



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

TÍTULO DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

Estrategias biológicas y producción en el grupo Lycopersicon

TRABAJO DE TITULACIÓN.

AUTOR: Patiño Malla, Vanessa Paola

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

LOJA-ECUADOR

2018



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>

2018

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Doctor.

Pablo Geovanny Acosta Quezada

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Estrategias biológicas y producción en el grupo Lycopersicon, realizado por Patiño Malla Vanessa Paola, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Junio del 2018

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo, Vanessa Paola Patiño Malla, declaro ser autor (a) del presente trabajo de titulación: Estrategias biológicas y producción en el grupo Lycopersicon, de la Titulación Gestión Ambiental, siendo Pablo Geovanny Acosta Quezada director (a) 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 en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f.....

Autor: Vanessa Paola Patiño Malla

Cédula: 1104609712

DEDICATORIA

Lo único que se interpone entre ti y tu sueño, es la voluntad de intentarlo y la creencia de que en realidad es posible.

Joel Brown

El proyecto de trabajo de fin de titulación, lo dedico a mis padres George Patiño y Julia Malla, porque gracias a ellos pude llegar a culminar con una etapa importante de mi vida. Gracias a sus esfuerzos, amor y a su apoyo incondicional que me han dado, por la paciencia que me han sabido tener pude llegar a cumplir uno de mis grandes sueños. También a mi hermana Andrea Patiño, ya que me ha ayudado mucho en todo este tiempo. A mis amigos que participaron en este proyecto así sea con palabras de ánimo para poder salir adelante.

A una persona que no se encuentra conmigo físicamente pero siempre va a estar en mi corazón, gracias a esos consejos y en especial a sus palabras por las que tomé un fuerte impulso para seguir adelante (Franklin Ramiro Díaz Tenezaca) conjuntamente con su familia. Así como también a mi mejor amiga Rosita Zhapa, gracias por todo.

Vanessa Paola Patiño Malla

AGRADECIMIENTO

Las palabras nunca alcanzan cuando lo que hay que decir desborda el alma; Agradecida por noches que se hicieron mañanas, amigos que se volvieron familia y por sueños que se hicieron realidad.

Julio Cortázar

En primer lugar, a Dios por a ver sido guía fundamental en todo el transcurso de mi preparación como profesional.

A cada uno de los que forman parte de mi familia, a mis padres por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

A mis abuelitos por su cariño y consejos que me ayudaron a seguir adelante a pesar de las dificultades que se nos presentan.

A mi director de tesis, Dr. Pablo Acosta, por la paciencia y por la ayuda incondicional que me ha brindado en el transcurso del desarrollo de la tesis; al Dr. Mario Ruiz por todas las enseñanzas impartidas en todo el tiempo que compartió con nosotros.

A mis compañeros Michelle y Carlos por la ayuda que me brindaron para poder culminar con el proyecto.

A mi amigo Joffre Tandazo y Luis Labanda, por estar siempre ahí en las buenas y mala ayudándome incondicionalmente.

A la universidad y docentes por ser parte de la formación profesional, la cual aplicare como profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE IMÁGENES	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS	5
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	6
1.1. Taxonomía y generalidades del grupo Lycopersicon	7
1.1.1. Taxonomía.....	7
1.1.2. Familia Solanaceae.....	7
1.1.3. Género Solanum.....	8
1.2. Características de las plantas de las especies del grupo Lycopersicon.....	11
1.3. Características de la planta con respecto al desarrollo y adaptabilidad incluyendo su utilidad en la agricultura.....	15
1.4. Sistemas de reproducción de las especies del grupo Lycopersicon.....	18
1.4.1. Tipos de reproducción en especies magnoliopsidas (angiospermas).	18
1.4.1.1. <i>Reproducción asexual.</i>	18
1.4.1.2. <i>Reproducción sexual.</i>	19
1.5. El polen en especies del grupo Lycopersicon.....	19
1.5.1. Morfología del polen, conservación del polen y polinización.....	19
1.5.1.1. <i>Morfología del polen.</i>	19
1.5.1.2. <i>Conservación del polen.</i>	20
1.5.1.3. <i>Polinización.</i>	21
CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
2.1. Material vegetal.....	23

2.2.	Localización del ensayo	24
2.2.1.	Condiciones de infraestructura y ambientales para el ensayo.....	25
2.3.	Ensayo	25
2.4.	Metodología para el primer objetivo: Construcción de palinoteca digital y exploración de la morfología del polen en especies del grupo Lycopersicon.....	26
2.5.	Metodología para el segundo objetivo: Autopolinización de las plantas de las accesiones del grupo Lycopersicon	27
2.5.1.	Autopolinización de las especies de Solanum.....	27
2.5.2.	Cruzamientos entre individuos de las tres especies de tomates silvestres (cruces interespecíficos).	27
2.6.	Análisis estadístico.....	27
2.6.1.	Análisis multivariado.	27
2.6.1.1.	<i>Análisis de Componentes Principales</i>	28
2.6.1.2.	<i>Agrupamiento Jerárquico</i>	28
2.6.2.	Índice de frecuencia.	28
2.6.3.	Fórmula de Chi ²	28
CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		29
3.1.	Resultados del primer objetivo: Construcción de palinoteca digital y exploración de la morfología del polen en especies del grupo Lycopersicon.	30
3.2.	Resultados del segundo objetivo: autopolinización y cruces de especies	43
CONCLUSIONES.....		51
RECOMENDACIONES.....		53
BIBLIOGRAFÍA.....		54
ANEXOS		65

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Descripción taxonómica del género <i>Solanum</i> según diferentes autores entre los años 1940 – 2000. (Muller 1940; Luckwii, 1943; Rick, 1979; Child, 1990; Peralta, Spooner y Knapp. 2000)	10
Figura 2. Clasificación del grupo Lycopersicon	11
Figura 3. Distribución de las especies de <i>Solanum en América del Sur</i>	11
Figura 4. Estructura de un grano de polen.....	20
Figura 5. Mapa general del lugar del ensayo (Provincia de Loja – Ciudad de Loja /UTPL).	25
Figura 6. Imágenes representativas de la morfología del grano de polen de: a) <i>S. habrochaites</i> , b) <i>S. neorickii</i> y c) <i>S. pimpinellifolium</i> . Se aprecia que los granos de <i>S. pimpinellifolium</i> poseen mayor tamaño que el resto de especies.	32
Figura 7. Dendrograma de la estructura del polen en especies del grupo Lycopersicon a partir de 12 accesiones pertenecientes a tres especies del género <i>Solanum</i> y según la evaluación de cuatro caracteres morfológicos. Descripción según el color del fruto <i>S. neorickii</i> , <i>S. habrochaites</i> y <i>S. pimpinellifolium</i>	33
Figura 8. Dendrograma 2. Dendrograma de la estructura del polen en especies del grupo Lycopersicon a partir de 12 accesiones pertenecientes a tres especies del género <i>Solanum</i> , según la evaluación de cuatro caracteres morfológicos y de acuerdo a las zonas de vida o sitios eco geográficos de donde provienen. Bosque seco montano bajo (bs-MB), Bosque humedo subtropical (bh-ST), Bosque humedo (bh-M), Bosque muy seco pre montano sub tropical (Md -T).	34
Figura 9. Distribución de cuatro caracteres de la morfología del grano de polen evaluados en 12 accesiones de especies del grupo Lycopersicon, según las Componentes Principales 1 y 2.....	35
Figura 10. Caracteres CP1 Y CP3 de la morfología del polen. Descripción de longitud, ancho, circunferencia y área del polen	36
Figura 11. Accesiones CP1 Y CP2, de la morfología del polen de las 12 accesiones de las especies del género <i>Solanum</i>	38
Figura 12. Accesiones CP1 Y CP3, de la morfología del polen de las 12 accesiones de las especies del género <i>Solanum</i>	38
Figura 13. Dendrograma de las accesiones de tomates silvestres de acuerdo a caracteres de la morfología y del polen. Según el color de los frutos que caracteriza a cada accesión.	39
Figura 14. Componentes principales CP1Y CP2. Relación entre la morfología de flor: C1 (Longitud de pétalos), C2 (longitud del sépalo), C3 (longitud de la saliente del estilo) y C4 (longitud del estambre); y del polen: C5 (longitud del polen), C6 (ancho del polen), C7 (circunferencia del polen) y C8 (área del polen)	40
Figura 15. Componentes principales CP1Y CP3. Relación entre la morfología de flor: C1 (Longitud de pétalos), C2 (longitud del sépalo), C3 (longitud de la saliente del estilo) y C4 (longitud del estambre); y del polen: C5 (longitud del polen), C6 (ancho del polen), C7 (circunferencia del polen) y C8 (área del polen).	41
Figura 16. Accesiones CP1 Y CP2. En la relación entre la morfología del polen con la morfología de la flor, según el color de sus frutos.	42
Figura 17. Accesiones CP1 Y CP3. En la relación entre la morfología del polen con la morfología de la flor, según el color de sus frutos.	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características morfológicas de las plantas de las especies del grupo <i>Lycopersicon</i> ; descripción de hábito, tallo, hojas, flores, frutos y semilla.	13
Tabla 2. Características de las plantas de las especies del grupo <i>Lycopersicon</i> con respecto al desarrollo y adaptabilidad, incluyendo su utilidad en la agricultura.	16
Tabla 3. Morfología del grano de polen, resultados de la medición en cuanto a su longitud, ancho, circunferencia y área en 12 accesiones de especies del género <i>Solanum</i> , grupo <i>Lycopersicon</i>	31
Tabla 4. Resultados de autopolinización de veinte accesiones de tomates silvestres del género <i>Solanum</i> (grupo <i>Lycopersicon</i>), incluyendo el índice de fecundación por planta y el índice de fecundación por flor.	47
Tabla 5. Resultados generales de la comparación de la autopolinización de las tres especies de <i>Solanum</i> estudiadas, de acuerdo al porcentaje de individuos auto fecundados manera efectiva.	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Materiales utilizados para el estudio de la morfología de la flor y del polen.	23
Cuadro 2. Número de plantas seleccionadas para la polinización.....	24
Cuadro 3. Descripción de cruces inter específicos entre pares de especies de tomates silvestres. Los casilleros que contienen el número cero representan los cruces en los que se ha realizado la polinización cruzada e inducida pero no se ha evidenciado la fecundación; mientras que los casilleros que constan con el número 1 se refieren a que se ha evidenciado la fecundación a través de la polinización cruzada e inducida. Casilleros en color verde equivalen al material emisor, casilleros en color amarillo equivalen al receptor.....	50

RESUMEN

Los tomates pertenecen al grupo *Lycopersicon* (Solanaceae), que contiene especies de interés alimenticio (*S. lycopersicum*) y parientes silvestres como *S. pimpinellifolium*, *S. habrochaites*, *S. neorickii*, que como toda especie silvestre cumplen un rol importante en la naturaleza y agricultura; si no se genera conocimiento no se asegura el éxito para su conservación y uso como potencial para la mejora genética de materiales cultivados. Considerando que Ecuador dispone de una interesante diversidad de tomates y que han sido poco estudiados, se realizó una caracterización morfológica del grano de polen y de la flor de las especies silvestres antes mencionadas, con el fin de disponer de una palinoteca digital que permita explorar la heterogeneidad del polen. Además, se realizó un estudio de pruebas de autopolinización entre accesiones de *S. habrochaites* y pruebas de hibridación entre materiales de *S. habrochaites* y *S. pimpinellifolium*, para conocer sus características reproductivas. Los resultados representan un perfil morfológico del grano de polen y de la flor de estas especies y su relación; encontrándose además que su tendencia a agruparse obedece al color del fruto, lo que estaría precisamente muy relacionado con caracteres del polen y flor, y que no hay una estructura clara de acuerdo a su origen geográfico. En cuanto a la autopolinización, *S. pimpinellifolium* y *S. habrochaites* tienen una alta posibilidad de reproducción, lo que les faculta a mejores condiciones de conservación in situ; *S. neorickii* fue la especie con menores posibilidades, siendo la presencia de un insecto (*Tuta absoluta*) lo que pudo haber afectado a la fecundación. Para el cruce entre especies se ha encontrado tan solo un cruce efectivo posible (*S. habrochaites* x *S. pimpinellifolium*), sugiriendo la presencia de especies simpátricas.

