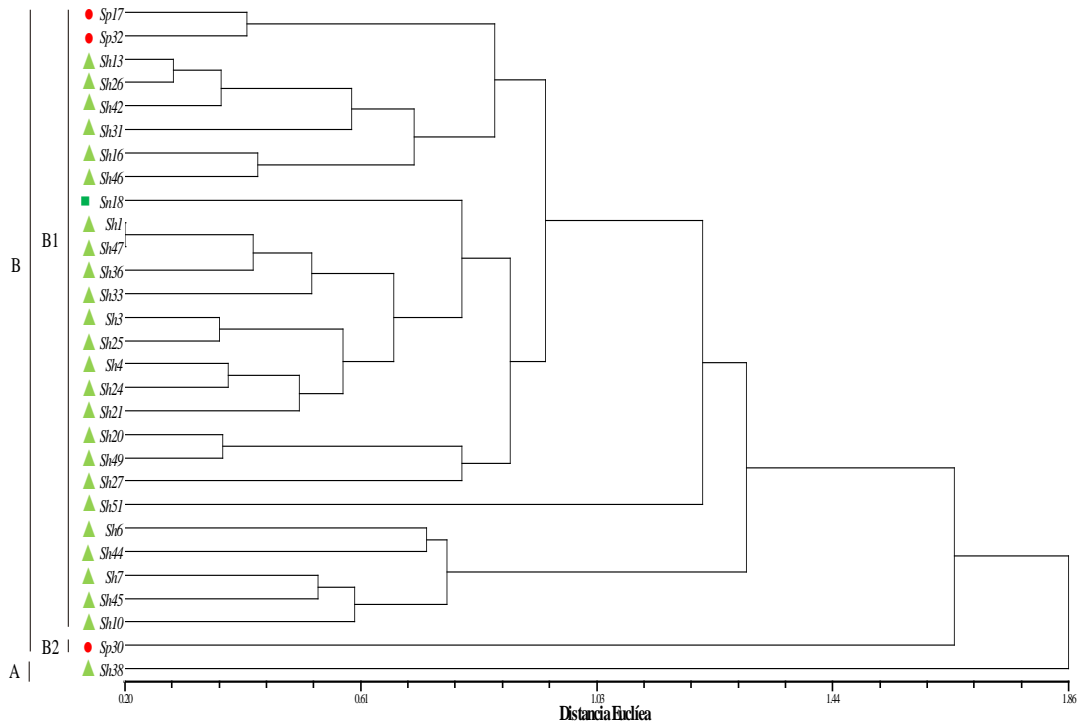


Figura 3.4. Dendrograma de 29 accesiones de tomates silvestres a partir de 18 caracteres morfológicos cuantitativos en condiciones controladas. Las líneas delimitan las ramas establecidas. Especies: ▲ *S. habrochaites*, ● *S. pimpinellifolium* y ■ *S. neorickii*. Ver información sobre las accesiones y sus especies en la Tabla 2.1.

Fuente: Autor
Elaboración: Autor

De la misma forma se muestra el dendrograma obtenido para los caracteres cualitativos (Figura 3.7), donde a una distancia euclidiana de 0,45 se observa dos ramas principales A y B. Dentro de la rama A se muestra claramente diferenciadas las accesiones de *S. pimpinellifolium* especialmente por los caracteres del fruto por la particularidad de la especie de poseer frutos rojos con escasa pubescencia y por presentar con un tipo de corola abierta.



Figura 3.5. Flores y frutos de *S. pimpinellifolium*

Fuente: Autor
Elaboración: Autor

La rama B incluye 26 accesiones dividiéndolas en dos subramas denominadas B1 y B2, éste grupo se separa de la rama principal A por ser las especies aquí contenidas cuyos frutos son de color verde, mayor cantidad de pubescencias y tener un tipo de corola cerrada. Dentro de subdivisión B1 se encuentran 24 accesiones incluyéndola a *S. neorickii* (Sn18). En tanto que para la subdivisión B2 encontrándose tres accesiones de *S. habrochaites*, por ser materiales para las cuales existe una escasa presencia de pubescencias del fruto en relación al resto de accesiones de B1.



Figura 3.6. Flores y frutos de *S. neorickii*

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

En general, al comparar el dendrograma obtenido a través de caracteres cuantitativos con el de caracteres cualitativos, aunque no son exactos, se evidencia una tendencia similar de agrupación de los materiales.

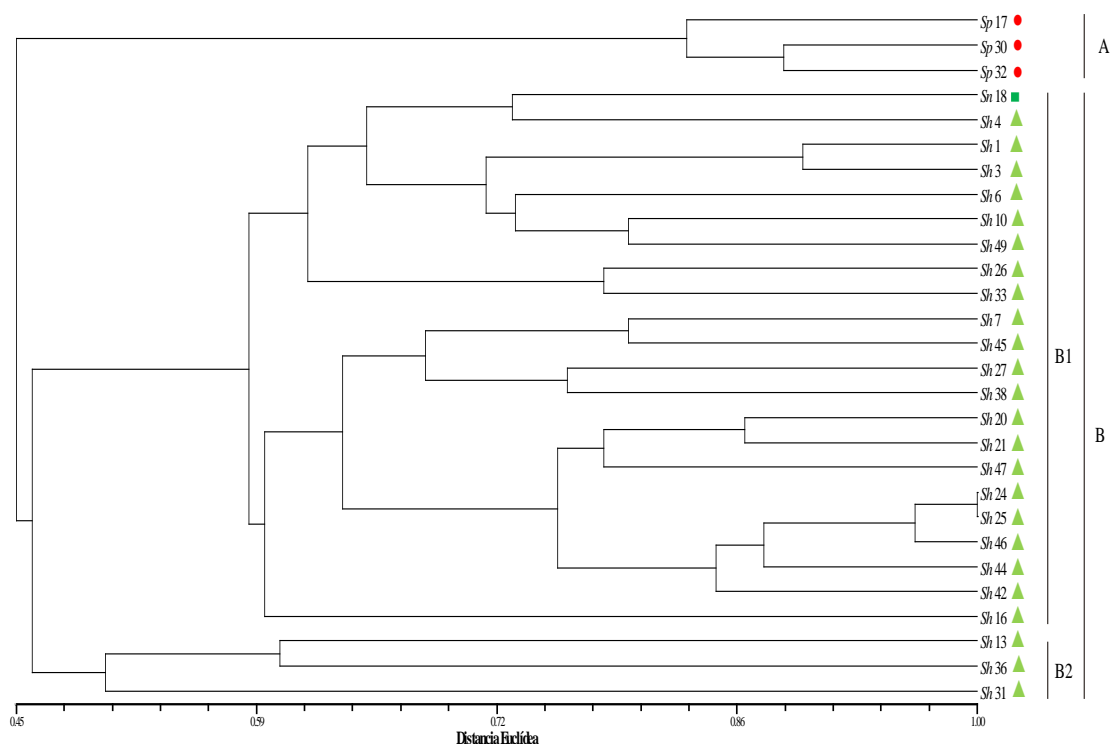


Figura 3.7. Dendrograma de 29 accesiones de tomates silvestres, a partir de 19 caracteres morfológicos cualitativos en condiciones controladas. Las líneas delimitan las ramas establecidas. Especies: ▲ *S. habrochaites*, ● *S. pimpinellifolium* y ■ *S. neorickii*. Ver información sobre las accesiones y sus especies en la Tabla 2.1.

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

- Análisis de Componentes Principales con respecto a caracteres cuantitativos

Al comparar la relación entre las 29 accesiones estudiadas mediante el análisis de componentes principales, se seleccionó las tres primeras componentes (67,90% de varianza acumulada). El valor propio (o *eigen*-valor) de la primera componente representó el 33,88% de la variación total, la segunda componente acumuló el 18,43% y la tercera el 15,58% (Tabla 3.3).

La Tabla 3.4 recoge valores que constituyen las contribuciones de los caracteres (vectores propios o *eigen*-vectores) a la construcción de las tres primeras componentes principales.

Tabla 3.3. Valores propios y proporción de la varianza explicada correspondientes a las componentes con valores superiores a 1 en el análisis de componentes principales de los caracteres morfológicos de 29 accesiones en condiciones controladas

Componentes principales	Valores propios (λ_p)	Proporción de la varianza explicada	
		Individual (%)	Acumulada (%)
1	6,10	33,88	33,88
2	3,32	18,43	52,31
3	2,81	15,58	67,90

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

Cuando se analizó la contribución de los caracteres evaluados para las primeras componentes (Tabla 3.4 y Figura 3.8), los caracteres que mayor aporte mostraron (eigen vectores $\geq 0,70$) fueron los relacionados con el fruto, estos son: grosor de la piel (C16), ancho de la cicatriz del pedicelo (C15), longitud del pedicelo (C17) y tamaño del corazón (C14); mientras que para la segunda componente no se muestra el aporte significativo de los caracteres, siendo los relacionados con el número de flores y de inflorescencias los que mayores aportes presentaron, aunque con valores de -0,63 y -0,69 respectivamente. Para la tercera componente los caracteres que más influencia han tenido han sido tres, estos son: el número de frutos por planta, el número de flores por inflorescencia y la longitud del pétalo. Es decir que los caracteres que más han contribuido en la diferenciación u ordenamiento de las accesiones, en condiciones controladas, han sido los relacionados con flor y especialmente con el fruto.

El análisis de componentes principales ha permitido poner en evidencia agrupaciones de caracteres, de forma que los provenientes de la misma parte u órgano de la planta tienden a asociarse conjuntamente, indicando que están correlacionados entre sí (Figura 3.8). Así, los caracteres del fruto presentaron valores altos para ambas componentes, los caracteres de hoja presentaron valores altos para la CP2; en cambio, los de inflorescencia y flor se caracterizaron por presentar valores altos para la CP2 y bajos para la CP1 mientras que el carácter de infrutescencia presentó valores bajos para ambas componentes. Por lo mencionado, es de notar que los caracteres que están influenciando de manera significativa sobre las componentes y sobre la distribución de las accesiones son, en orden de importancia, los relacionados con el fruto, inflorescencias y flores, lo que se contrasta con lo expuesto a través de la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Contribución de los caracteres (vectores propios o eigen-vectores) a la construcción de las tres primeras componentes principales

Caracteres	Vectores propios o eigen vectores		
	Primera componente	Segunda componente	Tercera componente
Hojas			
C1 Ancho de hojas adultas [mm]	0,45	0,61	0,18
C2 Longitud de hojas adultas [mm]	0,44	0,55	0,25
Inflorescencias y flores			
C3 Número de flores por inflorescencia	-0,20	0,15	0,80
C4 Número de inflorescencias	-0,40	-0,69	-0,06
C5 Número de flores de las inflorescencias	-0,37	-0,63	0,42
C6 Longitud del pétalo [mm]	0,31	0,16	0,73
C7 Longitud del sépalo [mm]	0,61	0,42	0,46
C8 Longitud del estambre [mm]	0,37	0,02	0,29
Infrutescencias y frutos			
C9 Número frutos por planta	-0,14	-0,27	0,81
C10 Peso del fruto [g]	0,68	-0,30	-0,37
C11 Longitud del fruto [mm]	-0,50	0,67	-0,22
C12 Ancho del fruto [mm]	0,16	0,68	-0,22
C13 Longitud del pedicelo	-0,66	0,35	0,21
C14 Longitud del pedicelo desde la capa de la abscisión [mm]	0,88	-0,41	0,01
C15 Ancho de la cicatriz del pedicelo [mm]	0,94	-0,13	-0,05
C16 Grosor de la piel del fruto [mm]	0,96	-0,12	0,00
C17 Tamaño del corazón [cm]	0,76	0,17	-0,27
Semillas			
C18 Número de semillas por fruto	-0,65	0,35	-0,25

Se resalta en negrita los valores de mayor contribución ($\geq 0,70$)

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

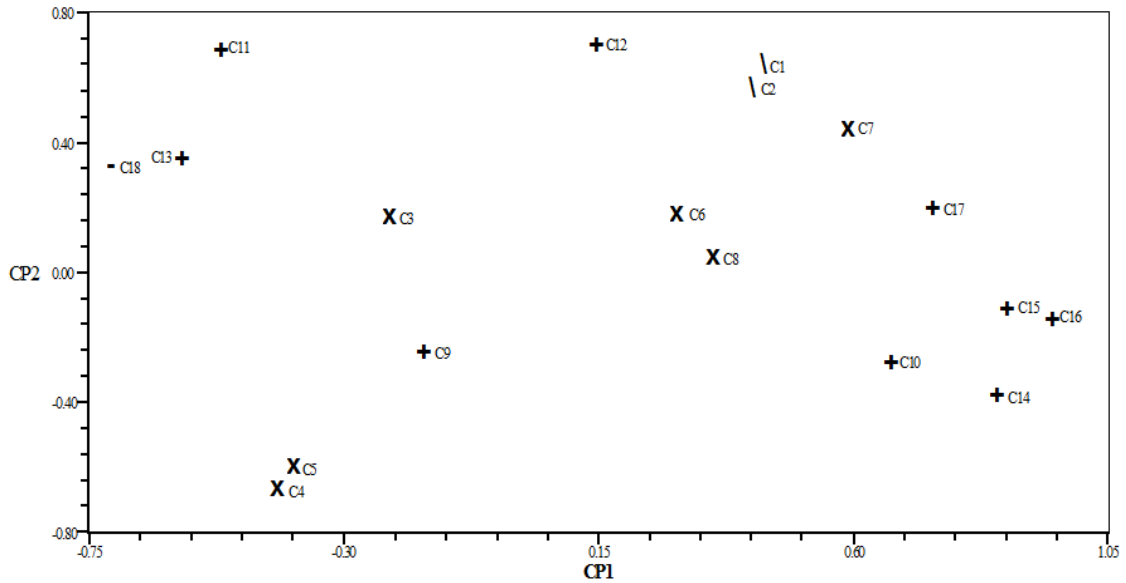


Figura 3.8. Distribución de 18 caracteres cuantitativos morfológicos evaluados en 29 accesiones de tres especies de tomates silvestres en condiciones controladas, según la CP1 y CP2. Grupos de caracteres: \ Hojas, X Inflorescencia y flor, + Infrutescencia y fruto, y - semilla. Los nombres de los caracteres constan en la Tabla 3.4