PALABRAS CLAVES: alogamia, autogamia, diversidad de polen y flor, grupo *Lycopersicon*, palinoteca.

ABSTRACT

The tomatoes belong to the Lycopersicon group (Solanaceae), which contains species of food interest (*S. lycopersicum*) and wild relatives such as *S. pimpinellifolium*, *S. habrochaites*, *S. neorickii*, which, like all wild species, play an important role in nature and farming; if knowledge is not generated, success is not assured for its conservation and use as a potential for the genetic improvement of cultivated materials. Considering that Ecuador has an interesting diversity of tomatoes and that they have been little studied, a morphological characterization of the pollen grain and the flower of the aforementioned wild species was carried out, in order to have a digital palinoteca that allows to explore the pollen heterogeneity. In addition, a self-pollination test study was conducted among *S. habrochaites* accessions and hybridization tests between *S. habrochaites* and *S. pimpinellifolium* materials, to know their reproductive characteristics. The results represent a morphological profile of the pollen grain and the flower of these species and their relationship; finding also that its tendency to group obeys to the color of the fruit, which would be precisely related to characters of pollen and flower, and that there is not clear structure according to its geographical origin. Regarding self-pollination, *S. pimpinellifolium* and *S. habrochaites* have a high possibility of reproduction, which enables them to better in situ conservation conditions; *S. neorickii* was the species with less possibilities, being the presence of an insect (*Tuta absoluta*) which could have affected fertilization. For crossing species, only one possible effective cross (*S. habrochaites* x *S. pimpinellifolium*) has been found, suggesting the presence of sympatric species.

Keywords: alogamy, autogamy, diversity of pollen and flower, group Lycopersicon, palinoteca.

INTRODUCCIÓN

El tomate pertenece al grupo *Lycopersicon*, dentro de la familia Solanaceae (con más de tres mil especies) y tiene un gran número de especies. El origen del grupo *Lycopersicon* se localiza en la región andina que se extiende desde el Sur de Colombia hasta el Norte de Chile y desde la costa del Pacífico (incluidas las islas Galápagos) hasta las estribaciones orientales de los Andes, comprendiendo los países de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile (Esquinas-Alcázar y Nuez 1995).

Miller desde 1754 consideró que el grupo taxonómico del tomate cultivado y sus parientes silvestres cumple con las características suficientes para formar el género *Lycopersicon* que es distinto al del género *Solanum*, pero en los últimos años con el uso de nuevas herramientas moleculares que se aplicaron en el campo de la taxonomía se ha revelado que los géneros *Solanum* y *Lycopersicon* no son tan distintos como se pensaba (Spooner et al., 1993).

Los resultados de diversos estudios generaron que el género *Lycopersicon* cambie de categoría taxonómica y a su vez pase de ser considerado como un género a ser la sección *Lycopersicon* dentro del género *Solanum*, clasificación que fue propuesta inicialmente por Linneo, quedando entonces el tomate cultivado y sus parientes silvestres incluidos en el género *Solanum* L., sección *Lycopersicon* (Peralta y Spooner, 2001).

El grupo *Lycopersicon* contiene especies silvestres que tienen una enorme diversidad genética que presentan atributos individuales de importancia potencial para el mejoramiento de las variedades cultivadas: *Solanum pimpinellifolium*, *S. habrochaites*, *S. lycopersicum* Var *ceraciformer.*, *S. neorickii*, *S. ochranthum* e incluso dos especies endémicas de las Islas Galápagos como son *S. galapagense* y *S. cheesmaniae* (Morales, 2014).

Se han realizado varios estudios en el género *Solanum* para poder determinar la diversidad de especies que se encuentran en el mismo, uno de los estudios fue realizado por el genetista Dr. Charles M. Rick de la Universidad de California, la cual observó que los cruces entre especies silvestres y cultivadas generaban nuevas variaciones genéticas en este género concluyendo así que la mejora genética desde especies silvestres por medio de cruces interespecíficos ha sido la clave para la diversidad de especies que se pueden encontrar dentro del género (Bai y Lindhout, 2007).

Teniendo en cuenta al tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y al igual que a su pariente más cercano que es *S. pimpinellifolium*, que constituye una de las principales especies usadas para la mejora genética, es la hortaliza de mayor importancia económica en todo el planeta y uno de los vegetales más consumidos en el mundo, ya que constituye aproximadamente el

30% del consumo de verduras de los países en desarrollo; esto representa el 65% de producción a nivel mundial (Nuez et al., 1999; Morales, 2014).

Por lo expuesto, considerando el importante rol que representan estas especies en la naturaleza y como potencial para la agricultura y la alimentación, es que a través del presente proyecto sea realizado el estudio denominado “Estrategias biológicas y producción en el grupo Lycopersicon”, a través del cual se ha se ha realizado una caracterización morfológica del grano de polen y de la flor de las plantas de las especies antes mencionadas con el fin de disponer de una palinoteca digital que permita explorar la heterogeneidad morfológica del polen; realizando además un estudio de pruebas de autopolinización e hibridación con el fin de conocer sus características reproductivas.

OBJETIVOS

Objetivo General

Conocer las estrategias biológicas y de producción que caracterizan a especies representativas del grupo Lycopersicon, a través de la generación de una palinoteca digital y de la evaluación reproductiva

Objetivos específicos

- Construir una palinoteca que permita conservar y explorar la heterogeneidad morfológica del polen de especies del género *Solanum*.
- Evaluar el potencial de auto-compatibilidad y auto-incompatibilidad inter- e intra-específica del grupo taxonómico Lycopersicon.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1. Taxonomía y generalidades del grupo *Lycopersicon*

1.1.1. Taxonomía.

Las especies de este grupo, anteriormente consideradas en el ex género *Lycopersicum*, se clasifican taxonómicamente según Knapp et al., (2004) de la siguiente forma:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Subfamilia:	Solanoideae
Género:	<i>Solanum</i>

1.1.2. Familia Solanaceae.

La familia Solanaceae integra alrededor de 92 géneros con 3000 especies, representada en las regiones tropicales y templadas; la mayor concentración de las especies se encuentra en Australia, América Central y especialmente en América del Sur donde puede estar su origen (Knapp y Peralta, 2016). Según la clasificación de Hunziker (2001), muchas de las especies se cultivan como alimenticias, otras por su riqueza en alcaloides esteroídicos que se las utiliza con fines medicinales y también algunas se cultivan como plantas ornamentales.

Las solanáceas representan una familia de gran importancia económica como el caso de especies de interés industrial como es el tabaco (*Nicotiana tabacum*), así como de especies alimenticias como el tomate (*Solanum betaceum* Cav.), la papa (*Solanum tuberosum*), el pimiento (*Capsicum annuum*), entre otras especies; también se cultivan con fines ornamentales como la petunia (*Petunia hybrida*) y además son utilizadas en la industria farmacéutica por su alto contenido en alcaloides como el estramonio (*Datura stramonium*) (Samuels, 2012). Dentro de este género se ubican los tomates silvestres que están muy emparentados con el tomate cultivado *S. lycopersicum*

Las plantas de la familia Solanaceae se caracterizan por ser hierbas anuales o perennes, arbustos o pequeños árboles, inermes o espinosos; sus tallos de sección circular y foliosos. Sus hojas simples y con menos frecuencia compuestas, alternas, esparcidas, solitarias; a veces geminadas, fasciculadas y rara vez verticiladas, pecioladas sin estípula. Inflorescencia cimosa, terminal, axilar o extra axilar, reducida a una sola flor. Flores actinomorfas, a veces zigomorfas, pentámeras, diclamídeas, hipóginas, bracteadas. Cáliz gamosépalo, con cinco a seis sépalos, persistente y con frecuencia acrecenté, hermafroditas, rara vez funcionalmente

unisexuales. Corola gamopétala, con cinco a ocho pétalos, rotácea, estrellada, campanulada. El androceo suele ser haplostémono con cinco a ocho estambres soldados al tubo de la corola, alternipétalos, exertos o incluidos, con anteras en general ditecas y tetrasporangiadas, libres, conniventes o rara vez soldadas; mientras que el gineceo con tres a cinco carpelos, orientado oblicuamente con respecto al plano medio de la flor, sincárpico; ovario súpero con dos lóculos y con placentación axial, su estilo es simple y el estigma entero o bilobado. Fruto en baya o capsula, con semillas generalmente numerosas que se caracterizan por un embrión recto, curvado, o circinado; con endosperma por excepción con eleosoma. (knapp y Peralta, 2016).

1.1.3. Género *Solanum*.

Las especies del género *Solanum* se han originado principalmente en su mayoría en la región andina (Sudamérica), existiendo centros secundarios de diversidad y endemismo en regiones de Norteamérica, Centroamérica, Caribe, el este brasileño, y también en Australia, África y Asia (Hijmans y Spooner, 2001; Spooner y Hetterscheid, 2005). Existe un gran número de especies de *Solanum* en todo el mundo, el género cuenta con 1400 especies aproximadamente. Es uno de los géneros más grandes y más diversos de la familia (Poczai y Hyvönen, 2011), su mayor concentración está en el trópico y subtropico. Su adaptación a diversos hábitats juega un papel muy importante en la evolución y diversidad del tomate; esta diversidad se la puede clasificar, según su forma de reproducción y compatibilidad, como alógamas auto incompatibles, alógamas facultativas y auto compatibles y, como autógamas (Peralta y Spooner, 2001).

Solanum tiene una gran importancia económica, alimenticia, ambiental, medicinal, etc.; en la parte económica como es el caso de la papa y el tomate originarios de Sudamérica, y la berenjena proveniente de la India (Bohs, 1989; knapp, 2007) se ha convertido en un tema de estudio intensivo de genómica, en la que se espera que la taxonomía, filogenia y genómica de este género contribuya al bienestar humano a través de la mejora de plantas no solo de dicho género sino de la familia en general (Fernández- Pozo et al., 2014)

Existen otras especies de *Solanum* de gran importancia especialmente alimenticia y que son de interés regional, pero con buenas expectativas como especies promisorias, por ejemplo, el tomate de árbol (*S. betaceum Cav.*), la naranjilla (*S. quitoense L.*) y el pepino dulce (*S. muricatum Aiton*) (Bohs, 1989-1995).