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

Con referencia al ACP de las 29 accesiones de tomates silvestres, al considerar la primera y segunda componente (Figura 3.10), las accesiones se agruparon estableciendo una clara diferenciación entre uno de los materiales de *S. habrochaites* (Sh38) denominado grupo A y el resto de materiales (grupo B), lo cual se debe al contrastar con el análisis de caracteres (Figura 3.8), a que este material produjo frutos de tamaños y pesos muy superiores, al igual que una mayor tamaño de la flor y de la longitud del pedicelo. Otro de los materiales que tiende a separarse del resto de accesiones es uno de los materiales de *S. pimpinellifolium*, aunque a una distancia mínima y por lo que se lo ha considerado dentro del grupo B esta vez por el carácter (C5); el resto de accesiones conforman un grupo un tanto disperso pero difícil de diferenciar subgrupos de manera clara.



Figura 3.9. Flores y frutos de *S. habrochaites*

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

Como se puede notar, aunque la forma de ordenación de las accesiones no es exacta entre el análisis de agrupamientos y los componentes principales, se observa un tanto más clara en el dendrograma, siendo su análisis complementario ya que el ACP permite conocer la influencia de los caracteres en dicho ordenamiento. Por otra parte, se ha identificado que la accesión Sh38 al diferenciarse notablemente del resto de materiales y al mostrar diferencias grandes en valores asumidos para ciertos caracteres (fruto), se ha generado un nuevo análisis descartando a este material y con el fin de conocer la forma en que se ordenan las accesiones sin la posible influencia de Sh38, lo cual se abordará más adelante.

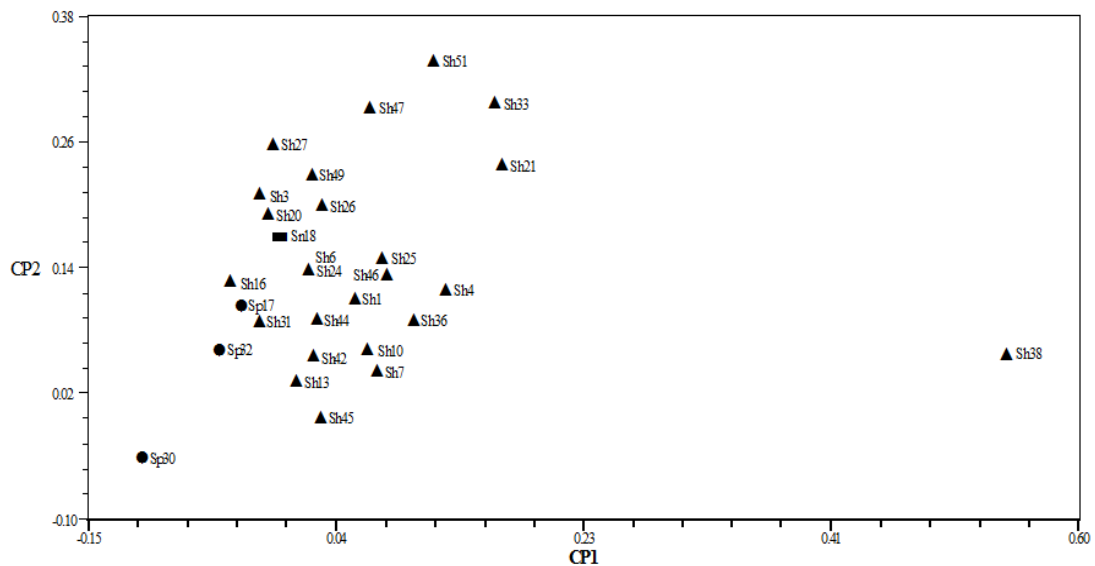


Figura 3.10. Distribución de 29 accesiones de tomates silvestres evaluadas a través de 18 caracteres morfológicos, según la CP1 y CP2. Especies: ● *S. pimpinellifolium*, ▲ *S. habrochaites* y ■ *S. neorickii*. Ver información sobre las accesiones y sus respectivas especies en la Tabla 2.1

Fuente: Autor
Elaboración: Autor

3.2.1.2. Análisis multivariado de 28 accesiones (sin Sh38)

un nuevo dendrograma donde efectivamente al quitar Sh38 se ha obtenido una mejor forma de agrupamiento. Esta vez hay una diferenciación muy clara entre las especies *S. pimpinellifolium* (rama A) y *S. habrochaites* (rama B); mientras que el único material de *S. neorickii* se mantiene entre las subagrupaciones de la rama B, es decir de *S. habrochaites* (Figura 3.11). Dicha diferenciación se debe especialmente por los caracteres de las hojas, número de flores por inflorescencia y principalmente de los frutos (ancho de la cicatriz del pedicelo y grosor de la piel del fruto), presentando valores bajos en las accesiones de *S. pimpinellifolium*.

La rama principal (B) ubicada a una distancia euclidiana de 1,48 unidades se separa a su vez en dos subramas B1 y B2. En B1 se encuentran 20 accesiones que se reunieron debido a los caracteres de inflorescencias por presentar los más bajos valores, dentro de esta rama también se observa a la accesión Sh51 separada por poseer frutos de menor tamaño, para este grupo existen dos accesiones que comparten una misma distancia euclidiana suponiendo así que son muy parecidas morfológicamente y lo cual es sujeto de análisis con respecto a su conservación *ex situ*. La sub rama B2 ha acogido a cinco accesiones caracterizadas por producir una mayor cantidad de inflorescencias y flores, siendo este grupo el que presenta además los frutos de mayor tamaño donde sobre sale la accesión Sh44 (Figura 3.11).

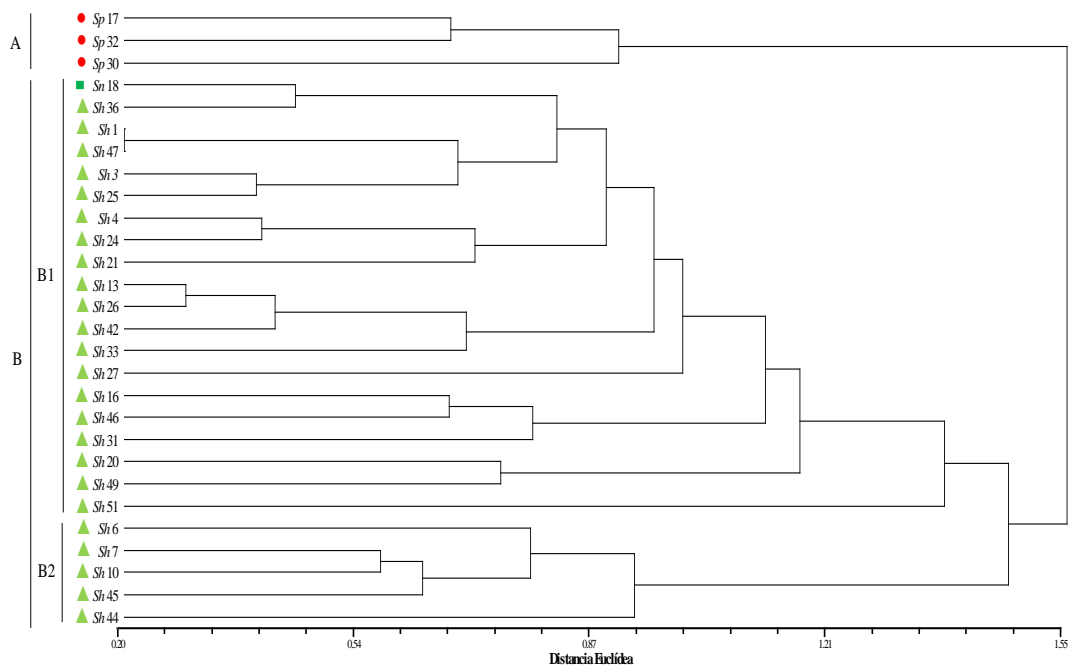


Figura 3.11. Dendrograma de 28 accesiones de tomates silvestres, a partir de 18 caracteres morfológicos cuantitativos en condiciones controladas. Las líneas delimitan las ramas establecidas. Especies: ▲ *S. habrochaites*, ● *S. pimpinellifolium* y ■ *S. neorickii*

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

Se obtuvo además el dendrograma relacionado con el análisis de caracteres cualitativos (Figura 3.12), aunque sin presentar mayores diferencias al dendrograma expuesto en la Figura 3.7. En este nuevo análisis se observa que se mantiene la tendencia de agrupación por especies con el uso de caracteres cualitativos, aunque no de la misma forma clara que los análisis cuantitativos. A diferencia del análisis cualitativo con Sh38, el presente dendrograma muestra una mejor organización de la rama principal B, pero no para la rama A que se esperaría unifique a accesiones exclusivamente de *S. pimpinellifolium*, pero en este caso a más de dichas accesiones ha acogido a dos materiales de *S. habrochaites* por presentar inflorescencias generalmente uníparas.

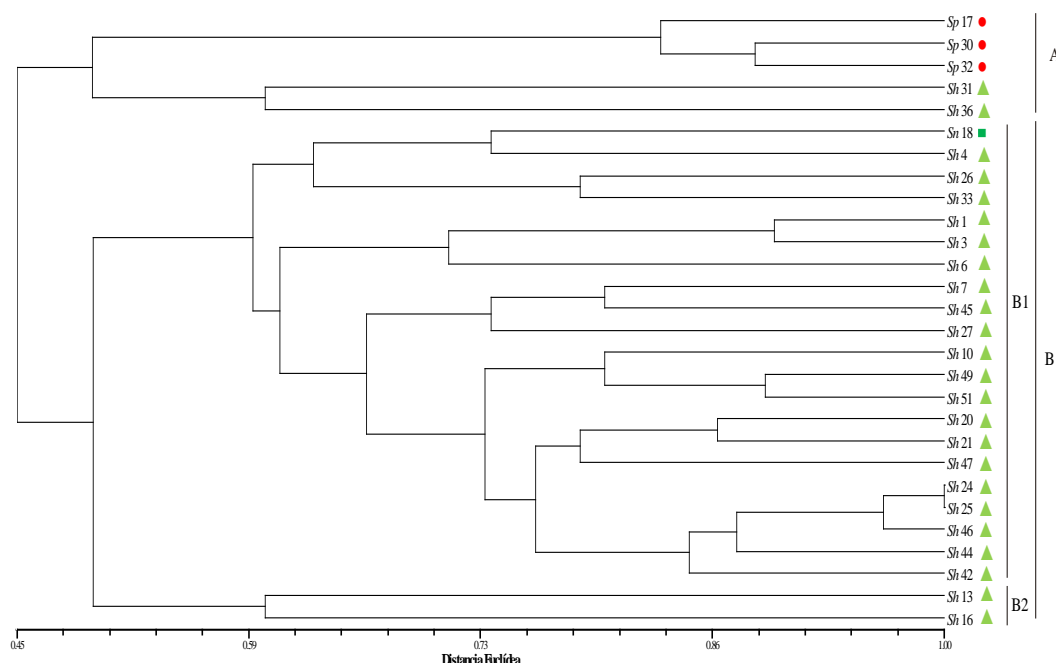


Figura 3.12. Dendrograma de 28 accesiones de tomates silvestres, a partir de 19 caracteres morfológicos cualitativos en condiciones controladas. Las líneas delimitan las ramas establecidas. Especies: ▲ *S. habrochaites*, ● *S. pimpinellifolium* y ■ *S. neorickii*

Fuente: Autor
Elaboración: Autor

- Análisis de Componentes Principales con respecto a caracteres cuantitativos

De la misma forma que en los casos anteriores, se consideró las tres primeras componentes principales (64,54% de la varianza acumulada), de las cuales la proporción de la varianza individual y acumulada se muestra a continuación en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Valores propios y proporción de la varianza explicada correspondientes a las componentes con valores propios superiores a 1 en el análisis de componentes principales de los caracteres morfológicos de 28 accesiones en condiciones controladas (sin la accesión Sh38)

Componentes principales	Valores propios (λ_p)	Proporción de la varianza total explicada	
		Individual (%)	Acumulada (%)
1	5,06	28,09	28,09
2	3,72	20,69	48,78
3	2,84	15,76	64,54

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

La Tabla 3.6 recoge los valores que representan las contribuciones de los caracteres (vectores propios o *eigen*-vectores) a la construcción de las tres primeras componentes principales, correspondientes a 28 accesiones de tomates silvestres (sin considerar a Sh38).

Al examinar la contribución de los caracteres para formar las dos primeras componentes principales (*eigen* vector $\geq 0,70$) se encuentra que aquellos caracteres relacionados con el fruto presentaron contribuciones altas para formar la CP1 (Tabla 3.6); en orden de importancia del aporte de los caracteres se tiene: tamaño del corazón, ancho de la cicatriz del pedicelo, grosor de la piel del fruto y el ancho del fruto al igual que longitud del pedicelo. Otro carácter con un alto valor significativo es número de inflorescencias aunque presente un valor negativo (-0,71). Mientras que para la CP2 lo fueron los caracteres (tres) de inflorescencia-flor y número de frutos por planta con valores altos y negativos. Para la CP3 no se muestra mayor aporte de los caracteres siendo la longitud de las hojas el único carácter con un aporte significativo (Tabla 3.6).

Tabla 3.6. Contribución de los caracteres (vectores propios o eigen-vectores) a la construcción de las tres primeras componentes principales en el estudio de 28 accesiones de tomates silvestres y con respecto a 18 caracteres cuantitativos

Caracteres	Vectores propios o eigen vectores		
	Primera componente	Segunda componente	Tercera componente
Hojas			
C1 Ancho de hojas adultas [mm]	0,46	0,01	0,01
C2 Longitud de hojas adultas [mm]	0,41	-0,05	0,72
Inflorescencias y flores			
C3 Número de flores por inflorescencia	-0,01	-0,70	0,21
C4 Número de inflorescencias	-0,71	-0,07	-0,45
C5 Número de flores de las inflorescencias	-0,56	-0,55	-0,31
C6 Longitud del pétalo [mm]	0,28	-0,70	0,17
C7 Longitud del sépalo [mm]	0,74	-0,55	0,19
C8 Longitud del estambre [mm]	0,32	-0,35	-0,32
Infrutescencias y frutos			
C9 Número de frutos por planta	-0,24	-0,76	-0,13
C10 Peso del fruto [g]	0,34	0,20	-0,64
C11 Longitud del fruto [mm]	0,67	0,41	-0,26
C12 Ancho del fruto [mm]	0,71	0,34	-0,12
C13 Longitud del pedicelo	0,34	-0,48	-0,33
C14 Longitud del pedicelo desde la capa de la abscisión [mm]	0,27	-0,61	-0,57
C15 Ancho de la cicatriz del pedicelo [mm]	0,74	-0,26	-0,13
C16 Grosor de la piel del fruto [mm]	0,74	-0,36	-0,01
C17 Tamaño del corazón [cm]	0,77	0,29	-0,33
Semillas			
C18 Número de semillas por fruto	0,36	0,46	-0,40

Se resalta en negrita los valores de mayor contribución ($\geq 0,70$). La contribución es alta ($\geq 0,70$) independientemente del signo

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

El aporte de los caracteres para la construcción de las componentes principales y por ende para la agrupación o diferenciación de accesiones se aprecia también a través de la Figura 3.13, en la que se puede apreciar además la correlación entre caracteres.

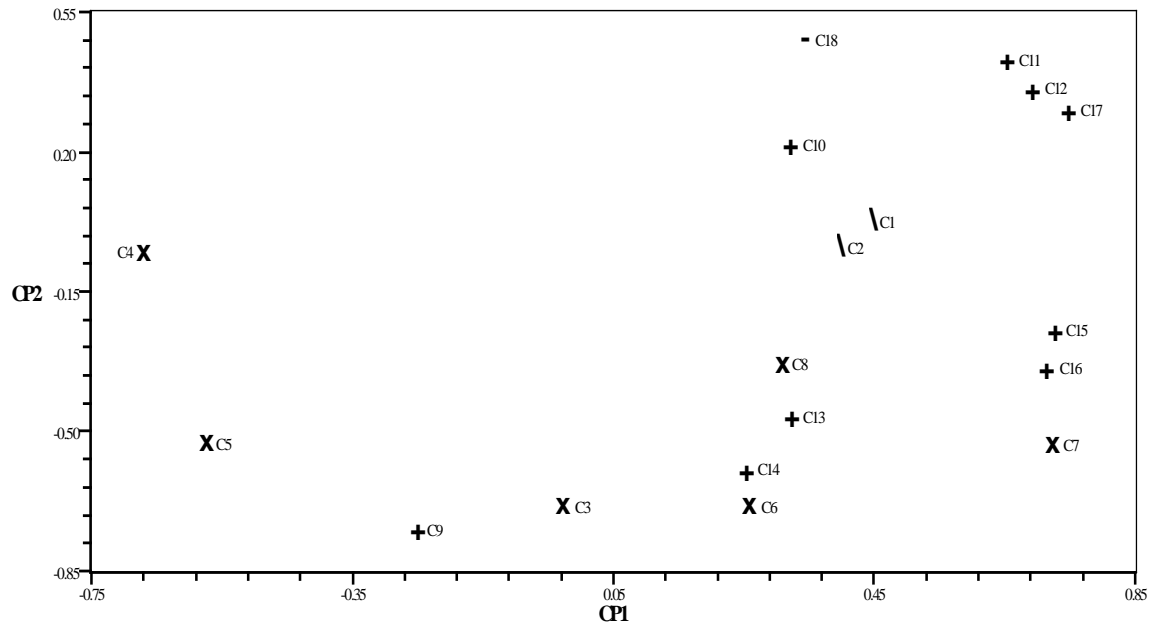


Figura 3.13. Distribución de 18 caracteres morfológicos cuantitativos evaluados en 28 accesiones de 3 especies de tomates silvestres en condiciones controladas, según la CP1 y CP2. Grupos de caracteres: \ Hojas, X Inflorescencia y flor, + Infrutescencia y fruto, y - semilla

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

Al describir la forma de agruparse de las 28 accesiones (Figura 3.14), comparando la CP1 y CP2, se diferenciaron por una parte la accesión Sh33, del resto de materiales, esto a través de la CP1, debido a que Sh33 se caracteriza por presentar los mayores valores de peso del fruto, ancho de la cicatriz del pedicelo y grosor de la piel del fruto y un menor número de inflorescencias; con respecto a las 27 accesiones restantes que a su vez se caracterizaron por producir frutos de menor tamaño pero con una mayor producción de flores e inflorescencias y por ende de frutos. Entre estas 27 accesiones constan todas las de *S. pimpinellifolium* y *S. neorickii*, caracterizadas a su vez por el carácter del tamaño del corazón siendo estas accesiones las que expresaron los valores más bajos pero con alta producción de inflorescencias.

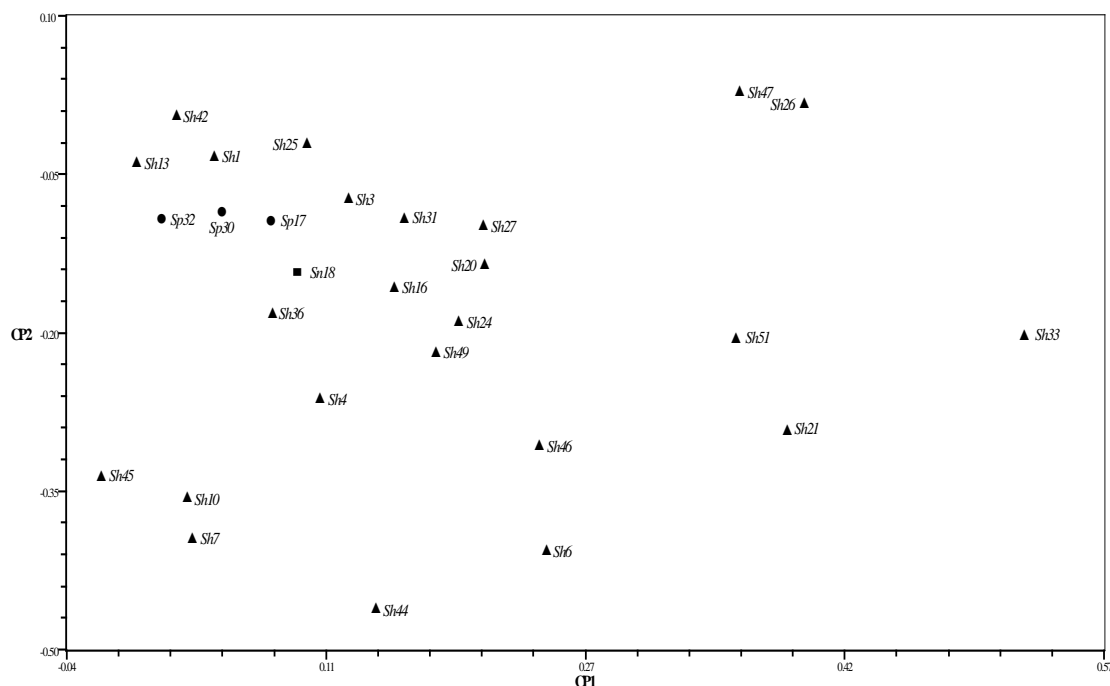


Figura 3.14. Distribución de 28 accesiones de tomates silvestres evaluadas a través de 18 caracteres morfológicos cuantitativos en condiciones controladas, según la CP1 y CP2. Especies: ● *S. pimpinellifolium*, ▲ *S. habrochaites* y ■ *S. neorickii*

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

3.2.2. Análisis multivariado a través de caracteres cuantitativos y cualitativos de las especies establecidas en campo abierto

3.2.2.1. Análisis multivariado de 29 accesiones

- Estudio de agrupamientos con respecto a caracteres cuantitativos y cualitativos

El dendrograma obtenido por el método UPGMA para las accesiones estudiadas en campo abierto (Figura 3.15) muestra dos ramas principales claramente definidas (A y B), conectadas a una distancia euclidiana de 1,37. La rama A separa claramente a las especies de *S. pimpinellifolium* de todos los materiales de *S. habrochaites* y *S. neorickii*, por los caracteres de las inflorescencias y el tamaño del corazón del fruto. Mientras que la rama B contiene el resto de accesiones (26) agrupándolas esencialmente por dos caracteres de las inflorescencias, en este caso por presentar los valores más bajos para el carácter de número flores por inflorescencia con respecto a la rama principal A. La subrama B1 contiene a 23 accesiones de la especie *S. habrochaites* incluyendo la única accesión de *S. neorickii*.

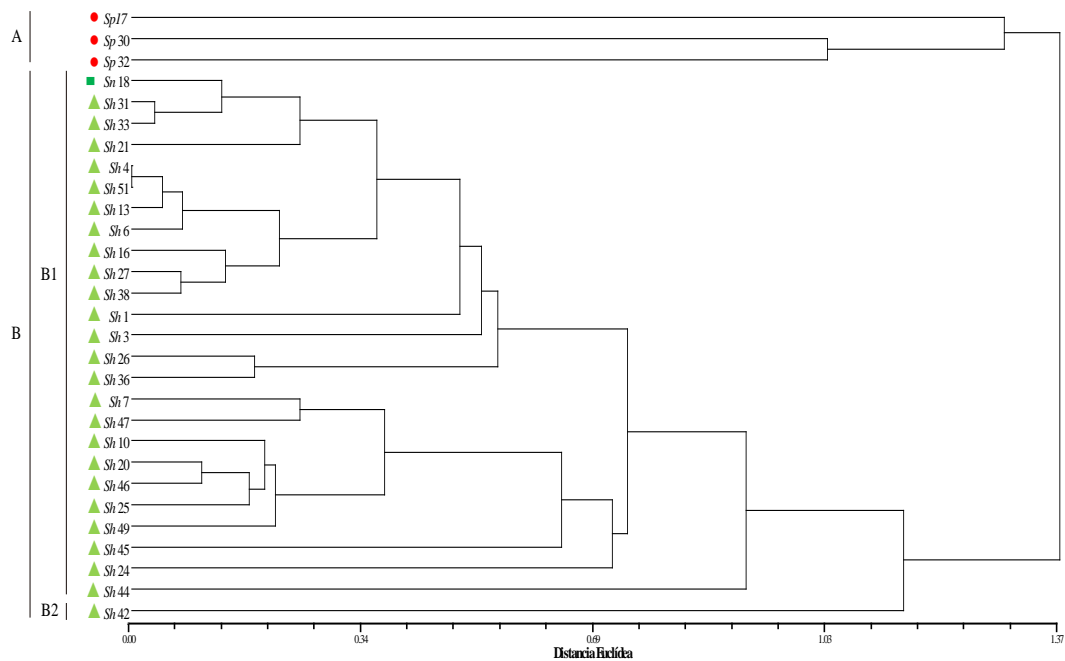


Figura 3.15. Dendrograma de 29 accesiones de tomates silvestres establecidas en campo abierto, a partir de 18 caracteres morfológicos cuantitativos en campo abierto. Las líneas delimitan las ramas establecidas. Especies: ▲ *S. habrochaites*, ● *S. pimpinellifolium* y ■ *S. neorickii*, Ver información sobre las accesiones y sus especies en la Tabla 2.1

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

En lo que respecta al análisis de caracteres cualitativos de las accesiones ubicadas a campo abierto, la Figura 3.16 muestra el dendrograma donde se observan dos ramas principales A y B unidas a una distancia euclidiana de 0,48. Dentro de la rama principal A están “nuevamente” las tres accesiones de la especie *S. pimpinellifolium* debido a su color rojo con pubescencia escasa y una madurez uniforme, separándola muy claramente de la rama principal B, por las razones ya explicadas para las accesiones ubicadas en condiciones controladas (Figura 3.7 y 3.12). Dentro de este grupo existen accesiones de una misma especies (*S. habrochaites*) con una distancia euclidiana similar al compartir varios de los caracteres morfológicos cualitativos, por lo que serían sujetos de análisis posteriores para la optimización de la gestión de su conservación *ex situ*.