Con respecto a la morfología el género *Solanum* sus plantas por lo regular son muy variadas siendo de tipo herbáceas, arbustos, árboles e incluso lianas, algunos tomates salvajes tienden a comportarse como plantas anuales, esto se debe a la helada o la sequía que mata las plantas después del primer período de producción (Müller, 1940). La vida útil de la planta está

estrechamente relacionada con la capacidad para desarrollar su crecimiento secundario en raíces y tallos básicos (Peralta et al., 2008).

Según Hawkes et al., (1979); Bohs, (1995); León, (2000); Knapp, (2002); Spooner y Salas, (2006), las características principales de este género son:

- Tallo: aéreo, posee dos tipos de tallos subterráneos: 1) rizomas, que son brotes laterales originados en la región basal del tallo aéreo y crecen horizontalmente bajo la superficie del suelo; y 2) tubérculos que son el resultado de su engrosamiento en el extremo distal.
- Hojas: suelen ser alternas (raramente geminadas); carecen de estípulas, y son pecioladas, simples o compuestas.
- Flores: hermafroditas, actinomorfas o zigomorfas; con cáliz acampanulado y corola rotada, campanulada, estrellada; el color de la corola puede ser blanco, verde, amarillo, rosado, o púrpura. El androceo tiene igual número de estambres que se encuentra fusionados a la corola por sus filamentos, con anteras largas y de color amarillo, cada antera posee una extensión apical y generalmente están fusionadas; el polen es bi-nucleado. La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del córtex.
- Frutos y semillas: El fruto es una baya comúnmente carnosa y en ciertos casos seca, globosa, a veces ovoide o elipsoide, con muchas semillas chatas y de forma aplanada y rodeadas de una sustancia mucilaginoso; el embrión es curvo y el endospermo abundante.

Además, este género comprende especies silvestres de importancia ambiental como también para la agricultura como es el caso de las especies que conforman el grupo taxonómico *Lycopersicon*; A lo largo de los años varios autores han descrito y modificado la nomenclatura de este grupo, como se muestra en la Figura 1, y a través de la cual se puede definir que especies especialmente como *S. neorickii*, *S. lycopersicum*, *S. pimpinellifolium* y *S. habrochaites* siempre han conformado este complejo taxonómico a través del tiempo, desde luego considerando los cambios de nombre como es el género que anteriormente se denominó como *Lycopersicum* y en ciertos casos de la especie como es el cambio de *habrochaites* por *hirsutum*.

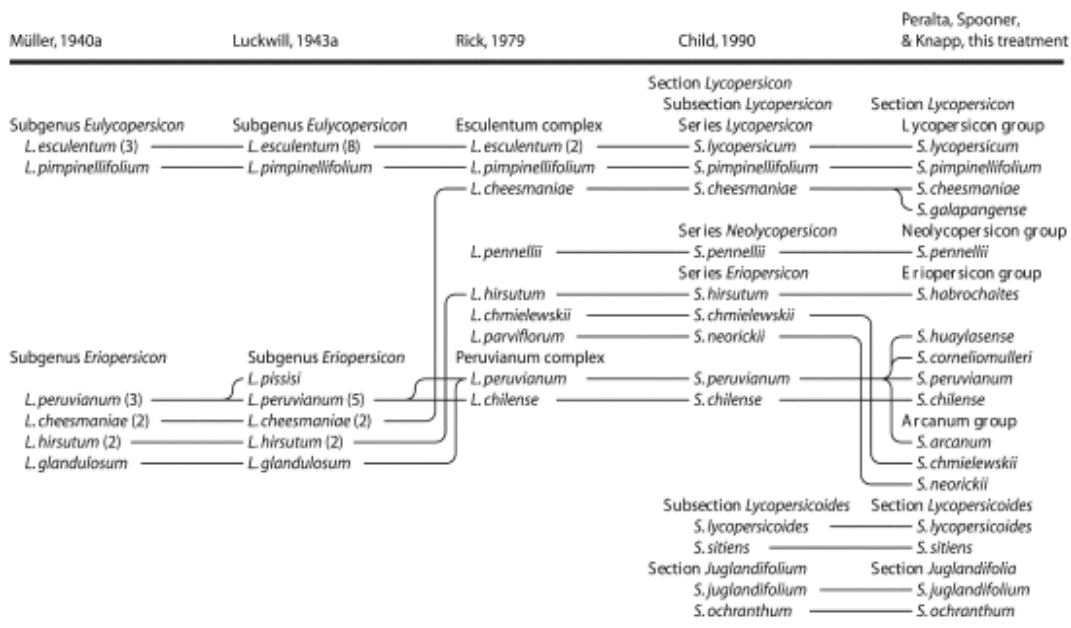


Figura 1. Descripción taxonómica del género *Solanum* según diferentes autores entre los años 1940 – 2000. (Muller 1940; Luckwii, 1943; Rick, 1979; Child, 1990; Peralta, Spooner y Knapp. 2000)

Fuente: Peralta et al., (2008)

Elaboración: Peralta et al., (2008)

En la actualidad el grupo Lycopersicon se compone de un total de 13 especies, 12 de ellas son silvestres y una es cultivada Peralta et al., (2008); estas son:

- Especies Silvestres: *S. pimpinellifolium*, *S. galapagense*, *S. cheesmaniae*, *S. neorickii*, *S. chmielewskii*, *S. arcanum*, *S. huaylasense*, *S. peruvianum*, *S. corneliomulleri*, *S. chilense*, *S. habrochaites* y *S. pennellii*.
- Especie cultivada: *S. lycopersicum*.

A través de la Figura 2 (generada por Bedinger, quien, a su vez basada en Peralta et al., (2008) y Bedinger et al., (2011); se observa que de las 12 especies silvestres tres son de fruto rojo cuando está maduro y son comestibles, estas son: *S. pimpinellifolium*, *S. galapagense*, *S. cheesmaniae*. El resto de las especies se caracteriza por tener frutos de color verde y no son comestibles. De todo este grupo, seis especies se encuentran distribuidas en Ecuador (marcadas en recuadro en la Figura. 2), estas son: *S. lycopersicum*, *S. pimpinellifolium*, *S. neorickii*, *S. habrochaites*, *S. galapagense* y *S. cheesmaniae*, estas dos últimas son endémicas de las Islas Galápagos. Pero en general, el origen y la distribución más amplia de estas especies se sitúa en las regiones a lo largo de las estribaciones de la cordillera de los Andes, como son Colombia, Ecuador (incluidas las Islas Galápagos), Perú, Bolivia y Chile (Darwin et al., 2003).

Tomate: Género *Solanum* sección *Lycopersicon*

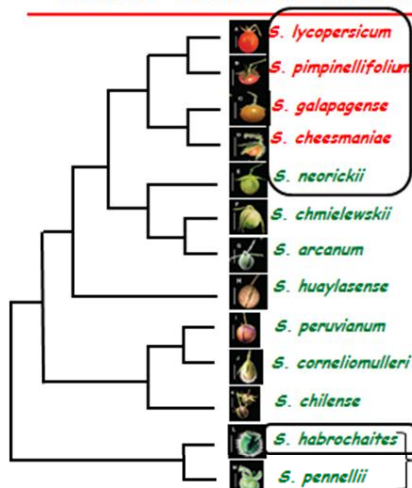


Figura 2. Clasificación del grupo *Lycopersicon*

Fuente: Bedinger et al., (2011) y Peralta et al., (2008)

Elaboración: Bedinger et al., (2011) y Peralta et al., (2008)

La distribución a nivel de Sudamérica de las especies de la sección *Lycopersicon* se puede apreciar a través de la Figura 3 en la que se observa que Ecuador es un importante centro de diversidad especialmente para *S. pimpinellifolium*, *S. habrochaites* y de las especies endémicas de las Galápagos *S. cheesmaniae* y *S. galapagense*.

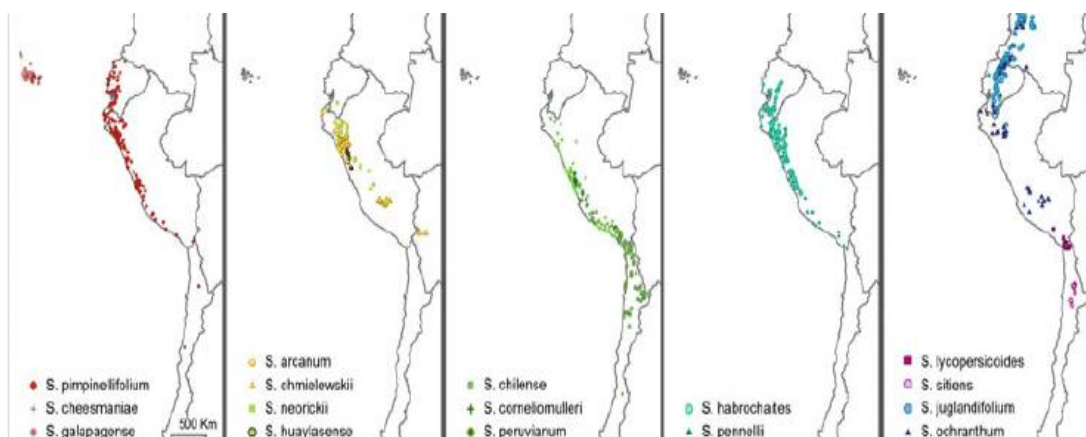


Figura 3. Distribución de las especies de *Solanum* en América del Sur

Fuente: Knapp y Peralta (2016).

Elaboración: Knapp y Peralta (2016).

1.2. Características de las plantas de las especies del grupo *Lycopersicon*

Según Peralta et al., (2005), las plantas de las especies de *Lycopersicon* constituyen un clado monofilético que agrupa al tomate cultivado, *Solanum lycopersicum*, y a las especies espontáneas estrechamente relacionados con él, las cuales se conocen comúnmente como tomates silvestres; por lo que éstas especies son importante para el mejoramiento genético del tomate cultivado ya que poseen una gran cantidad de genes para resistencia a factores bióticos (plagas y enfermedades) y abióticos (estrés hídrico y salino, por ejemplo) adversos, así como también caracteres de calidad para el fruto (Rivas et al., 2012).