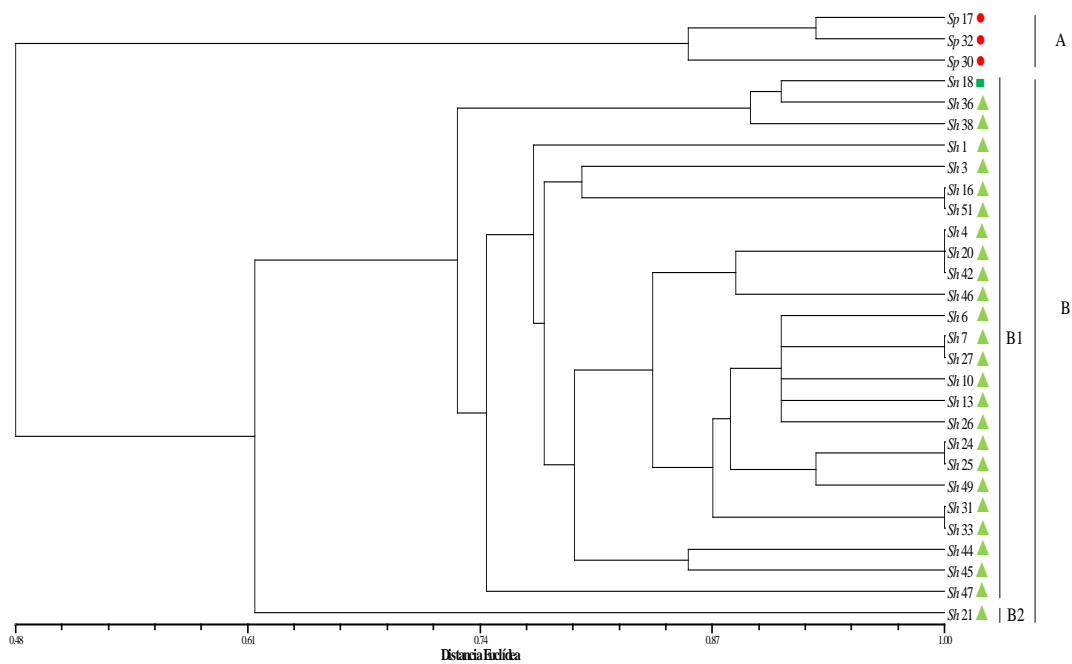


Figura 3.16. Dendrograma de 29 accesiones de tomates silvestres establecidas en campo abierto, a partir de 19 caracteres morfológicos cualitativos en campo abierto. Las líneas delimitan las ramas establecidas. Especies: ▲ *S. habrochaites*, ● *S. pimpinellifolium* y ■ *S. neorickii*. Ver información sobre las accesiones y sus especies en la Tabla 2.1

Fuente: Autor
Elaboración: Autor

- Análisis de Componentes Principales con respecto a caracteres cuantitativos

Al contrastar la relación existente entre las 29 accesiones estudiadas mediante el análisis de componentes principales, se seleccionó las tres primeras componentes (87,13% de varianza acumulada). A este respecto, el valor propio (o *eigen*-valor) de la primera componente representó el 36,98% de la variación total, el de la segunda componente acumuló el 29,50% y el de la tercera el 20,65% (Tabla 3.7).

Tabla 3.7. Valores propios y proporción de la varianza explicada correspondientes a las componentes con valores propios superiores a 1 en el análisis de componentes principales de los caracteres morfológicos de 29 accesiones en campo abierto

Componentes principales	Valores propios (λ_p)	Proporción de la varianza total explicada	
		Individual (%)	Acumulada (%)
1	6,66	36,98	36,98
2	5,31	29,50	66,48
3	3,72	20,65	87,13

Fuente: Autor / Elaboración: Autor

Por otra parte, la Tabla 3.8 contiene las contribuciones de los caracteres (vectores propios o eigen-vectores) a la construcción de las tres primeras componentes principales.

Tabla 3.8. Contribución de los caracteres (vectores propios o eigen-vectores) a la construcción de las tres primeras componentes principales, en el estudio de 29 accesiones de tomates silvestres establecidas a campo abierto

Caracteres	Vectores propios o eigen vectores*		
	Primera componente	Segunda componente	Tercera componente
Hojas			
C1 Ancho de hojas adultas [mm]	0,39	0,81	0,15
C2 Longitud de hojas adultas [mm]	0,34	0,79	0,32
Inflorescencias y flores			
C3 Número de flores por inflorescencia	-0,30	0,64	0,09
C4 Número de inflorescencias	-0,21	-0,20	0,86
C5 Número de flores de las inflorescencias	-0,27	-0,66	-0,66
C6 Longitud del pétalo [mm]	0,78	0,56	0,63
C7 Longitud del sépalo [mm]	-0,67	0,68	0,76
C8 Longitud del estambre [mm]	0,78	0,64	0,60
Infrutescencia y frutos			
C9 Número de frutos por planta	-0,48	-0,54	0,47
C10 Peso del fruto [g]	-0,93	0,04	0,25
C11 Longitud del fruto [mm]	-0,98	0,12	0,08
C12 Ancho del fruto [mm]	-0,93	-0,08	0,28
C13 Longitud del pedicelo	-0,30	0,59	-0,07
C14 Longitud del pedicelo desde la capa de la abscisión [mm]	-0,40	0,55	-0,07
C15 Ancho de la cicatriz del pedicelo [mm]	-0,55	0,50	-0,53
C16 Grosor de la piel del fruto [mm]	-0,01	0,62	-0,37
C17 Tamaño del corazón [cm]	-0,85	0,42	-0,18
Semillas			
C18 Número de semillas por fruto	-0,55	0,42	-0,18

Se resalta en negrita los valores de mayor contribución ($\geq 0,70$). La contribución es alta ($\geq 0,70$) independientemente del signo

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

Cuando se analizó la contribución de los caracteres evaluados a las dos primeras componentes (Figura 3.17 y Tabla 3.8), dos caracteres referentes a la flor contribuyeron positivamente a la primera componente, los mayores aportes (eigen vectores $\geq 0,70$) fueron longitud del pétalo (C6) y longitud del estambre (C8), Otros caracteres que contribuyeron a formar la CP1 con contribuciones altas y negativas corresponden a los caracteres del fruto como (C10) peso del fruto (-0,93), longitud y ancho del fruto (-0,93) (Tabla 3.8) y el carácter tamaño del corazón (C17) con un contribución igualmente alta y negativa (-0,85).

El análisis de componentes principales ha permitido evidenciar agrupaciones de caracteres medidos principalmente en el fruto, tendiendo a asociarse indicando una clara correlación entre éstos (Figura 3.14). De esta forma los caracteres del fruto presentaron valores altos para la componente CP1, al igual que los de flores (longitud del pétalo y longitud del estambre). Los caracteres que contribuyeron de forma significativa a la CP2 son principalmente los de las hojas y algunos relacionados con las inflorescencias presentaron valores bajos y negativos para ésta componente. Al referirse a la segunda componente se muestra una contribución especialmente por ciertos caracteres de las hojas como son longitud y ancho de la hoja.

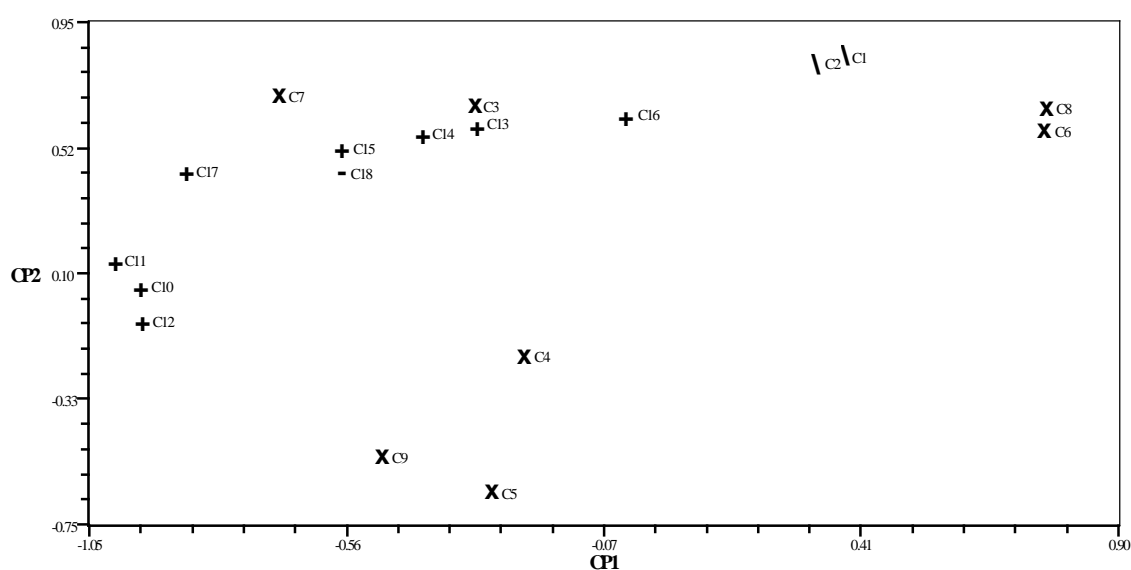


Figura 3.17. Distribución de 18 caracteres cuantitativos morfológicos evaluados en 29 accesiones de 3 especies de tomates silvestres establecidas a campo abierto, según la CP1 y CP2. Grupos de caracteres: \ Hojas, X Inflorescencia y flor, + Infrutescencia y fruto, y – semilla.

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

El análisis ACP de las 29 accesiones (Figura 3.18) no ha resultado claro en la diferenciación o agrupamiento de materiales, distribuyendo por toda la gráfica a todos los materiales estudiados y con cierta tendencia de agrupar a las accesiones de *S. pimpinellifolium* por influencia especialmente de la CP1.

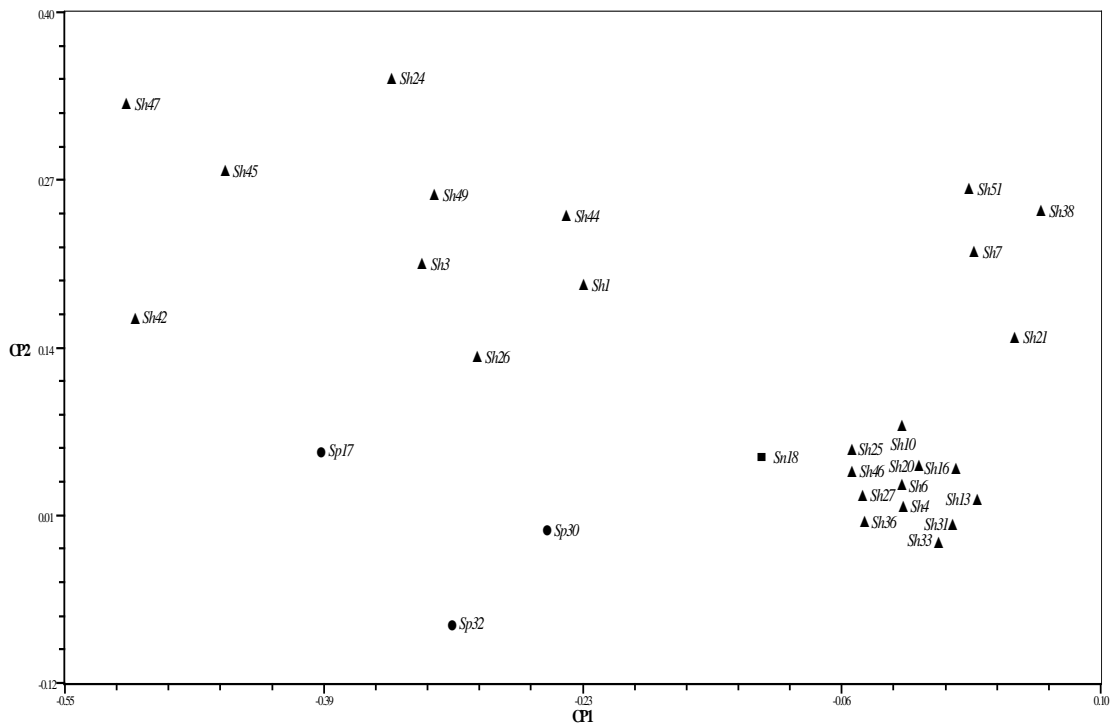


Figura 3.18. Distribución de 29 accesiones de tomates silvestres evaluadas a través de 18 caracteres morfológicos en condiciones de campo abierto, según la CP1 y CP2. Especies: ● *S. pimpinellifolium*, ▲ *S. habrochaites* y ■ *S. neorickii*

Fuente: Autor
Elaboración: Autor

Una vez que se han realizado varios análisis en condiciones ambientales diferentes y empleando caracteres morfológicos de tipo cuantitativo, por una parte de tipo cualitativo, se ha encontrado de forma general que los materiales vegetales estudiados se han agrupado de forma muy clara de acuerdo a la especie a la que pertenecen, especialmente diferenciándose de manera muy clara entre las accesiones de *S. pimpinellifolium* que se caracteriza por producir frutos de color rojo y las de *S. habrochaites* que producen frutos de color verde, incluyendo a *S. neorickii* que también posee frutos verdes aunque representada por una sola accesión. Por lo expuesto, los resultados encontrados sugieren precisamente que hay un efecto significativo de la variabilidad genética sobre los caracteres morfológicos.