Son plantas herbáceas, a pesar de que pueden presentar crecimiento secundario; las especies poseen el tallo erecto, pero poco a poco las plantas se postran llegando al suelo debido al gran peso de sus ramas. *Solanum lycopersicum*, *S. habrochaites*, *S. chilense* y algunas razas de *S. peruvianum* son robustas y pueden mantener el hábito de crecimiento erecto durante más tiempo hasta que alcanzan los 80-100 cm de altura. La pubescencia en *S. habrochaites* y *S. pennellii*, es particularmente abundante a diferencia del resto; la forma y el tamaño de las hojas, de la flor y el color del fruto, son muy diferentes entre las distintas especies de tomates silvestres (Peralta y Spooner, 2001). La Tabla 1 muestra según Peralta et al., (2008) la morfología de las plantas del grupo Lycopersicon, específicamente de las especies evaluadas en este trabajo (*S. habrochaites*, *S. neorickii* y *S. pimpinellifolium*) y de la especie cultivada *S. lycopersicum*. El Anexo 1 contiene información adicional con respecto al resto de especies que integran dicho grupo taxonómico.

Tabla 1. Características morfológicas de las plantas de las especies del grupo *Lycopersicon*; descripción de hábito, tallo, hojas, flores, frutos y semilla.

ESPECIE	HABITO	TALLO	HOJA	INFLORENCIA	FLOR	FRUTO	SEMILLA	
<i>S. lycopersicum</i>	hierba erecta de base leñosa	verde brillante a verde púrpura, escasa a densamente pubescente	imparipinnadas o pinnadas asimétricas	de 7-15 cm de largo, 2-3 veces ramificadas, con 30-50 flores; Pedúnculo pubescente.	actinomorfas, pequeño usualmente glabrescentes; pubescentes.; amarilla brillante, pentagonal o alternada.	cáliz pentámero, a gran diversidad de formas corola brillante,	bayas redondeadas, abundantes y de intenso color rojo o amarillo; con gran diversidad de formas	son ovaladas, denticuladas, aladas alrededor del borde
<i>S. pimpinellifolium</i>	hierba erecta o trepadora de hasta 40 cm de altura	de color verde, esparcidos, de 8 a 11 mm de diámetro en la base, con entrenudos de 2 a 8 cm.	verde claro, imparipinadas, 5-8 cm de largo y ancho, foliolos 2-4 pares, el margen es entero	Inflorescencia 4-25 cm de largo, 7-30 flores.	pequeñas y amarillas, poseen entre 7 a 30 flores, pentámeras, con el cáliz tubular de 0,5 a 1 cm, sépalos lanceolados, corola de 1 a 3 cm casi estrellada, amarillo pálido a amarillo brillante	de color rojo anaranjado, redondos con dos lóculos, de 1cm de diámetro, posee muchas semillas pequeñas de color crema.	obovadas de 2,2 por 1,2 mm, estrechamente aladas en el ápice y agudas en la base, color castaño pálido	
<i>S. habrochaites</i>	arbustos o enredaderas perennes de hasta 6 m de longitud	de 0,2 a 0,5 cm de diámetro, escasa a densamente pubescente	son imparipinadas, presentan tres hojas de 7 a 30 cm, con 3 a 5 pares de foliolos, margen aserrado.	de 10-30 cm de largo, ramificadas, con 20-30 flores, pubescente.	son hermafroditas, actinomorfas y pentámeras, de color amarillo intenso, con corolas divididas de 2 a 4 cm de diámetro.	de 1 a 1,5 cm de diámetro, el tubo del cáliz de 1-1,5 mm de largo, de color verde pálido con rayas oscuras o pubescentes.	son ovaladas de 2 a 3 mm de longitud y de color marrón oscuro, cubierta lisa	

ESPECIE	HABITO	TALLO	HOJA	INFLORECIENCIA	FLOR	FRUTO	SEMILLA
<i>S. neorickii</i>	hierba rastrera, perenne, un poco leñosa en la base, que alcanza hasta 2 m de longitud.	de 2 a 2,5 cm de diámetro, sólido, verde oscuro, con un aterciopelado suave pubescente.	imparipinnadas, de color verde oscuro a verde pálido, de forma casi elíptica, base aguda a truncada, ápice agudo a acuminado, pecíolo de 0,5 a 1,5 cm.	simples de 5 a 14 cm, con 5 a 10 flores, algunas con 1 a 2 brácteas, pedúnculo de 1 a 4 cm, pedicelos de 0,6 a 1 cm.	con el cáliz tubular de aproximadamente 1mm, los lóbulos de 0.25-0.3 cm de largo, 0.1-0.15 cm de ancho, sépalos lanceolados, pubescentes, corola de 1cm de diámetro, pentagonal, amarillo intenso, pétalos de 0,3cm, pistilo inserto o exerto; son pentámeras	de 1 a 1,1 cm de diámetro, globosos, con dos lóculos, color verde con una franja verde oscura desde el ápice hasta la base en su estado inmaduro, luego esparcidos con pubescencias suaves aterciopeladas blancas y glabros en su madurez.	de 1,7 por 1,0 mm, obovadas, castaño pálido, pubescentes de apariencia sedosa, estrechamente aladas en el ápice y agudas en la base

Fuente: El autor.

Elaboración: El autor

1.3. Características de la planta con respecto al desarrollo y adaptabilidad incluyendo su utilidad en la agricultura.

Las especies silvestres de tomate poseen atributos individuales de importancia potencial para el mejoramiento de las variedades; por lo que son muy utilizadas para el mejoramiento genético de las variedades cultivadas (Morales et al., 2016). Especies como *S. cheesmaniae* y *S. pimpinellifolium* presentan frutos de alta calidad nutricional, aunque de manera significativa con menor tamaño y peso que el tomate cultivado, pero con muchos frutos por racimo (Rodríguez et al., 2009). Especies como *Solanum galapagense* han mostrado ser útiles por su resistencia a salinidad (Nuez et al., 2004), mientras que *S. chilense* ha mostrado ser muy resistente al estrés hídrico adaptándose a medios muy xerofíticos con una pluviometría de 1mm anual en el desierto de Atacama en Chile (Stamova y Chetelat, 2000); por lo que esto demuestra su importancia para la agricultura y alimentación.

El tomate es de gran importancia económica (Grandillo et al., 2011), con una superficie cultivada de casi 5 millones de hectáreas a nivel mundial, donde el 65% del tomate producido en el mundo se consume en los países en desarrollo (Simbaqueba et al., 2011), proporcionando una fuente importante de minerales como el potasio y el magnesio, y sobre todo de sustancias con actividad antioxidante, vitaminas, pigmentos y compuestos fenólicos (Morales, 2014). Considerando la importancia que tiene esta especie con respecto a la alimentación y en la economía mundial, la disponibilidad de la diversidad de especies de tomates silvestres emparentados a la especie cultivada es de alta relevancia para la mejora continua de su cultivo.

La Tabla 2 indica las características de desarrollo y adaptabilidad, así como también de la utilidad en la agricultura, de las especies del grupo *Lycopersicon*. El Anexo 2 contiene información del resto de especies que integran dicho grupo taxonómico.

Tabla 2. Características de las plantas de las especies del grupo Lycopersicon con respecto al desarrollo y adaptabilidad, incluyendo su utilidad en la agricultura.

ESPECIE	DESARROLLO Y ADAPTABILIDAD	UTILIDAD EN LA AGRICULTURA
S. <i>lycopersicum</i>	<p>Se distribuye entre los 7 y 2000 msnm, con precipitaciones anuales entre 495 y 1591 mm y temperaturas medias anuales entre 15,8 y 28,1 °C (Rodríguez et al., 2009). El tomate es más dependiente de humedad que sus parientes salvajes y también lo podemos encontrar en hábitats desequilibrados en todo el mundo, de los trópicos a la zona templada (Peralta et al., 2008).</p>	<p>Especie que ha sido utilizada como modelo en estudios de evolución y desarrollo de caracteres del fruto en particular (Lippman y Tanksley 2001; Van der Knaap et al., 2008; Seymour et al., 2013).</p> <p>Según Lesur (2006) es la segunda hortaliza más cultivada en el mundo, su consumo va en aumento al igual que los productos procesados que lo contienen y sólo la papa lo supera. Las especies silvestres de tomate son una importante fuente de variabilidad genética el mejoramiento del cultivo, de lo cual los frutos de algunas de sus especies (<i>S. pimpinellifolium</i>, <i>S. galapagense</i>) son de alta calidad nutritiva, aunque con menor tamaño y peso que el tomate cultivado; debido a esta gran importancia que presentan han puesto en marcha varios proyectos de investigación en Mejoramiento de tomate.</p>
S. <i>pimpinellifolium</i>	<p>Se encuentra desde los 0 hasta los 500 msnm. distribuyen normalmente en el cauce de ríos, al margen de campos de cultivos, también se la puede encontrar en hábitats costeros donde existe humedad estacional de las cuevas más altas Andinas (Caicedo y Schaal, 2004). Esta especie está estrechamente relacionada con <i>S. lycopersicum</i> y la producción de híbridos es espontánea (Peralta et al., 2006).</p> <p>Esta especie presenta flores y frutos durante todo el año debido a la humedad y se caracteriza porque crece en lugares húmedos y en los bordes de los campos cultivados.</p>	<p>Es de gran importancia por sus diferentes caracteres agronómicos como la resistencia a enfermedades y otros (Rosas et al., 2010)</p> <p>Según estudios realizados por Fernández-Muñoz et al., (2003) observaron que esta especie era prácticamente inmune al ataque de una devastadora plaga de araña roja; dado que es el pariente silvestre más próximo a <i>S. lycopersicum</i> y podría presentar claras ventajas como donante de resistencia genética a plagas.</p> <p>En el corto plazo se ve amenazada por el reemplazo de los terrenos silvestres a uso agrícola y por el fuerte sobrepastoreo de caprinos en el mismo hábitat de esta especie (sectores húmedos de quebradas entre los 0-500 m.s.n.m.) (Squeo et al., 2008).</p>

ESPECIE	DESARROLLO Y ADAPTABILIDAD	UTILIDAD EN LA AGRICULTURA
S. <i>habrochaites</i>	<p>Es la única especie de este grupo que se encuentra en los hábitats de bosque nublados en altitudes de 3600 m, pero, también se encuentra en las zonas costeras y en los bosques secos de la vertiente occidental de los Andes. Prefiere hábitats húmedos como los bordes de ríos o riachuelos. Su distribución va desde el centro del Perú hasta el centro de Ecuador; son arbustos o enredaderas perennes de hasta 6 m de longitud; es robusta y puede mantener el hábito erguido hasta que ellos alcancen 80-100 cm de altura o más (Peralta et al., 2008). Por lo general las plantas son auto compatibles, aunque con una baja frecuencia se han encontrado poblaciones con individuos auto incompatibles (Rick et al., 1979; Rick y Chetelat 1991), Se ha encontrado en esta especie tolerancia al frío y a las heladas (Paterson et al., 1987), así como caracteres de interés en la mejora de la calidad, como un elevado contenido en azúcares y ácidos orgánicos (Bucheli, 1999).</p>	<p>es de gran importancia en la mejora genética vegetal ya que presenta resistencias a plagas de gran importancia en el cultivo del tomate como son, entre otras: <i>Tuta absoluta</i> (Leite et al., 2001), <i>Heliothis Zea</i> (Dimock, 1983), <i>Plusia chalcites</i>, <i>Heliothis armígera</i>, <i>Trialeurodes vaporarium</i> (Juvik, 1982),</p> <p>Otros compuestos asociados con la resistencia a insectos son los <i>sesquiterpenos</i> (Zhang, 2008). Las hojas de <i>S. habrochaites</i> f. <i>glabratum</i> contienen zingibereno, un sesquiterpeno asociado a una resistencia temporal al escarabajo de la patata de Colorado (Carter et al., 1989); presenta resistencias a diversas enfermedades causadas por hongos como <i>Phytophthora infestans</i> y <i>Alternaria solani</i> (Foolad et al., 2008), a bacteriosis como <i>Corynebacterium michiganense</i> y <i>Pseudomonas tomato</i> (Kalloo, 1991).</p>
S. <i>neorickii</i>	<p>Se encuentra específicamente en el sur del Perú (Departamento de Apurímac) y el sur del Ecuador (Provincia de Azuay), en los valles secos interandinos, desde los 1.950 hasta los 2.600 msnm. Es frecuente hallarla en las orillas rocosas y en los bordes de las carreteras (Peralta et al., 2006).</p>	

Fuente: Autor
Elaboración: Autor

1.4. Sistemas de reproducción de las especies del grupo Lycopersicon

1.4.1. Tipos de reproducción en especies magnoliopsidas (angiospermas).

Todas las plantas tienen diferentes tipos reproductivos que son necesarios para mantener la idoneidad de la especie y poder persistir a lo largo del tiempo. Los sistemas de reproducción de las plantas han ido evolucionados dependiendo de las características de cada especie y del comportamiento poblacional de la misma, que son influenciados directamente por características medioambientales; existen dos tipos de reproducción: asexual y sexual. La mayor parte de especies vegetales expuestas a condiciones cambiantes presentan un tipo de reproducción sexual para poder garantizar un intercambio genético entre individuos con variables genéticas; mientras que en los ambientes homogéneos y estables tienen una reproducción asexual que ésta llega a garantizar la persistencia del pool genético de la especie parental que ya se encuentra adaptada a las condiciones poco variables, precisamente estas especies utilizan éste tipo de reproducción para aumentar la densidad poblacional o colonizar sitios cercanos (Grisales, 2017).

1.4.1.1. *Reproducción asexual.*

La reproducción de las plantas de tipo asexual es considerada como un mecanismo reproductivo que tiene la finalidad de colonizar ambientes a partir de un pool genético adaptado a las características intrínsecas de dichos ambientes, este proceso se lo obtiene de un individuo a partir de varias divisiones mitóticas de una célula parental; los organismos que presentan predominantemente de manera natural dicho tipo de reproducción son las plantas no vasculares como los líquenes y briofitos (Grisales, 2017). Los métodos naturales de la reproducción son la apomixis, la formación de mitosporas y la formación de propágulos; a continuación, se explica cada uno de estos según lo expuesto por Grisales (2017).

- **Apomixis:** Este método consiste en la formación de semillas sin incluir la fecundación, el óvulo desarrolla una semilla sin proceso meiótico que posee el mismo pool genético de la planta parental; estas semillas se dispersarán y colonizarán ambientes adyacentes a los de la planta parental.
- **Mitosporas:** *Son esporas, se forman comúnmente en estructuras especializadas (esporangios), se producen por mitosis de una célula madre que son dispersadas generalmente por el aire*
- **Propágulos:** Es parte o estructura de un organismo (planta) o porciones de tejido u órganos que albergan nutrientes necesarios para el desarrollo de un nuevo individuo, con la capacidad de formar un individuo idéntico al parental.

1.4.1.2. Reproducción sexual.

Esta reproducción es el método predominante en la mayoría de las plantas, requiere de la unión de dos gametos (masculino y femenino) provenientes de diferentes individuos, que pueden poseer características genéticas variables o pueden ocurrir a partir de gametos del mismo individuo; la dependencia de uno o dos individuos está determinado por el tipo de planta, ya sea, monoica o dioica. (Frankel y Galun, 2012). Existen dos tipos de reproducción sexual que son la autogamia y la alogamia, dichos sistemas son expuestos a continuación de acuerdo a lo mencionado por (Frankel y Galun, 2012).

- *Autogamia*: Este tipo de reproducción se da en el mismo individuo y se considera que tiene una finalidad ecológica similar a la de la reproducción asexual, donde los individuos generados son idénticos al parental, la finalidad de esta reproducción es conservar las características genéticas que permiten mantenerse en un ambiente constante, en el cual ya se han adquirido adaptaciones pertinentes para la supervivencia.
- *Alogamia*: Es el mecanismo que aporta una mayor variabilidad genética a la especie, es el intercambio gamético por polinización cruzada entre dos individuos con características genéticas diferentes. El mecanismo de polinización cruzada es el más común en la reproducción de las plantas de tipo sexual; la polinización cruzada se basa en la transferencia del polen presente en el estambre de una flor que será captado por el estigma de la flor de otro individuo; así mismo, la polinización cruzada se puede dar por medio de animales que trasladan el polen, por medio del aire o por medio del agua. La alogamia, es favorecida en algunas plantas por una morfogénesis característica llamada hercogamia, en la cual, se presenta una disposición espacial diferente de las anteras y los estigmas que impide la autofecundación o autogamia.

1.5. El polen en especies del grupo Lycopersicon

1.5.1. Morfología del polen, conservación del polen y polinización.

1.5.1.1. Morfología del polen.

En el grupo Lycopersicon los granos de polen presentan generalmente una simetría radial, isopolar, prolato esferoidal, o sub prolato. La abertura es a menudo tri-colporada, la sexina es igual de gruesa que la nexina y la superficie del tectum presenta irregularidades o verrugas. Generalmente, se han reportado variaciones en los tipos de aperturas y la superficie del tectum (Perveen y Qaiser, 2007). Los granos de polen poseen tres capas: ectoexina, exina e intina; las que engloban a las células germinativas; para la protección de todo este contenido

es la presencia de una pared muy resistente, también llamada esporodermis la que contiene proteínas y enzimas, responsables de las reacciones de incompatibilidad entre el polen y el estigma (Punt et al., 2007) (Figura 4).

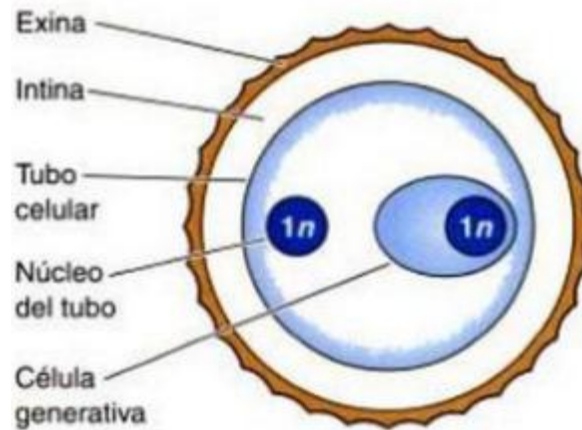


Figura 4. Estructura de un grano de polen
Fuente: Punt et al., (2007).
Elaboración: Punt et al., (2007)

Según Belmonte y Roure, (s.f.) el polen se compone de células sexuales masculinas de las plantas con flores, que se forman en el interior de los estambres; una de sus funciones biológicas es la de alcanzar la parte femenina de la flor de su misma especie para su fecundación; en plantas autógamias el polen llega a realizar su función en la misma flor, mientras que en las especies de plantas alógamas el polen sólo alcanza una ovocélula de otra planta de su misma especie

1.5.1.2. **Conservación del polen.**

Para una mejor conservación del polen ésta se la realiza por grupos de especies de interés hortícola y frutícola (Volk, 2011; Yates, 1991), ya que se ralentiza el metabolismo y se prolonga la viabilidad a su vez disminuyendo la temperatura y la humedad relativa (Shivanna y Johri, 1985), lo que permite llevar a cabo programas de polinización artificial en muchas especies.

Existen varias formas para conservar el polen, como por ejemplo colocando a una temperatura entre 0 y 4 °C que es a corto plazo (durante horas o días) (Lora et al., 2006; Holcroft y Allan, 1994), pero teniendo en cuenta que estas temperaturas no permiten el mantenimiento de la viabilidad durante largos periodos de tiempo (Luza y Polito, 1985; Van der Walt y Littlejohn, 1996). Otra de las formas de conservación de polen es en solventes orgánicos como el glicerol o la acetona (Shivanna y Johri, 1985).

1.5.1.3. Polinización.

La polinización comienza con la adhesión del polen al estigma (Wheeler et al., 2001), para que ésta sea exitosa se requiere de polen viable y de estigma receptivo; para el estudio de estos aspectos dichos autores indican que se puede realizar de forma directa o indirecta. La forma directa es la más común ya que su polinización es controlada en diferentes estados del desarrollo floral y el estudio de la germinación de los granos de polen in vivo, es decir, sobre el estigma (Shivanna y Rangaswamy, 1992); y la forma indirecta es en cambio la prueba de peróxido de hidrógeno (Galen y Plowright, 1987) para detectar la receptividad del estigma y el uso de tinciones específicas para determinar la viabilidad de polen (Greissl, 1989; Alexandre, 1969). El polen es transmitido principalmente por el viento y a través de los insectos (principalmente abejas y mariposas, en la mayoría de plantas con flor), así mismo se puede transmitir a través del agua y de animales vertebrados; la polinización puede ocurrir tanto dentro de la misma flor, como entre varias flores, sean o no del mismo grupo de plantas.

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material vegetal

El material estudiado se basa en una colección de 20 accesiones de tres especies de tomates silvestres del grupo *Lycopersicon* (*S. pimpinellifolium*, *S. habrochaites* y *S. neorickii*) y que a su vez sus semillas han sido colectadas previamente en diferentes provincias del país (Cuadro 1) y se conservan en el banco de germoplasma de la UTPL. Estos materiales y el presente estudio poseen permisos emitidos por el Ministerio del Ambiente del Ecuador. 001EPR-DPAM-MAE Y MAE-DNB-CM-2015-0016.

El material estudiado proviene de cuatro provincias de Ecuador, una de ellas ubicada en la región costanera (Manabí) y el resto en la región sierra (Loja, Azuay y Chimborazo); considerando que en la sierra existen valles interandinos de donde también proviene cierto material. El Cuadro 1 muestra información sobre los materiales estudiados para el estudio del polen y flor; mientras que el Cuadro 2, indica la información de las accesiones utilizadas para el estudio de polinización.

Cuadro 1. Materiales utilizados para el estudio de la morfología de la flor y del polen.

ACCESIÓN	ESPECIE	LUGAR DE COLECTA	
		PROVINCIA	CANTÓN
A-16	<i>S. habrochaites</i>	Azuay	Girón
A-3	<i>S. habrochaites</i>	Loja	Loja
A-43	<i>S. habrochaites</i>	Loja	Loja
A-51	<i>S. habrochaites</i>	Loja	Loja
A-24	<i>S. habrochaites</i>	Chimborazo	Alausí
A-38	<i>S. habrochaites</i>	Loja	Loja
A-7	<i>S. habrochaites</i>	Loja	Sozoranga
A-6	<i>S. habrochaites</i>	Loja	Calvas
A-18	<i>S. neorickii</i>	Azuay	Paute
A-32	<i>S. pimpinellifolium</i>	Manabí	Portoviejo
A-30	<i>S. pimpinellifolium</i>	Manabí	Flavio Alfaro
A-31	<i>S. pimpinellifolium</i>	Manabí	Portoviejo

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

Cuadro 2. Número de plantas seleccionadas para la polinización.