Esta forma de agrupar los materiales de acuerdo a su especie, se evidencia entonces no solo cuando se consideran caracteres de tipo cualitativo como lo es el color del fruto que en principio incidiría en la agrupación aunque se trata de un carácter de 19 descriptores cualitativos, si no también cuando se analiza con caracteres de tipo cuantitativo en donde no se considera el color, resultado que los caracteres de tamaño y peso del fruto, así como los de tamaño de la flor, son descriptores discriminantes para

estas especies o más aún para el grupo *Lycopersicon*, y por lo que esto respalda lo dicho en el párrafo anterior sobre el efecto de la variabilidad genética.

A través de trabajos realizados por Nuez et al. (2004) y por Rodríguez et al. (2011), sobre la diversidad en tomates silvestres del grupo *Lycopersicon*, se ha encontrado precisamente que la longitud y el ancho del fruto son caracteres importantes en la diversidad fenotípica de estas especies. En este trabajo, los valores encontrados sobre el peso y tamaño del fruto para las accesiones de *S. pimpinellifolium* concuerdan con los valores reportados por García et al. (2013) y Morales et al. (2014); encontrándose frutos de tamaño pequeño con diámetros inferiores a 12 mm y por ende con valores de peso muy bajos de entre 1 y 2 gramos, por lo que según Florido et al. (2008) son indicadores clave para clasificar a esta especie, desde luego incluyendo el color del fruto. De hecho, *S. pimpinellifolium* junto a una variedad de tomate cultivado *S. cerasiforme*, han sido muy estudiados y aprovechados en conjunto en planes de mejora genética obteniéndose el conocido tomate cherry (*S. lycopersicum*. Var. cherry) (Grandillo et al., 2013; Mahuad et al., 2013; Rodríguez, 2011). Esto último constituye uno de los varios ejemplos en que los programas de mejora genética actuales se planteen utilizar las especies silvestres de tomate para diversificar y mejorar los materiales cultivados identificando los caracteres de interés agronómico dentro del germoplasma silvestre por medio de estudios morfológicos, fenológicos y moleculares (Fulton et al., 2002; Frary et al., 2004), como es el caso del presente estudio. De forma general los caracteres cualitativos para el estudio de la morfológica de las plantas presentaron diferencias dentro de las especies de tomates silvestres al ser caracteres altamente estables en muchos de los casos por ejemplo: el color del fruto, la presencia o ausencia de rayas en los hombros del frutos (indicando el grado de madurez) y el tipo de corola. Lo que sugiere que estos caracteres que distingue a estas especies se encuentran controlado por pocos loci o QTLs responsables de expresar esas características, como ocurre en otras especies de solanáceas (Bradshaw et al., 2008; Brewer et al., 2007; Nunome et al., 2001; Zygier et al., 2005;) estos a su vez tiene mayor importancia ya que ayudan a una identificación visual a nivel de campo (Garzón, 2011; Vázquez et al., 2010).

Objetivo 3. Estudio *ex situ* de la variabilidad ecogeográfica en la diversidad morfológica de *S. habrochaites*

La distribución ecogeográfica de las especies vegetales silvestres o de una taxón específico depende especialmente de factores fisiológicos, ecológicos y a su vez de aquellos relacionados con su evolución; los que varían a lo largo de la distribución, sometiendo a las especies a diferentes condiciones bióticas y abióticas (Maciel et al., 2015). De acuerdo con Pulliam (2000), una especie estará presente en los sitios donde las condiciones bióticas y abióticas le permitan mantener o incrementar su abundancia. En el caso de las especies silvestres de *S. habrochaites* varios autores (Carrera & Sifres, 2011; Sifres et al., 2011; González, 2013), mencionan que su rango de distribución va desde el centro de Ecuador hasta el centro de Perú entre los 400 a 4000 m s. n. m; es decir que tiene un amplio rango de distribución ecogeográfica y por lo tanto se evidencia la gran adaptabilidad que posee esta especie.

Al analizar la Tabla 2.1 de metodología, se puede evidenciar que las semillas de los individuos muestreados en varias provincias de Ecuador, provienen de condiciones ecogeográficas muy diferentes; mostradas en dicha tabla a través de la altitud acoplada a la naturaleza de los sitios de muestreo de este trabajo y de las zonas de vida a las que corresponden de acuerdo a Holdridge (1967).

Según el dendrograma mostrado en la Figura 3.16, esta vez generado exclusivamente para *S. habrochaites* en condiciones controladas (25 accesiones), se muestra resultados muy parecidos a cuando se ha analizado en condiciones de campo abierto y por lo que esta vez no se muestra la respectiva figura. Al observar entonces el dendrograma de la Figura 3.16, se evidencia que hay una diversidad intrínseca interesante; sin embargo, cuando se analiza su ordenamiento de acuerdo a la zona de vida a la que corresponden o al nivel altitudinal no se ha encontrado una estructura que genera una hipótesis de agrupamiento de los materiales aquí evaluados.

El dendrograma que analiza la forma de agrupamiento de los materiales de *S. habrochaites* ha definido dos ramas principales. Por una parte la rama A que acoge a una única accesión (Sh38), que como ya se ha mencionado se diferencia de todas las demás accesiones por los valores altos de los caracteres de fruto con tamaño y peso muy superior, con respecto a los demás materiales, dicho material ha sido colectado en la ciudad de Loja con condiciones que corresponden a un nivel altitudinal alto. Por otra parte, la rama B acoge a las 24 accesiones restantes, las cuales a su vez forman sendos grupos con materiales de distintas condiciones ecogeográficas (zonas de vida, niveles altitudinales). La única tendencia de agrupación ha sido encontrada en una de las

subagrupaciones del conjunto B en las que las nueve accesiones provenientes de una altitud alta se han agrupado de manera clara, pero no con respecto a las zonas de vida.

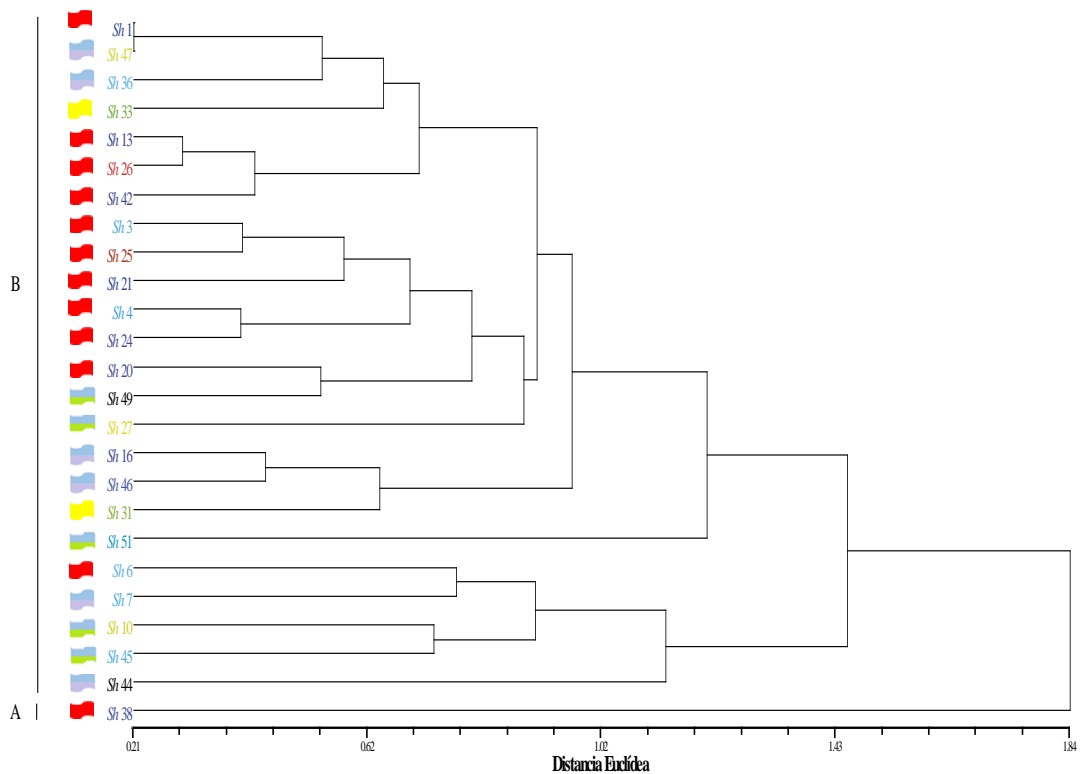


Figura 3.19. Dendrograma de la distribución 25 accesiones de *S. habrochaites* establecidas en condiciones controladas, según altitud y zona de vida de donde provienen sus semillas (Holdridge, 1967). Altitudes: ■ Altas, ■ bajas, ■ medias (1), ■ medias (2). Ver información en la Tabla 2.1.

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

La forma de agrupación encontrada sugiere que las accesiones de *S. habrochaites* tienen una alta plasticidad ante las condiciones ecogeográficas, lo cual se refleja precisamente en su alta diversidad morfológica intrínseca. De igual forma Sifres *et al.* (2010), sugiere que las poblaciones centrales del Perú autoincompatibles podrían ser los biotipos más antiguos de *S. habrochaites* de los cuales habrían derivado los demás. Y a medida que la especie emigró y debido a su rango de distribución las poblaciones se irían convirtiendo en plantas autocompatibles colocando a esta especie casi como un ancestro para los tomates silvestres y por lo que esta especie ha tenido un mayor tiempo para su adaptación (González, 2013).

Warnock (1988) sugiere que la diversidad de especies de tomates silvestres ha sido influenciada por la diversidad geográfica, de hábitats y de climas. Por otra parte, la Dra. Patricia Bedinger de “Colorado State University”, a través de una charla impartida en la

Universidad Técnica Particular de Loja sobre la diversidad del grupo *Lycopersicon* con énfasis en *S. habrochaites*, ha manifestado que las poblaciones encontradas en Ecuador donde predomina la autocompatibilidad permite que poblaciones pequeñas lleguen a establecerse en ambientes nuevos donde las barreras reproductivas entre las poblaciones de *S. habrochaites* que habitan éste país están emergiendo por la acumulación de mutaciones en genes que rigen estas barreras pudiendo favorecer el flujo genético entre especies, es decir mayor diversidad (Patricia Bedinger, entrevista personal).

Por los resultados encontrados en este objetivo se puede indicar que *S. habrochaites* posee una alta diversidad morfológica asociada a su vez a una amplia distribución geográfica, pero que a su vez la estructura de su diversidad fenotípica no se asocia de manera clara a las condiciones geográficas, es decir que no se identifican grupos morfológicos a nivel intrínseco con respecto a las condiciones ecogeográficas. Sin embargo, es de considerar que este estudio se basa en una caracterización morfológica *ex situ* y por lo que una evaluación *ex situ* podría robustecer el conocimiento sobre esta especie y los aspectos ecogeográficos.

CONCLUSIONES

1. Los descriptores morfológicos cuantitativos y cualitativos estandarizados por Bioversity International, han sido muy útiles como estrategia metodológica para los tres objetivos planteados. Permitiendo diferenciar oportunamente las especies en estudio y conocer sus características morfológicas de interés según las condiciones ambientales en las que se desarrollen.
2. Las condiciones ambientales en las que se desarrollaron las plantas de las tres especies de tomates silvestres incidieron en la morfología de sus plantas, debido principalmente a las variables meteorológicas de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento. La especie *S. habrochaites* ha sido la que mayor variabilidad morfológica ha mostrado.
3. Los resultados encontrados en este estudio sugieren que hay un efecto de la variabilidad genética sobre los caracteres morfológicos, agrupándose claramente las accesiones de acuerdo a su especie debido especialmente a caracteres cuantitativos y cualitativos relacionados con el tamaño y color del fruto, así como con el número de flores e inflorescencias. Estos resultados se respaldan por varios análisis estadísticos de tipo multivariado.
4. *S. habrochaites* posee una alta diversidad fenotípica intrínseca asociada a una amplia distribución geográfica; aunque dicha diversidad no se ha organizado de manera que se puedan establecer morfotipos de acuerdo a zonas ecogeográficas; debiéndose considerar que se trata de una evaluación *ex situ* y no *in situ*.
5. El análisis multivariante de los caracteres morfológicos mediante el uso de ACP y dendrogramas, separó de forma muy clara a una de las accesiones de *S. habrochaites* (Sh38) del resto de accesiones, por ser el material con un tamaño y peso del fruto muy superior al resto de materiales. Esto es un indicador de que existen materiales de interés que podrían ayudar a profundizar información relacionada con adaptabilidad y temas evolutivos en general, sirviendo además como una herramienta estratégica a la hora de realizar e interpretar los análisis estadísticos de tipo multivariado.