ACCESIÓN	ESPECIE	LUGAR DE COLECTA		No. PLANTAS
		PROVINCIA	CANTÓN	
P17	<i>S. pimpinellifolium</i>	Azuay	Girón	5
P30	<i>S. pimpinellifolium</i>	Manabí	Flavio Alfaro	3
P32	<i>S. pimpinellifolium</i>	Manabí	Portoviejo	16
H3	<i>S. habrochaites</i>	Loja	Loja	5
H20	<i>S. habrochaites</i>	Azuay	San Fernando	3
H6	<i>S. habrochaites</i>	Loja	Calvas	4
H51	<i>S. habrochaites</i>	Loja	Macará	1
H49	<i>S. habrochaites</i>	Loja	Macará	1
H46	<i>S. habrochaites</i>	Azuay	Girón	1
H45	<i>S. habrochaites</i>	Loja	Puyango	1
H44	<i>S. habrochaites</i>	Loja	Loja	1
H24	<i>S. habrochaites</i>	Chimborazo	Alausí	1
H26	<i>S. habrochaites</i>	Chimborazo	Alausí	2
H4	<i>S. habrochaites</i>	Loja	Loja	1
H16	<i>S. habrochaites</i>	Azuay	Girón	1
H13	<i>S. habrochaites</i>	Loja	Saraguro	1
H10	<i>S. habrochaites</i>	Loja	Sozoranga	1
H21	<i>S. habrochaites</i>	Chimborazo	Chunchi	2
H25	<i>S. habrochaites</i>	Chimborazo	Alausí	2
N18	<i>S. neorickii</i>	Azuay	Paute	12

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

2.2. Localización del ensayo

Este estudio se lo realizó en los predios de la Universidad Técnica Particular de Loja, que se localiza en el barrio San Cayetano Alto de la Ciudad de Loja, provincia de Loja (Ecuador). Dicho sitio se sitúa a una altura de 2180 m.s.n.m y posee una formación ecológica de Bosque seco montano bajo (bs-MB) (Holdridge, 1967). La Figura 5 muestra un emplazamiento de la localización del estudio.

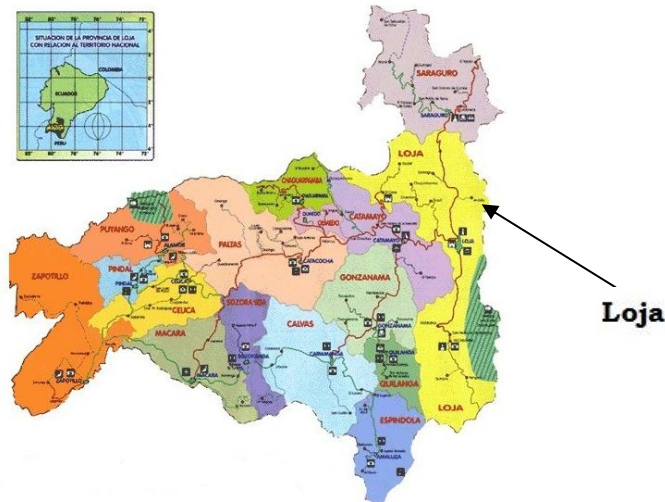


Figura 5. Mapa general del lugar del ensayo (Provincia de Loja – Ciudad de Loja /UTPL).

Fuente: Mapas del Ecuador, 2017

Elaboración: Mapas del Ecuador, 2017

2.2.1. Condiciones de infraestructura y ambientales para el ensayo

Se realizó el estudio bajo condiciones controladas en un invernadero de polietileno con una dimensión de 21 x 20 m, el cual es de estructura metálica. La temperatura registrada en el invernadero fue de 20 a 25 °C y una humedad relativa entre el 50 y 60 % por las mañanas; mientras que por las tardes se han registrado rangos de temperatura comprendidos entre 25 y 30 °C y una humedad relativa entre el 30 y el 50 % aproximadamente.

2.3. Ensayo

El presente estudio se realizó de manera paralela a otro Trabajo de Titulación desarrollado por Villavicencio (2017), con respecto a la caracterización morfológica de la diversidad de tomates silvestres; por lo que se disponía de manera previa de varias plantas de cada accesión sembradas en contenedores plásticos. El número total de accesiones estudiadas para la caracterización del polen y flor fue de 12, mientras que para el estudio relacionado con pruebas de polinización fue de 20 accesiones, las cuales constan los Cuadro 1 y 2.

Las plantas estudiadas para cada accesión fueron seleccionadas por tener la mayor cantidad de flores (abiertas y cerradas); para realizar los cruces se procedió a recolectar polen de cada individuo según cada especie u accesión. Para ello se utilizó un pulidor dental como herramienta de agitación de las flores y para que se remueva el polen; el polen extraído se colocó en tubos eppendorf previamente etiquetados; a partir de lo cual se dispuso de material (polen viable) para el cumplimiento de los objetivos, lo cual se explica a continuación.

2.4. Metodología para el primer objetivo: Construcción de palinoteca digital y exploración de la morfología del polen en especies del grupo *Lycopersicon*

A partir del polen almacenado en los tubos eppendorf, una parte de éste fue sometido a un proceso de tinción de estos granos utilizando la metodología de Marks (1954). Esto consistió en la preparación de gelatina aceto-carmín glicerol, que es una solución de 4.5 ml de ácido acético con 5.5 ml de agua destilada y calentada hasta llegar a ebullición; luego se agregó 0.10 g de carmín hasta que esté completamente disuelto y quede aproximadamente 5 ml, a continuación, se deja enfriar para luego filtrar y finalmente agregar igual volumen de glicerina. Todo el proceso se lo realizó usando una campana de extracción, en constante agitación del material.

Para la medición de los granos de polen se colocó una gota de gelatina aceto-carmín glicerol sobre un porta-objetos, añadiendo el polen y agitando suavemente, cubriendo así con el cubre-objeto y dejando reposar por 24 horas aproximadamente para obtener un mejor resultado en la tinción; considerando a su vez la metodología de tinción expuesta por (Martínez et al., 2000). Tras el tiempo de reposo se procedió a la toma de fotografías, se tomaron de dos a tres fotografías de cada muestra con el estereoscopio marca Zeus con un aumento de 100x y con el uso de una cámara digital conectada al estereoscopio. Mediante el programa Iworks que está integrado al equipo de fotografía digital y a su vez al estereoscopio, se midió cada una de las muestras de polen obteniendo su longitud de polen, ancho de polen, área de polen y circunferencia de polen; todo ello para conocer su morfología. Este trabajo se realizó en el laboratorio de semillas del banco de germoplasma de la UTPL.

Con las imágenes obtenidas y con los respectivos datos de caracterización morfológica ha sido posible generar un documento digital que representa a la morfología del grano de polen de cada accesión y por ende de cada especie (Anexo 3).

Adicionalmente, con el fin de conocer las características de la flor de cada accesión, se procedió a realizar una caracterización morfológica considerando que estos caracteres están relacionados con el polen, de hecho, los granos de polen son parte del androceo y por ende parte de la flor. Para ello se seleccionaron cuatro caracteres morfológicos (longitud de pétalo, longitud de sépalo, longitud de la saliente del estilo, longitud del estambre) de acuerdo a los descriptores morfológicos establecidos por el International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). (IPGRI, 1996). Las flores fueron escaneadas y sus caracteres fueron medidos utilizando el software Image Tool 2.0 (UTHSCSA, 2000).

2.5. Metodología para el segundo objetivo: Autopolinización de las plantas de las accesiones del grupo *Lycopersicon*

2.5.1. Autopolinización de las especies de *Solanum*

Para la realización de la autopolinización de las plantas de las tres especies estudiadas se tomó en cuenta el tiempo de floración de cada especie, para ello fue necesario basarse en las escalas BBCH para tomates cultivados y silvestres (Lluch, 2009). Se colocó fundas de tulle en las flores, cada funda acogió de tres a cinco flores cerradas y que no han sufrido contacto con ningún polinizador. Se colocó de dos a tres fundas en cada planta de cada accesión, y se aplicaron con suaves agitaciones o vibraciones sobre las fundas para con ello coleccionar el polen en tubos eppendorf y luego proceder a auto polinizar.

Se realizó observaciones constantes para ver el comportamiento y resultados de la autopolinización, llevando un registro constante, detallando cualquier acontecimiento ya sea favorable o desfavorable que se presentó en todo el transcurso fenológico.

2.5.2. Cruzamientos entre individuos de las tres especies de tomates silvestres (cruces interespecíficos).

Para la realización de los cruces, se usó parte del polen recolectado previamente para el primer objetivo (ver apartado 2.3) y con respecto a las tres especies estudiadas. Sobre las mismas accesiones e individuos del cual se obtuvo el polen se emascularon 2 flores de 4 plantas de *S. pimpinellifolium*, 2 flores de 2 plantas de *S. habrochaites* y 2 flores de 2 plantas de *S. neorickii*. Este proceso de emasculación consiste en retirar los estambres de la flor muy cuidadosamente sin sacar el estigma.

Una vez realizada la emasculación y recolección del polen, aleatoriamente se cruzaron las especies anteriormente mencionadas, colocando el polen de la flor de la planta de la primera especie en el estigma de la flor de la planta de la segunda especie y viceversa, para cubrir con fundas de tul y observar que no exista el contacto con otros polinizadores y así sucesivamente para el resto de las especies, siguiendo la metodología planteada para los cruces entre individuos de distintas poblaciones.

2.6. Análisis estadístico

2.6.1. Análisis multivariado.

Se realizó el análisis multivariado para estudiar el conjunto de datos multivariantes y poder describir e interpretar los datos que provienen de la observación de las variables estadísticas y observar la existencia de una agrupación de las mismas y ver si existe una relación entre sí.

Este análisis se utiliza cuando la muestra total que se encuentra dividida en varios grupos puede ser una o más variables independientes (Mohammadi y Prassana, 2003).

2.6.1.1. Análisis de Componentes Principales.

El análisis de los componentes principales consiste en la transformación de un conjunto de variables cuantitativas en otro conjunto de variables independientes no correlacionadas llamadas componentes principales, ayudando así analizar los datos que se generan de la caracterización y evaluación, permitiendo conocer la relación que existe entre las variables cuantitativas consideradas y la semejanza entre las accesiones; conocer a su vez qué variables están o no asociadas y saber cómo se distribuyen las accesiones. Los componentes deben ser interpretados independientemente unos de otros (IPGRI, 1996).