6. A través de la caracterización morfológica y de los análisis multivariados se ha encontrado, para *S. habrochaites*, pares de accesiones que podrían ser un mismo material genético, lo que podría aportar a la gestión del banco de semillas donde se conservan estos materiales con respecto a la optimización de recursos.

RECOMENDACIONES

1. La diversidad de una especie o conjunto de especies se puede evaluar en diferentes niveles de variación, es decir a nivel fenotípico y genotípico, siendo dicha información complementaria y por lo que aporta en forma conjunta a un mejor conocimiento de la o las especies. Ante ello es preciso ampliar el estudio a través de una caracterización molecular y analizar en forma conjunta la información.
2. Se recomienda, para un próximo estudio, ampliar el número de accesiones de las especies de *S. pimpinellifolium* y *S. neorickii*, lo que permitirá generar un mayor conocimiento como lo encontrado en *S. habrochaites*.
3. Otro aspecto importante es la generación de conocimiento con respecto a la fenología de los materiales y en diferentes condiciones ambientales, incluyendo estudios relacionados al comportamiento reproductivo de las plantas de cada especie, es decir a su compatibilidad o incompatibilidad y a la posibilidad de la existencia de especies o sitios simpátricos.

BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, A. G., Ceballos, N., & Orozco, F. J. (2011). 'Caracterización morfológica del tomate tipo cereza (*Solanum lycopersicum* Linnaeus). *PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE BIODIVERSIDAD DE NEMATODOS EN DOS ECOSISTEMAS NATURALES*, 44-53.
- Alcaraz, F. J. (2013). Temperatura, luz, atmósfera, viento. *Geobotánica*, p.13.
- Almanza, P. J., Arévalo, Y., Cely, G., Germán Eduardo, Pinzón, E., & Serrano, P. (2016). Fruit growth characterization of the tomato (*Solanum lycopersicum* L.) hybrid 'Ichiban' grown under cover. *Agronomía Colombiana*, 34(2), 155-162. <https://dx.doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n2.57193>
- Almorox, J.A., (2002). Viento Y Sus Efectos Sobre Los Cultivos. Retrieved from <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente.pdf>
- Ayala, G., Terraza, T., López, L., & Trejo, C. (2004). Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckeii*. *Interciencia*, 29(12), 692-697. Recuperado en 24 de septiembre de 2017, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442004001200007&lng=es&tlng=es.
- Bedinger, P. A., Chetelat, R. T., McClure, B., Moyle, L. C., Rose, J. K. C., Stack, S. M., et al. (2011). Interspecific reproductive barriers in the tomato clade: Opportunities to decipher mechanisms of reproductive isolation. *Sexual Plant Reproduction*, 24(3), 171–187. doi.org/10.1007/s00497-010-0155-7
- Bradshaw JE, Hackett CA, Pande B, Waugh R, Bryan GJ (2008). QTL mapping of yield, agronomic and quality traits in tetraploid potato (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*). *Theor Appl Genet* 116:193-211
- Brewer MT, Moyseenko JB, Monforte AJ, van der Knaap E. (2007). Morphological variation in tomato: a comprehensive study of quantitative trait loci controlling fruit shape and development. *J Exp Bot* 58:1339-1349.
- Bustan. A., Erner, Y. & Goldschmidt, E. (1995). Interactions between developing citrus fruits and their supportive vascular system. *Annals of Botany* 76: 657-666
- Carrillo R. J., & Chávez, S. (2010). Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 33 (Núm. Especial 4): 1-6

- Carrera, C. H., & Sifres, A. (2011). Análisis de la variabilidad genética de *Solanum habrochaites* en su lugar de origen, un recurso infrautilizado para la mejora del tomate. Retrieved from riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/11922/TesisMásterCarmen.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Casas A., Caballero J., Valiente-Banuet A., Soriano JA., Dávila, P. (1999). Morphological variation and the process of domestication of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in Central México. *Amer. J. Bot.* 86: 534-542.
- Cuéllar, J., Cooman, A., & Arjona, H. (2011). Incremento de la productividad del cultivo de tomate bajo invernadero mejorando la polinización. *Agronomía Colombiana*, 18, 7–13. Retrieved from <https://scholar.google.es/scholar?hl=es&q=INCREMENTO+DE+LA+PRODUCTIVIDAD+DEL+CULTIVO+DE+TOMATE+BAJO+INVERNADERO+MEJORANDO+LA+POLINIZACION&btnG=&lr=#0>
- Cocaliadis, M. F. (2013). Desarrollo y utilización de marcadores moleculares para el genotipado de la colección de líneas de introgresión de *Solanum lycopersicoides* en el fondo genético del tomate cultivado.
- Cleugh, H. A.; Miller, M., & Böhm, M. (1998). Direct mechanical effects of wind on crops. *Agrofor. Syst.* 41:85-112.
- Darwin C. S.; Knapp S.; Peralta E. I. (2003). Taxonomy of tomatoes in the Galápagos Islands: native and introduced species of *Solanum* section *Lycopersicon* (Solanaceae). *Systematics and Biodiversity*. 1 (1): 29–53
- De Koning, A. (1994). *Development and dry matter distribution in glasshouse tomato: a quantitative approach*. PhD thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C., & Martin, A. (2009). Manual del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Nodo Hortícola VI Región*, 60.
- Estay P., Patricia, Wagner V., Adrian, & Escaff G., Moisés. (2001). EVALUACIÓN DE *Bombus dahlbomii* (GUÉR.) COMO AGENTE POLINIZADOR DE FLORES DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* (MILL)), BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO. *Agricultura Técnica*, 61(2), 113-119. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072001000200001>

- Esquinas, J., Nuez, F. (1995). Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. En: Nuez F (ed). El cultivo del tomate. Mundi-Prensa, Madrid, España, pp 13-42.
- FAO. (2012). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. doi.org/0251-1371
- FAO. (2014). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- FAO. (n.d). Factores ambientales. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/006/x8234s/x8234s08.htm>
- Fernández, M. (2013). Efectos del cambio climático en el rendimiento de tres cultivos mediante el uso del Modelo AquaCrop.
- Fournier, L., & Charpantier, C. (1978). *El tamaño de la muestra y la Frecuencia de las Observaciones En El Estudio De las características fenológicas de los arboles tropicales.*
- Fos M, Nuez F, García-Martínez JL (2000). The gene pat-2, which induces natural parthenocarpy, alters the gibberellin content in unpollinated tomato ovaries. *Plant Physiol* 122:471–479
- Fulton, T.M., Van der Hoeven, R., Eannetta, N.T., Tanksley, S.D. (2002). Identification, analysis, and utilization of conserved ortholog set markers for comparative genomics in higher plants. *Plant Cell* (14):1457–1467.
- Frary, A., Fulton, T.M., Zamir, D., Tanksley, S.D. (2004). Advanced backcross QTL analysis of a *Lycopersicon esculentum* X *L. pennellii* cross and identification of possible orthologs in the Solanaceae. *Theor. Appl. Genet.* 108:485–496.
- FreshPlaza. (22 de 04 de 2016). FreshPlaza. Obtenido de <http://www.freshplaza.es/article/97083/La-produccion-mundial-de-tomates-alcanza-los-130-millones-de-toneladas>
- García, S., Lara, A., Alonso, A., Rubio, F., Ruiz, J., Barrantes, W., Rica, C. (2013). Estudio de la genética de la calidad del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en una colección de líneas de introgresión desarrolladas a partir de la accesión TO-937 de *S. pimpinellifolium*, 1–4.
- Garzón, J. P. (2011). Caracterización y evaluación morfoagronómica de la colección de tomate tipo cherry de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira (Doctoral dissertation, Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 35-4456).

- Gaviria, B., Navarro, R., & Vanegas, D. (2007). Virus de la Marchitez moteada del tomate (Tomato Spotted Wilt Virus, TSWV) en ornamentales para la exportación en Antioquia. En: Memorias, XXVIII Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología ASCOLFI. Octubre 3-5. CIAT, Palmira, Valle del Cauca, Colombia.
- Golberg, A. D., & Kin, A. G. (n.d.). Efecto del viento sobre las plantas. Viento, Suelo Y Plantas, 43–70.
- González, P. (2013). Distribución geográfica de los “ tomates silvestres ” (Solanum L . sect . Lycopersicon (Mill .) Wettst .: Solanaceae) Geographical distribution of wild tomatos (Solanum L . sect . Lycopersicon (Mill .) Wettst . *Arnaldoa*, 20(2), 301–314.
- Goulson, D. (2010) Bumblebees: Behavior, Ecology and Conservation. Second edition. Oxford University Press. ISBN 978-0-19-955306-8.
- Goykovic, V., & Saavedra del Real, G. (2007). Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *Idesia (Arica)*, 25(3), 47-58.
- Grandillo, S., Termolino, P., van der Knaap, E. (2013). Molecular mapping of Complex Traits in Tomato In: Genetics, Genomic and Breeding of Tomato, CRC Press, US, pp 150-228.
- Guevara, E., & Jiménez, V. (1998). En Principios y aplicaciones de la Fisiología Vegetal: Manual de Laboratorio. (pág. 64). Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Hanna, H. (1999). Assisting natural wind pollination of field tomatoes with an air blower enhances yield. *HortScience* 34(5): 846-847. [Citado por Cuellar et al., 2011]
- Hatfield, JL & Prueger, JH. (2015). Temperaturas extremas: efecto en el crecimiento y desarrollo de las plantas. *Tiempo y clima Extremos* 10, 4-10. Doi: 10.1016 / j.wace.2015.08.001.
- Hernández, A. (2013). CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE RECURSOS FITOGENÉTICOS. Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura. Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias. Carretera Tepic-Compostela Km 9. Apdo. Postal 49, C.P. 63780, Xalisco, Nayarit, México.
- Holdridge LR. (1967). Life zone ecology. Tropical Science Center, San José, Costa Rica, 149 pp.
- International Plant Genetic Resources Institute, IPGRI (2012). Descriptors for tomato (*Lycopersicum* spp).

- International Plant Genetic Resources Institute, IPGRI. (2000). Frutales del trópico americano, de la información a la investigación. Boletín de las Américas. Calí, Colombia. V. 6, No. 1. p. 4-8. Kornerup, Andreas. 1984. Metthuen Handbook of Color. 252 p
- Islam, M.T. 2011. Effect of temperature on photosynthesis, yield attributes and yield of tomato genotypes. Int. J. Expt. Agric. 2, 8-11.
- Jaramillo, N., G.D. Sánchez, V.P. Rodríguez, P.A. Aguilar, M.A. Zapata, and M. Guzmán. (2013). Tecnología para el cultivo del tomate bajo condiciones protegidas. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; Corpoica, Bogotá.
- Jenkins, J. (1948) Econ Bot 2: 379. doi:10.1007/BF02859492 [citado por Peralta et., 2008].
- Jos, A., & Blanco, L. (2013). Nota Técnica Polinización de tomate , calabacín y pepino , con Meliponinos y Apis mellifera en invernaderos, 31(3), 243–253.
- Knapp, S., & Peralta, I. E. (2016). The Tomato Genome, 7–22. <http://doi.org/10.1007/978-3-662-53389-5>
- Luna, C., & Aguirre, J. (2001) Variación morfológica del fruto y domesticación de *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxb. y *S. stellatus* (Pfeiff.) Riccob. (Cactaceae) en la Mixteca Baja, México. Rev. Fitotec. Mex. 24: 213-221.
- Mahuad, S. L., Pratta, G. R., Rodríguez, G. R., Zorzoli, R., & Picardi, L. A. (2013). Preservation of *Solanum pimpinellifolium* genomic fragments in recombinant genotypes improved the fruit quality of tomato. Journal of Genetics, 92(2), 195–203. <http://doi.org/10.1007/s12041-013-0245-z>
- Marlow, D. (01 de Noviembre de 2008). Hortalizas. Obtenido de <http://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/invernadero/aborto-de-flores/>
- Matas, A. (2005). Estudio de los factores incidentes en el agrietado del fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tipo cereza: el papel de la cutícula del fruto.
- Maciel, C, A., Manríquez, N., Aguilar, Pablo., & Sánchez, Gerardo. (2015). El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Acta universitaria*, 25(2), 03-19. <https://dx.doi.org/10.15174/au.2015.690>
- Mapas Ecuador. (2017). Obtenido de <http://www.mapasecuador.net/mapa/mapa-loja-mapa-division-politica.html>
- Morales, M., Espinosa, Georgina., Morales A., Sánchez, Byron., Jiménez, a., & Milián, Y. (2014). Caracterización morfológica y evaluación de resistencia a *Fusarium*

oxysporum en especies silvestres del género *Solanum* sección *Lycopersicon*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 16(1), 62-73. <https://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v16n1.38259>

Morales, M., Morales, A., Artilles, A., Milián, Y., & Espinosa, G. (2016). Caracterización fenotípica y genética de cuatro especies silvestres del género *Solanum*, sección *Lycopersicon*. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 109-119. <https://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1666.8406>

Muñoz, J. (2009). Manejo del cultivo de tomate en invernadero, In: J.Z. Castellanos (Ed.). Manual de producción hortícola en invernadero. INTAGRI. México. pp 45 – 91.

Nesbitt, T. C., & Tanksle S. D. (2002). Comparative sequencing in the genus *Lycopersicon*: implications for the evolution of fruit size in the domestication of cultivated tomatoes. *Genetics* 162: 365–379.

Nunome T, Ishiguro K, Yoshida T, Hirai M (2001). Mapping of fruit shape and color development traits in eggplant (*Solanum melongena* L.) based on RAPD and AFLP markers. *Breeding Sci* 51:19-26.

Nuez, F., Prohens, J., Blanca, JM. (2004). Relationships, origin, and diversity of Galápagos tomatoes: Implications for the conservation of natural populations. *Am J Bot* 91:86- 99.

Ordaz, J. L., Ramírez, D., Mora, J., Acosta, A., & Serna, B. (2010). Costa Rica: efectos del cambio climático sobre la agricultura, 76. Retrieved from <http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25921/lcmexl972.pdf?sequence=1>

Orozco, R., López, C., González, V., & Carballo, A. (2000). Efecto de la temperatura sobre el crecimiento de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedades Atlantic y 1625 Frito Lay, Crecidas in vitro. *UNICIENCIA* 17. pp 31-34.

Peralta I. E, Spooner, DM. (2000). Classification of wild tomatoes: a review. *Kurtziana* 28:45-54.

Peralta, I. E., & Spooner, D. M. (2005). Morphological Characterization and Relationships of Wild Tomatoes (*Solanum* L. sect. *Lycopersicon*). *Monographs in Systematic Botany*, 104, 227–257.

Peralta, I. E, DM Spooner y S. Knapp. (2008). Taxonomía de los tomates: Una revisión de los tomates silvestres (*Solanum* sección *Lycopersicon*) y sus parientes del grupo

- externo en las secciones Juglandifolia y Lycopersicoides. *Sist. Larva del moscardón. Monogr* 84: 1 - 186.
- Pulliam, H. R. (2000). On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters*, 3(4), 349-361.
- Raymond, R. D., Moore, C., Wagner, K., & Panos, K. R. (2006). Parientes silvestres de cultivos, Bioversity Internacional. pp. 1–28.
- Ranc, N., Muños, S., Santoni, S., & Causse, M. (2008). A clarified position for *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* in the evolutionary history of tomatoes (solanaceae). *BMC Plant Biology*, 8, 130. doi.org/10.1186/1471-2229-8-130
- Rengel, N. (2004). Adaptabilidad de cuatro variedades de tomate riñón *Lycopersicum sculentum* Mill, sitio Cango, cantón Puyango (Bachelor's thesis).
- Rodríguez, F., Wu, F., Ané, C., Tanksley, S., & Spooner, D. M. (2009). Do potatoes and tomatoes have a single evolutionary history, and what proportion of the genome supports this history? *BMC Evolutionary Biology*, 9, 191. <http://doi.org/10.1186/1471-2148-9-191>
- Rodríguez G., Muños S., Anderson C., Sung-Chur Sim, Michel A., Causse M., McSpadden Gardener B. B., Francis D. and Van der Knaap E. (2011) Distribution of SUN, OVATE, LC and FAS in the Tomato Germplasm and the Relationship to Fruit Shape Diversity, Department of Horticulture and Crop Science, The Ohio State University USA Copyright by the American Society of Plant Biologists, Pag: 3-6
- Rohlf, FJ (2000) NTSYS-pc: Taxonomía Numérica y Sistema de Análisis Multivariado, Versión 2.2. Exeter Software. Setauket, Nueva York.
- Ruiz, A. (1991). Caracterización Fenológica del Guayabo (*Psidium guayava* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. p. 78.
- Salazar, M. J. O. (2015). "Efectos de fertilizantes nitrogenados y potásicos, en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.), en condiciones de campo, en la zona de Babahoyo".
- Shao, G.; Halpin, P.N. (1995). Climatic controls of eastern North American coastal tree and shrub distributions. *J. Biogeography* (Estados Unidos). 22 (6):1083-1089.
- Stepheson, A. (1981). Flower and Fruit Abortion: Proximate causes and ultimate functions. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 12:253-79, 1981. [Department of Biology, Pennsylvania State University, University Park, PA

- Sifres, A. J.; M. Blanca & F. Nuez. (2010). Pattern of genetic variability of *Solanum habrochaites* in its natural area of distribution. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58 (3): 347-360
- Sifres, A., Blanca, J., & Nuez, F. (2011). Pattern of genetic variability of *Solanum habrochaites* in its natural area of distribution. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58(3), 347–360. doi.org/10.1007/s10722-010-9578-0
- Schwartz, M. D. (1999). Advancing to full bloom: planning phenological research for the 21st century. 42:113-118.
- Torrico, A. M. (2013). ESTUDIO MORFOLOGICO Y MOLECULAR DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DEL TOMATE SILVESTRE (*Solanum spp.*) BOLIVIANO, 1–79. Retrieved from <http://ddigital.umss.edu.bo:8080/jspui/handle/123456789/284>
- Wadsworth, R. (1959). An optimum Wind Speed for Plant Growth. *Annals of Botany*, 23(89), new series, 195-199. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/42907466>
- Warnock, S. J. (1988). A review of taxonomy and phylogeny of the genus *Lycopersicon*. *HorScience* 23:669-673
- Vallejo, F. & Estrada, S. (2004). Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad de Colombia. Sede Palmira. Ed. Feriva. Palmira.
- Vallejo, F. & Estrada, S. (2002). Mejoramiento genético de plantas. Universidad Nacional sede Palmira, Colombia. Ed. Feriva. Palmira.
- Villalpando, J. & A. Ruiz. (1993). Observaciones Agrometeorológicas y su uso en la agricultura, Editorial Lumusa, México. p. 133.
- Volpe, C. A. (1992). Citrus Phenology. In: *Proceedings of the Second International Seminar on Citrus Physiology*, p. 103-122.
- Zygier, S., Chaim, AB., Efrati, A., Kaluzky, G., Borvsky, Y., Paran, I. (2005). QTLs mapping for fruit size and shape in chromosomes 2 and 4 in pepper and a comparison of the pepper QTL map with that of tomato. *Theor Appl Genet* 111:437–445

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza (ANOVA) para las accesiones (condiciones controladas - campo abierto) en las cuales se ha encontrado diferencias significativas ($p < 0,001$) por cada uno de los 20 caracteres morfológicos cuantitativos evaluados

Carácter	Accesión	Media (condiciones controladas)	Media (campo abierto)	Media	Coefficiente F	Valor P
Ancho de hojas adultas	Sh 20	67.82	90.51	79.17	128.00	< 0.001
	Sh 21	63.17	53.98	58.58	8.39	< 0.001
	Sh 26	50.71	79.91	65.31	227.68	< 0.001
	Sh 31	34.94	28.20	31.57	31.03	< 0.001
	Sh 38	65.69	52.51	59.10	15.45	< 0.001
	Sh 42	48.00	57.25	52.62	79.34	< 0.001
	Sh 44	43.56	34.34	38.95	7.67	< 0.001
	Sh 45	49.69	38.50	44.10	32.33	< 0.001
	Sh 46	44.21	50.90	47.56	22.54	< 0.001
	Sh 49	63.12	83.30	73.21	64.16	< 0.001
	Sh 51	63.73	71.20	67.46	15.55	< 0.001
Longitud de hojas adultas	Sh 20	104.48	149.21	126.84	162.60	< 0.001
	Sh 21	104.33	65.85	85.09	43.37	< 0.001
	Sh 26	63.38	128.93	96.16	525.55	< 0.001
	Sh 31	78.62	25.70	52.16	29.87	< 0.001
	Sh 33	87.35	106.07	96.71	16.22	< 0.001
	Sh 38	106.82	72.71	89.77	29.55	< 0.001
	Sh 44	65.90	51.34	58.62	7.34	< 0.001
	Sh 45	74.82	63.04	68.93	15.89	< 0.001
	Sh 46	67.32	83.50	75.41	51.04	< 0.001
	Sh 47	101.54	112.10	106.82	8.39	< 0.001
	Sh 49	98.30	115.80	107.05	19.41	< 0.001
	Sh 51	110.86	131.30	121.08	34.39	< 0.001
	Número de flores por inflorescencia	Sp 30	6.77	4.97	5.87	157.84
Sp 32		6.93	4.80	5.87	165.52	< 0.001
Sn 18		7.58	5.17	6.38	95.31	< 0.001
Sh 1		7.72	6.15	6.93	18.90	< 0.001
Sh 3		10.52	7.80	9.16	18.84	< 0.001
Sh 6		15.75	11.17	13.46	45.58	< 0.001
Sh 21		11.02	6.95	8.98	240.10	< 0.001
Sh 24		13.77	16.02	14.89	18.14	< 0.001
Sh 31		8.82	7.02	7.92	29.26	< 0.001
Sh 33		8.92	7.05	7.98	21.97	< 0.001
Sh 38		6.48	12.80	9.64	206.93	< 0.001
Sh 42		6.13	14.35	10.24	137.15	< 0.001
Sh 46		12.17	17.07	14.62	45.55	< 0.001
Sh 47		9.77	19.10	14.43	290.88	< 0.001

Número de inflorescencias	Sp 30	100.33	12.00	56.17	18.85	< 0.001
	Sp 32	52.83	12.00	32.42	62.46	< 0.001
	Sh 6	26.00	6.33	16.17	14.37	< 0.001
	Sh 24	21.67	11.67	16.67	33.09	< 0.001
	Sh 42	4.50	14.33	9.42	20.03	< 0.001
	Sh 44	50.33	12.83	31.58	19.21	< 0.001
	Sh 46	15.67	4.33	10.00	11.05	< 0.001
	Sh 49	26.17	4.00	15.08	158.79	< 0.001
Número de flores de las inflorescencias	Sp 30	610.33	142.33	376.33	11.76	< 0.001
	Sh 1	81.50	30.00	55.75	10.15	< 0.001
	Sh 3	118.00	46.33	82.17	12.21	< 0.001
	Sh 6	287.83	17.33	152.58	32.70	< 0.001
	Sh 7	472.00	33.17	252.58	31.80	< 0.001
	Sh 38	111.00	34.50	72.75	24.58	< 0.001
	Sh 42	17.17	114.67	65.92	10.09	< 0.001
	Sh 45	448.17	67.67	257.92	68.28	< 0.001
	Sh 46	156.33	18.17	87.25	21.73	< 0.001
Longitud del pétalo	Sh 1	10.78	13.54	12.16	1.34E+30	< 0.001
	Sh 3	15.80	16.04	15.92	6.57E+27	< 0.001
	Sh 7	15.51	13.90	14.71	44.14	< 0.001
	Sh 20	14.56	15.59	15.07	466.32	< 0.001
	Sh 24	14.79	13.32	14.06	124.74	< 0.001
	Sh 26	13.11	15.34	14.23	1.78	< 0.001
	Sh 31	11.46	9.88	10.67	5.83	< 0.001
	Sh 33	11.46	11.92	11.69	8.55	< 0.001
	Sh 38	13.53	12.33	12.93	59.30	< 0.001
	Sh 42	13.11	14.57	13.84	2.93	< 0.001
	Sh 44	16.65	12.83	14.74	433.87	< 0.001
	Sh 46	13.73	15.34	14.53	72.92	< 0.001
	Sh 47	13.52	14.35	13.94	1.10	< 0.001
	Sh49	11.89	10.67	11.28	297.81	< 0.001
	Sh 51	13.58	15.73	14.65	44.05	< 0.001
Longitud del sépalo	Sh 1	6.87	6.65	6.76	5.57E+28	< 0.001
	Sh 3	6.45	6.97	6.71	9.72E+28	< 0.001
	Sh 7	6.26	8.25	7.26	294.78	< 0.001
	Sh 20	6.48	8.17	7.33	3996.34	< 0.001
	Sh 24	9.53	8.54	9.04	326.09	< 0.001
	Sh 26	6.57	7.46	7.02	5.92	< 0.001
	Sh 31	7.59	6.35	6.97	7.31	< 0.001
	Sh33	7.59	8.70	8.14	158.15	< 0.001
	Sh 44	6.91	8.26	7.58	293.42	< 0.001
	Sh 45	5.48	5.24	5.36	14.72	< 0.001
Sh 46	6.42	9.43	7.93	30.01	< 0.001	