2.6.1.2. Agrupamiento Jerárquico.

El análisis de agrupamientos, mediante el método de agrupaciones pareadas no ponderadas basadas en medias aritméticas o UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetics Means; Sneath y Sokal, 1973), permite generar dendogramas que son una representación en forma de árbol y que a través de ello se puede analizar la organización de los datos, en este caso de la morfología de la flor y del grano de polen en las sub-categorías que se van dividiendo hasta poder llegar al nivel al último según los datos que se obtuvieron, lo que permite apreciar claramente las relaciones de agrupación entre los datos o entre grupos de los mismos y también la distancia (Ecuclídea) que existe entre los datos según las relaciones establecidas (IPGRI, 1996)

2.6.2. Índice de frecuencia.

El índice de frecuencia se obtuvo de acuerdo a lo planteado por Navas (2007) a partir de los datos totales obtenidos en la autopolinización, dividiendo así el número total de plantas fecundadas para el número de plantas auto polinizadas por cada accesión y especie; así mismo se hizo para el número de flores fecundadas con el número de flores inducidas a la autopolinización dando así un resumen detallado de las accesiones en cuanto a la autopolinización de las tres especies de *Solanum*.

2.6.3. Fórmula de Chi².

Para el desarrollo del análisis estadístico en cuanto a la comparación de autopolinización de las tres especies se empleó el modelo de *Chi²* (Molinero, 2001) para conocer las diferencias de los datos que existe dentro de estos tres géneros de *Solanum*, estos datos generales se pasaron en una hoja de Excel para así poder aplicar esta fórmula.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados del primer objetivo: Construcción de palinoteca digital y exploración de la morfología del polen en especies del grupo *Lycopersicon*.

La disponibilidad de una palinoteca de una colección específica, como es el caso de materiales silvestres del complejo taxonómico *Lycopersicon*, es de importancia para la conservación de muestras representativas de cada especie vegetal incluyendo su variabilidad, y con ello disponer de material para comparación, identificación taxonómica e investigación (Sáenz, 2004). El polen de otras especies del género *Solanum* ha sido estudiado y conservado a través del establecimiento de palinotecas, como es el caso del estudio morfológico del polen en 17 especies de 10 géneros de la familia Solanaceae que son representativas de Andalucía Occidental y realizado por Polo y Diez (1985), quienes han utilizado una técnica similar a la utilizada en el presente estudio.

A través del presente trabajo se ha realizado la colección de material reproductivo sexual de 12 accesiones de tomates silvestres correspondientes a las especies *S. habrochaites*, *S. pimpinellifolium* y *S. neorickii*; y de lo cual se ha realizado una caracterización morfológica del grano de polen evaluándose caracteres como: longitud de polen, ancho de polen, circunferencia de polen y área de polen.

Existen varios estudios que indican que un grano de polen de tamaño grande tiene mayores reservas nutritivas en el citoplasma que puede desarrollar un tubo polínico de mayor longitud a mayor rapidez que uno de polen pequeño (Galinat, 1961; Dominguez, 1973; Kumar y Sarkar, 1975). Sin embargo, Aguirre y Kato (1979), indican que la capacidad del grano de polen para competir en la fecundación no siempre depende de su tamaño sino de la habilidad para fecundar; en algunos casos el tamaño y fertilidad pueden también depender de la temperatura y precipitación a la que está expuesta como es el caso del polen de sorgo (Livera, 1975); uno de los métodos más recomendados por su rapidez y facilidad para poder evaluar la viabilidad y especialmente las características del tamaño del polen son las pruebas de tinción como se utilizó en este proyecto (Martínez et al., 2000); lo que permite disponer de imágenes digitales adecuadas para la medición y el respectivo archivo digital como se muestra más adelante en la Figura 6.

Con respecto al tamaño del polen, de manera general e indistintamente de la especie u accesión, los granos presentaron valores medios de longitud de 21,73 μm y con un ancho de 21,80 μm (Tabla 3); es decir granos casi completamente redondos con un factor forma cercano a 1. El factor forma está dado por la división longitud/ancho y de manera que valores cercanos a 1 representan formas redondas y valores cercanos a 2 sugieren formas alargadas. Mientras que los valores de circunferencia y de área resultaron con valores medios de 86,91 μm y

371,01 μm , respectivamente estos valores son similares a la información reportada por otros autores como Ramos et al., (2006) quienes a través de trabajos de caracterización han encontrado valores de área de aproximadamente 494.45 μm , un perímetro de 84.17 μm , una longitud del eje mayor de 26.64 μm y una longitud del eje menor de 23.15 μm ; trabajo que realizaron en el estudio de caracterización de líneas de tomate.

Tabla 3. Morfología del grano de polen, resultados de la medición en cuanto a su longitud, ancho, circunferencia y área en 12 accesiones de especies del género *Solanum*, grupo Lycopersicon.

ESPECIE	ACCESIÓN	LONGITUD (μ)	ANCHO (μ)	CIRCUNFERENCIA (μ)	ÁREA (μ)
<i>S. habrochaites</i>	A-16	19.24	19.17	74.45	282.63
<i>S. habrochaites</i>	A-3	20.16	19.69	79.31	310.84
<i>S. habrochaites</i>	A-43	18.65	18.83	76.26	276.2
<i>S. habrochaites</i>	A-51	20.12	20.25	80.16	315.63
<i>S. habrochaites</i>	A-24	21.33	22.13	86.21	361.12
<i>S. habrochaites</i>	A-38	20.35	20.38	80.89	320.09
<i>S. habrochaites</i>	A-7	19.25	19.27	76.22	288.63
<i>S. habrochaites</i>	A-6	19.00	19.10	76.36	280.6
MEDIA		19.76	19.85	78.73	304.47
<i>S. neorickii</i>	A-18	22.43	22.38	89.56	387.03
<i>S. pimpinellifolium</i>	A-32	21.56	21.78	85.99	360.97
<i>S. pimpinellifolium</i>	A-30	22.37	22.41	89.32	398.4
<i>S. pimpinellifolium</i>	A-31	25.02	25.3	101.97	505.26
MEDIA		22.98	23.16	92.43	421.54
MEDIA GENERAL		21.73	21.80	86.91	371.01

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

Por lo que respecta a las características morfológicas de los granos de polen, de acuerdo a cada especie estudiada, *S. habrochaites* ha resultado con valores medios de longitud de 19,76 μm , ancho de 19,85 μm , circunferencia de 78,73 μm y área de 304,47 μm . De las ocho accesiones de *S. habrochaites* evaluadas, las accesiones A-43 y A-24 resultaron ser los materiales que contienen los granos con los menores y mayores tamaños, respectivamente; excepto para la circunferencia del grano para la cual la accesión A-16 mostró el menor valor para dicho caso (Tabla 3). Como se puede apreciar, las diferencias entre los mínimos y máximos valores no son significativas, para todos los caracteres dentro de los materiales correspondientes a *S. habrochaites*, por lo que al parecer no existen incidencia de las condiciones ambientales para esta especie, según lo comparado entre accesiones provenientes de sitios con climas de tipo bosque seco (A-43, colectada en Loja, Cantón Celica

en el barrio de Mullunama a 1545 m.s.n.m) y sitios caracterizados por pertenecer a un bosque seco montano bajo (bs-MB) (A-24, colectada en Chimborazo a 2140 m.s.n.m). Según estudios realizados por Ejsmond et al., (2011), indican que la morfología del polen no varía mucho en cuanto al tamaño y forma del polen, este trabajo lo realizaron en ocho especies de la familia Rosaceae con el tema: Tamaño y forma óptimos de granos de polen bajo varias intensidades de desecación.

Otra de las especies estudiadas ha sido *S. pimpinellifolium*, de la cual se han estudiado cuatro accesiones provenientes de zonas cálidas tanto de la costa como de valles interandinos de la sierra que van desde los 67 m.s.n.m hasta los 170 m.s.n.m con un bosque muy seco pre montano sub tropical (md-T). Para esta especie se han encontrado tamaños con valores medios de longitud de 22,98 μm , ancho de 23,16 μm , circunferencia de 92,43 μm y área de 421,54 μm^2 .

En lo que respecta a *S. neorickii*, que es otra de las especies del grupo Lycopersicon aquí estudiadas, aunque en una sola accesión (A-18, colectada en el cantón Oña de la Provincia del Azuay y a una altitud de 2333 m.s.n.m), los valores medios de longitud fueron de 22,43 μm , con un ancho de 22,38 μm , una circunferencia de 89,56 μm y un área de 387,03 μm^2 .

De acuerdo a los resultados encontrados y al comparar las características del polen entre los tres géneros de las especies silvestres de tomate ubicadas en el género *Solanum*, se ha encontrado que los granos de polen de las plantas de *S. pimpinellifolium* son los que mayor tamaño presentan, a diferencia de las características encontradas en *S. habrochaites* que son las de menor tamaño, superficie y área, con diferencias en longitud de 3,19 μm y de 13,17 μm con respecto al diámetro; en tanto que *S. neorickii* ha resultado con valores intermedios entre *S. habrochaites* y *S. pimpinellifolium*. Las características morfológicas representativas de los granos de polen de los materiales estudiados se muestran en la Figura 6.

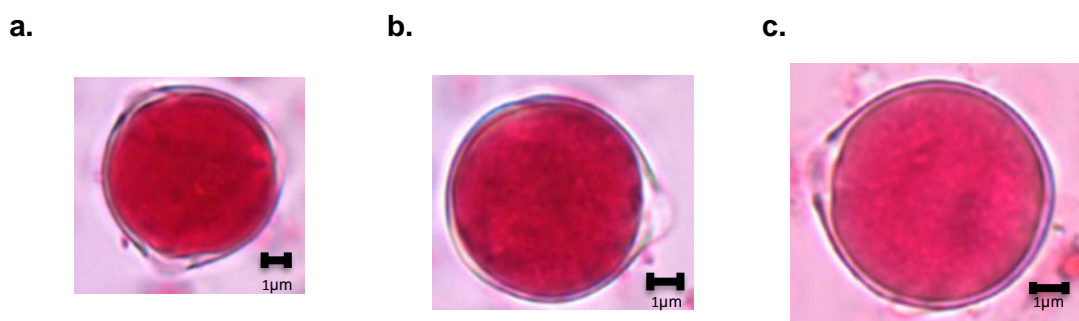


Figura 6. Imágenes representativas de la morfología del grano de polen de: a) *S. habrochaites*, b) *S. neorickii* y c) *S. pimpinellifolium*. Se aprecia que los granos de *S. pimpinellifolium* poseen mayor tamaño que el resto de especies.

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

De acuerdo al Dendrograma que se ha generado mediante el método UPGMA a partir del análisis de los caracteres morfológicos relacionados con el tamaño y superficie del grano de polen de las 12 accesiones (Figura 7), se pueden diferenciar de forma clara, el primero que se ubica en la parte inferior de la figura y que asume a tan solo una accesión (P311) que pertenece a *S. pimpinellifolium* y que se diferencia del resto de especies evaluadas como *S. habrochaites* y *S. neorickii*; incluyendo incluso a los dos materiales restantes del mismo *S. pimpinellifolium*, por lo que al menos para los materiales evaluados en este trabajo, el estudio de la morfología del polen no corresponde a una estructura sólida que permita diferenciar claramente los materiales de las de acuerdo a las especies (Figura 7).