	Sh 47	6.33	9.32	7.82	41.55	< 0.001
	Sh 49	6.66	6.43	6.55	70.45	< 0.001
	Sh 51	5.68	6.51	6.09	47.47	< 0.001
Posición del estilo	Sh 3	1.53	1.70	1.62	4.32E+29	< 0.001
	Sh 20	1.88	1.63	1.75	115.09	< 0.001
	Sh 24	0.00	0.25	0.13	43.97	< 0.001
	Sh 26	0.75	0.54	0.65	5.86	< 0.001
	Sh 31	0.97	0.62	0.80	261.56	< 0.001
	Sh 38	1.43	0.00	0.71	39815.53	< 0.001
	Sh 42	0.70	0.84	0.77	6.85	< 0.001
	Sh 45	0.85	0.48	0.67	96.30	< 0.001
	Sh 47	1.28	1.48	1.38	5.32	< 0.001
	Sh 49	0.40	0.33	0.36	1432.56	< 0.001
	Sh 51	1.20	0.70	0.95	70.20	< 0.001
Longitud del estambre	Sp 17	5.20	6.33	5.76	10.34	< 0.001
	Sp 30	6.28	7.52	6.85	12.25	< 0.001
	Sh 1	9.25	9.03	9.14	1.41E+28	< 0.001
	Sh 3	9.96	10.31	10.14	8.81E+28	< 0.001
	Sh 7	9.64	10.45	10.05	37.78	< 0.001
	Sh 20	8.10	9.01	8.56	7017.44	< 0.001
	Sh 26	8.63	8.84	8.74	2.84	< 0.001
	Sh 31	8.17	7.71	7.94	1.58	< 0.001
	Sh 33	10.64	8.86	9.75	5639.84	< 0.001
	Sh 42	7.96	8.99	8.48	6.78	< 0.001
	Sh 44	10.29	9.03	9.66	602.75	< 0.001
	Sh 45	8.11	7.97	8.04	19.53	< 0.001
	Sh 47	8.27	7.97	8.12	2.59	< 0.001
	Sh 49	0.00	7.84	3.92	3.80	< 0.001
	Sh 51	11.00	10.14	10.57	57.88	< 0.001
Peso del fruto	Sp 30	1.33	1.09	1.21	23.28	< 0.001
	Sp 32	0.99	1.32	1.15	36.06	< 0.001
	Sh 3	0.82	1.25	1.04	161.52	< 0.001
	Sh 7	0.93	1.13	1.03	3.81E+30	< 0.001
	Sh 26	2.24	1.09	1.67	659.82	< 0.001
	Sh 31	1.12	0.98	1.05	28.13	< 0.001
	Sh 38	1.52	1.85	1.68	109.41	< 0.001
	Sh 42	1.73	1.44	1.58	25.37	< 0.001
	Sh 45	1.42	1.29	1.36	11.58	< 0.001
	Sh 46	0.88	0.83	0.85	33.13	< 0.001
	Sh 47	0.78	1.47	1.13	60.53	< 0.001
	Sh 49	0.67	1.11	0.89	184.42	< 0.001
	Sh 51	0.43	0.73	0.58	80.17	< 0.001
Longitud del fruto	Sp 30	12.27	11.71	11.99	7.10	< 0.001
	Sp 32	11.40	12.67	12.04	34.56	< 0.001
	Sn 18	11.68	11.00	11.34	11.63	< 0.001

	Sh 1	10.25	11.52	10.89	101.90	< 0.001
	Sh 3	10.94	12.32	11.63	101.90	< 0.001
	Sh 7	11.26	12.44	11.85	1.04E+30	< 0.001
	Sh 26	16.70	12.30	14.50	781.29	< 0.001
	Sh 33	15.45	12.16	13.80	15.51	< 0.001
	Sh 38	13.30	15.28	14.29	432.22	< 0.001
	Sh 42	14.24	13.53	13.88	11.85	< 0.001
	Sh 44	11.08	11.76	11.42	12.39	< 0.001
	Sh 45	13.21	12.64	12.93	13.85	< 0.001
	Sh 47	20.99	13.47	17.23	360.70	< 0.001
	Sh 49	10.25	12.27	11.26	224.40	< 0.001
	Sh 51	17.20	10.16	13.68	1246.10	< 0.001
Ancho del fruto	Sp 17	17.46	14.16	15.81	55.39	< 0.001
	Sp 30	12.59	13.44	13.02	16.68	< 0.001
	Sp 32	11.49	13.95	12.72	135.89	< 0.001
	Sh 1	11.43	12.52	11.98	78.15	< 0.001
	Sh 3	12.54	13.45	12.99	39.03	< 0.001
	Sh 7	12.65	13.67	13.16	161.79	< 0.001
	Sh 24	10.88	12.89	11.88	9.47	< 0.001
	Sh 26	16.92	13.32	15.12	697.77	< 0.001
	Sh 38	13.69	15.80	14.74	573.08	< 0.001
	Sh 46	12.04	13.03	12.53	1339.06	< 0.001
	Sh 47	21.23	13.97	17.60	269.23	< 0.001
	Sh 49	11.95	13.17	12.56	77.36	< 0.001
	Sh 51	19.98	11.38	15.68	1752.96	< 0.001
Longitud del pedicelo	Sp 17	6.74	19.21	12.98	1694.83	< 0.001
	Sh 1	16.60	17.08	16.84	32.48	< 0.001
	Sh 3	15.99	19.82	17.90	258.59	< 0.001
	Sh 7	20.19	14.59	17.39	2.37E+30	< 0.001
	Sh 26	16.89	14.72	15.80	227.29	< 0.001
	Sh 31	17.09	14.80	15.95	264.15	< 0.001
	Sh 38	18.91	20.55	19.73	266.13	< 0.001
	Sh 42	18.79	17.40	18.10	50.97	< 0.001
	Sh 44	17.19	15.58	16.38	15.54	< 0.001
	Sh 45	18.86	20.64	19.75	30.32	< 0.001
	Sh 47	14.80	19.44	17.12	106.11	< 0.001
	Sh 49	15.87	19.27	17.57	85.42	< 0.001
	Sh 51	15.09	17.16	16.13	108.88	< 0.001
Longitud del pedicelo desde la capa de la abscisión	Sp 17	9.50	7.36	8.43	517.56	< 0.001
	Sp 30	7.09	5.98	6.53	44.42	< 0.001
	Sn 18	5.28	5.92	5.60	16.11	< 0.001
	Sh 1	5.70	6.73	6.22	460.23	< 0.001
	Sh 3	5.21	7.57	6.39	612.10	< 0.001
	Sh 7	8.07	4.68	6.38	1.12E+31	< 0.001

	Sh 26	7.05	6.50	6.78	234.54	< 0.001	
	Sh 31	6.99	7.11	7.05	13.35	< 0.001	
	Sh 38	6.89	5.97	6.43	572.50	< 0.001	
	Sh 42	8.33	7.22	7.78	151.50	< 0.001	
	Sh 44	8.18	5.40	6.79	297.86	< 0.001	
	Sh 45	6.59	8.69	7.64	178.18	< 0.001	
	Sh 46	7.70	8.09	7.89	278.90	< 0.001	
	Sh 47	6.32	8.20	7.26	215.49	< 0.001	
	Sh 49	5.85	7.50	6.68	187.15	< 0.001	
	Sh 51	6.94	7.32	7.13	9.77	< 0.001	
Ancho de la cicatriz del pedicelo	Sp 30	1.63	1.37	1.50	82.90	< 0.001	
	Sn 18	1.52	1.88	1.70	51.66	< 0.001	
	Sh 1	2.73	3.09	2.91	649.10	< 0.001	
	Sh 3	1.77	2.63	2.20	542.59	< 0.001	
	Sh 7	2.22	2.78	2.50	30.53	< 0.001	
	Sh 26	3.07	2.74	2.91	184.78	< 0.001	
	Sh 31	2.49	2.26	2.37	87.40	< 0.001	
	Sh 38	2.84	2.98	2.91	70.95	< 0.001	
	Sh 44	2.05	2.51	2.28	75.29	< 0.001	
	Sh 46	2.05	2.36	2.20	153.63	< 0.001	
	Sh 47	2.33	3.01	2.67	113.83	< 0.001	
	Sh 49	2.03	2.65	2.34	585.96	< 0.001	
	Sh 51	1.75	2.28	2.02	300.82	< 0.001	
	Grosor de la piel del fruto	Sp 17	0.27	0.53	0.40	136.61	< 0.001
		Sp 30	0.25	0.52	0.38	426.44	< 0.001
		Sp 32	0.33	0.58	0.46	97.97	< 0.001
Sn 18		0.20	0.71	0.45	845.31	< 0.001	
Sh 1		1.21	1.11	1.16	50.07	< 0.001	
Sh 3		0.57	0.90	0.73	459.70	< 0.001	
Sh 7		0.66	0.69	0.68	2.14E+29	< 0.001	
Sh 26		0.83	0.75	0.79	35.83	< 0.001	
Sh 27		0.83	0.84	0.84	3.81	< 0.001	
Sh 38		0.86	1.03	0.95	199.27	< 0.001	
Sh 44		0.68	0.56	0.62	16.45	< 0.001	
Sh 46		1.15	1.31	1.23	346.82	< 0.001	
Sh 47		0.75	1.08	0.92	93.02	< 0.001	
Sh 49		0.53	0.85	0.69	489.22	< 0.001	
Sh 51		0.52	0.73	0.63	80.54	< 0.001	
Tamaño del corazón		Sp 32	0.31	0.26	0.29	7.30	< 0.001
	Sn 18	0.26	0.16	0.21	106.28	< 0.001	
	Sh 1	0.32	0.27	0.29	383.38	< 0.001	
	Sh 3	0.26	0.28	0.27	13.26	< 0.001	
	Sh 7	0.39	0.34	0.37	1.31E+30	< 0.001	
	Sh 26	0.65	0.37	0.51	2837.02	< 0.001	
	Sh 31	0.39	0.37	0.38	9.12	< 0.001	

	Sh 38	0.41	0.53	0.47	461.45	< 0.001
	Sh 45	0.48	0.39	0.43	11.29	< 0.001
	Sh 46	0.32	0.42	0.37	568.10	< 0.001
	Sh 47	0.64	0.41	0.53	139.19	< 0.001
	Sh 49	0.31	0.35	0.33	64.48	< 0.001
	Sh 51	0.55	0.27	0.41	858.38	< 0.001
Número de lóculos	Sh 3	1.67	2.00	1.83	368.97	< 0.001
	Sh 44	2.00	2.38	2.19	172.97	< 0.001
	Sh 49	2.00	2.07	2.03	10.13	< 0.001
Número de semillas por fruto	Sp 32	46.67	31.10	38.88	21.15	< 0.001
	Sh 1	55.00	36.10	45.55	133.11	< 0.001
	Sh 3	40.97	49.23	45.10	13.40	< 0.001
	Sh 24	32.00	50.67	41.33	47.84	< 0.001
	Sh 26	72.00	82.00	77.00	41.23	< 0.001
	Sh 33	66.00	82.00	74.00	58.92	< 0.001
	Sh 44	35.40	44.07	39.73	16.36	< 0.001
	Sh 45	90.00	73.20	81.60	44.85	< 0.001
	Sh 46	38.00	46.00	42.00	49.98	< 0.001
	Sh 47	87.00	79.30	83.15	7.16	< 0.001
	Sh 49	44.00	51.93	47.97	34.79	< 0.001
	Sh 51	53.00	43.80	48.40	50.41	< 0.001
	Número de frutos por planta	Sn 18	127.17	24.50	75.83	40.75
Sh 1		67.17	1.00	34.08	18.12	< 0.001
Sh 3		108.50	6.33	57.42	33.78	< 0.001
Sh 6		263.33	4.17	133.75	42.21	< 0.001
Sh 7		456.00	7.67	231.83	39.07	< 0.001
Sh 20		37.67	1.17	19.42	18.61	< 0.001
Sh 21		26.83	5.00	15.92	19.36	< 0.001
Sh 31		23.83	0.00	11.92	17.55	< 0.001
Sh 44		766.83	29.83	398.33	22.87	< 0.001
Sh 45		417.17	37.50	227.33	101.45	< 0.001
Sh 46		146.00	4.33	75.17	26.54	< 0.001

Fuente: Autor / Elaboración: Autor

Anexo 2. Frutos corte transversal y flores de los tomates silvestres

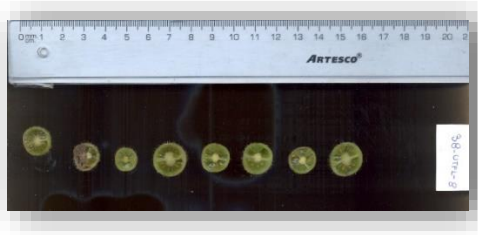
S. pimpinellifolium



S. pimpinellifolium



S. habrochaites



S. habrochaites



S. neorickii



S. neorickii



Fuente: Autor / Elaboración: Autor

Anexo 3. Tipo de infrutescencias y frutos de las especies de tomates silvestres

S. pimpinellifolium



S. habrochaites



S. neorickii



Fuente: Autor / Elaboración: Autor