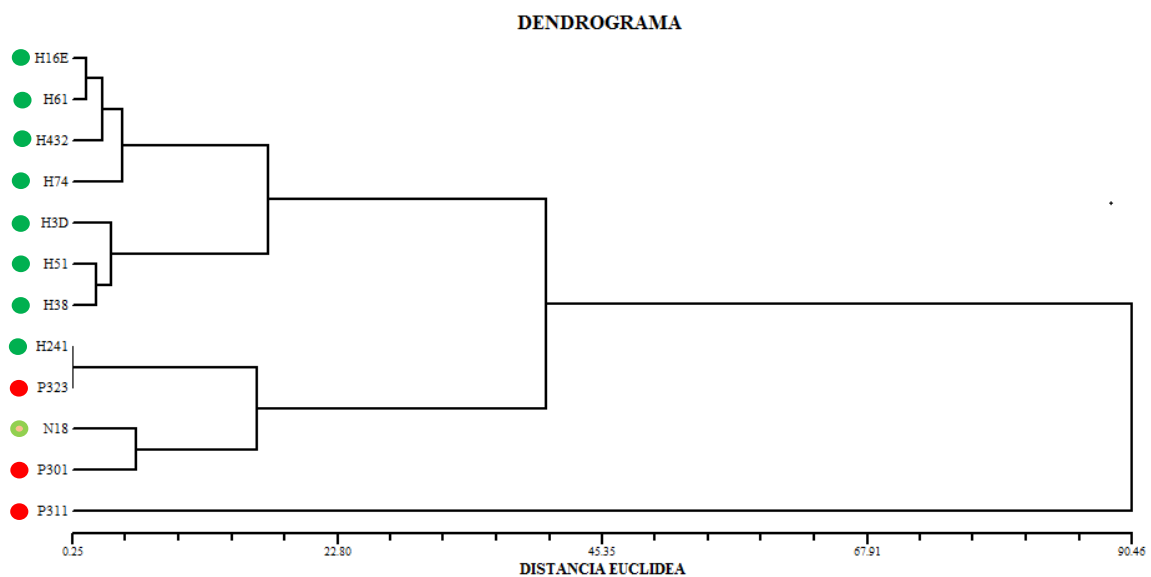


Figura 7. Dendrograma de la estructura del polen en especies del grupo *Lycopersicon* a partir de 12 accesiones pertenecientes a tres especies del género *Solanum* y según la evaluación de cuatro caracteres morfológicos. Descripción según el color del fruto ● *S. neorickii*, ● *S. habrochaites* y ● *S. pimpinellifolium*.

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

Por otra parte, se ha realizado un análisis relacionado con la procedencia geográfica de los materiales evaluados, es decir con respecto al sitio de donde se han colectado las semillas inicialmente para posteriormente ser establecidas en el presente ensayo. De acuerdo al Dendrograma mostrado a través de la Figura 8, se puede observar que la agrupación de los materiales tampoco obedece a una procedencia geográfica del material; pese a que las plantas de las accesiones estudiadas han sido establecidas en condiciones similares de crecimiento se evidencia una diferenciación significativa entre los materiales, lo que indica que la morfología del polen está dada especialmente por su genotipo antes que por las condiciones en las cuales sus progenies se han desarrollado. Dichos criterios de diferenciación se pueden comparar entre las Figuras 7 y 8 de manera simultánea

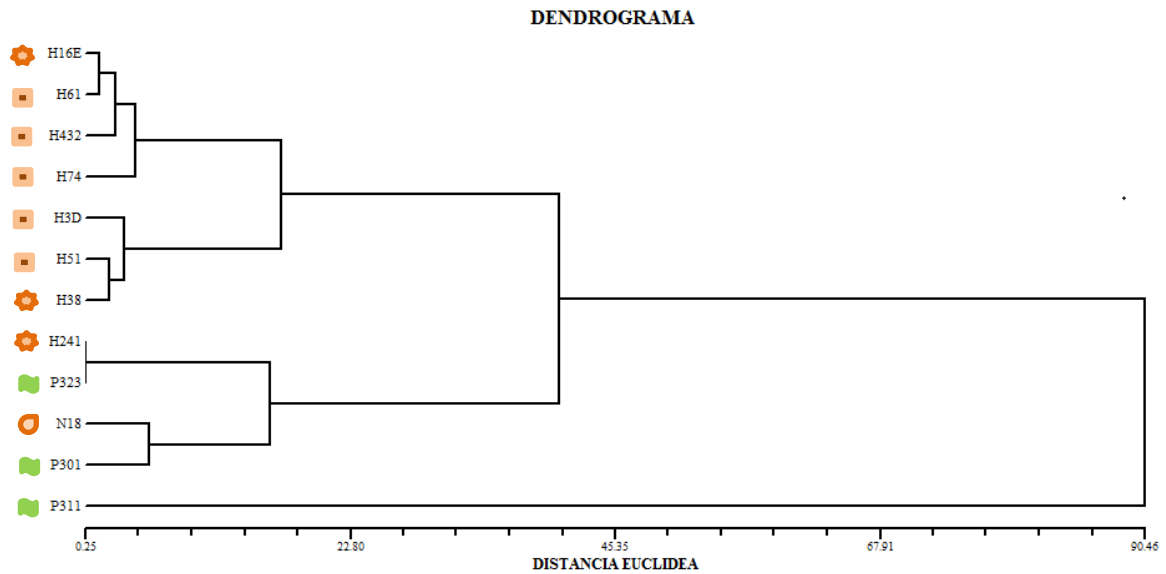


Figura 8. Dendrograma 2. Dendrograma de la estructura del polen en especies del grupo *Lycopersicon* a partir de 12 accesiones pertenecientes a tres especies del género *Solanum*, según la evaluación de cuatro caracteres morfológicos y de acuerdo a las zonas de vida o sitios eco geográficos de donde provienen. ■ Bosque seco montano bajo (bs-MB), ■ Bosque humedo subtropical (bh-ST), ○ Bosque humedo (bh-M), ✿ Bosque muy seco pre montano sub tropical (Md -T).

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

De manera paralela, el estudio de la estructura morfológica del polen se realizó a través del Análisis de Componentes Principales ACP, no solo con el fin de buscar una estructura diferencial entre especies, sino que también para intentar conocer cuáles son los caracteres del polen que permiten una mayor diferenciación entre los materiales; es decir qué caracteres podrían ser más discriminantes, conociendo además la influencia que tiene en la variabilidad (Figuras 9 y 10).

De acuerdo a la distribución de los caracteres al analizar las Componentes Principales 1 y 2, se observa que los caracteres relacionados con el área del grano de polen (C4) y lo que circunda a ésta (C3), son los que mayor aporte han tenido sobre la primera Componente Principal, aunque C4 también ha aportado de manera significativa a la Componente 1 y de manera conjunta con la longitud del grano de polen. De forma general, no existe un patrón de agrupación de los caracteres, aunque esto puede deberse al bajo número de caracteres evaluados (Figura 9).

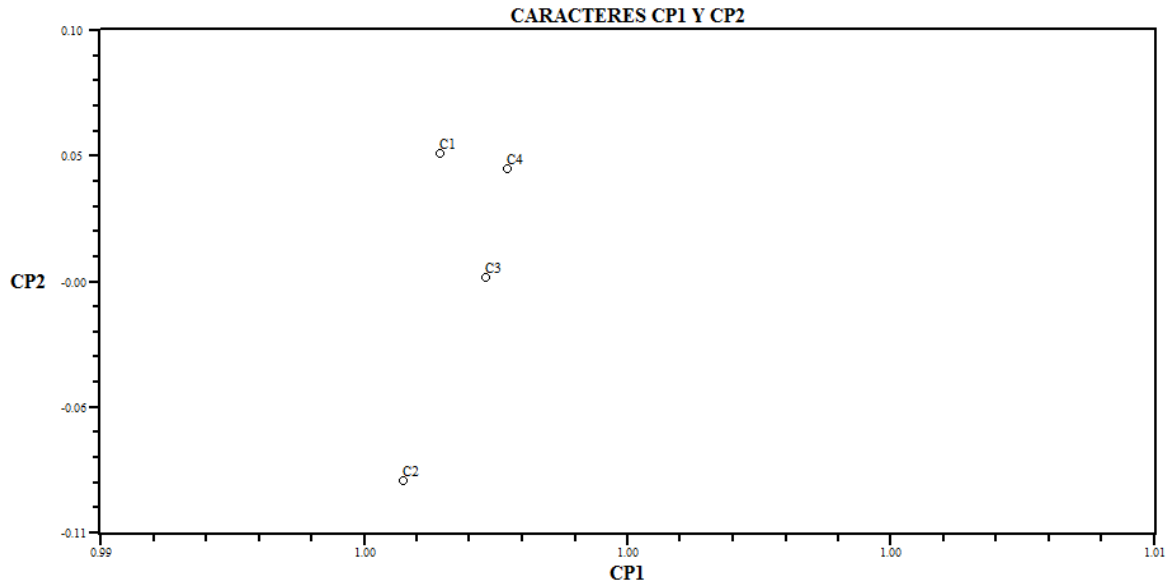


Figura 9. Distribución de cuatro caracteres de la morfología del grano de polen evaluados en 12 accesiones de especies del grupo *Lycopersicon*, según las Componentes Principales 1 y 2

Fuente: Autor

Elaboracion: Autor

Este patrón de agrupamiento se presenta también al comparar las Componentes 1 y 3, aunque no de manera exacta (Figura 10), en la que todos los caracteres aportan de forma significativa a la CP1 y con una mínima diferencia entre ellos, pero en cambio esta vez se observa un aporte significativo de los caracteres C1 y C2 relacionados con la longitud y el diámetro del grano de polen. Con los resultados mostrados en las Figuras 9 y 10 al analizar las Componentes Principales 1 y 2 por una parte, y las Componentes 1 y 3 por otra parte, se puede definir que la diferenciación entre los materiales estudiados está dada principalmente por los caracteres C3 y C4 que se relacionan con la circunferencia y área, aunque estos a su vez dependen o se correlacionan de forma natural con la longitud y el diámetro (C1 y C2, respectivamente).

Estos caracteres pueden resultar entonces ser de utilidad a la hora de identificar o diferenciar especies u accesiones del grupo *Lycopersicon*, incluyendo la selección de materiales, desde luego junto con otros caracteres morfológicos de la planta. Por ejemplo: Ramos et al., (2006), han realizado una caracterización para seleccionar líneas de tomate cultivado (*S. lycopersicum* L.) que puedan utilizarse como progenitoras de híbridos con respecto a caracteres de morfología de polen, flor, semilla, fruto y planta en la general; con respecto a la flor y al polen evaluaron seis caracteres del grano de polen (área, perímetro, longitud del eje mayor, longitud del eje menor, índice de redondez y diámetro) mediante un ACP y obteniendo como resultado que, caracteres como la longitud del eje mayor y el índice de redondez ($r=0.97$: forma esférica del grano de polen), resultan ser descriptores discriminantes en la identificación y selección de materiales del grupo *Lycopersicon*.

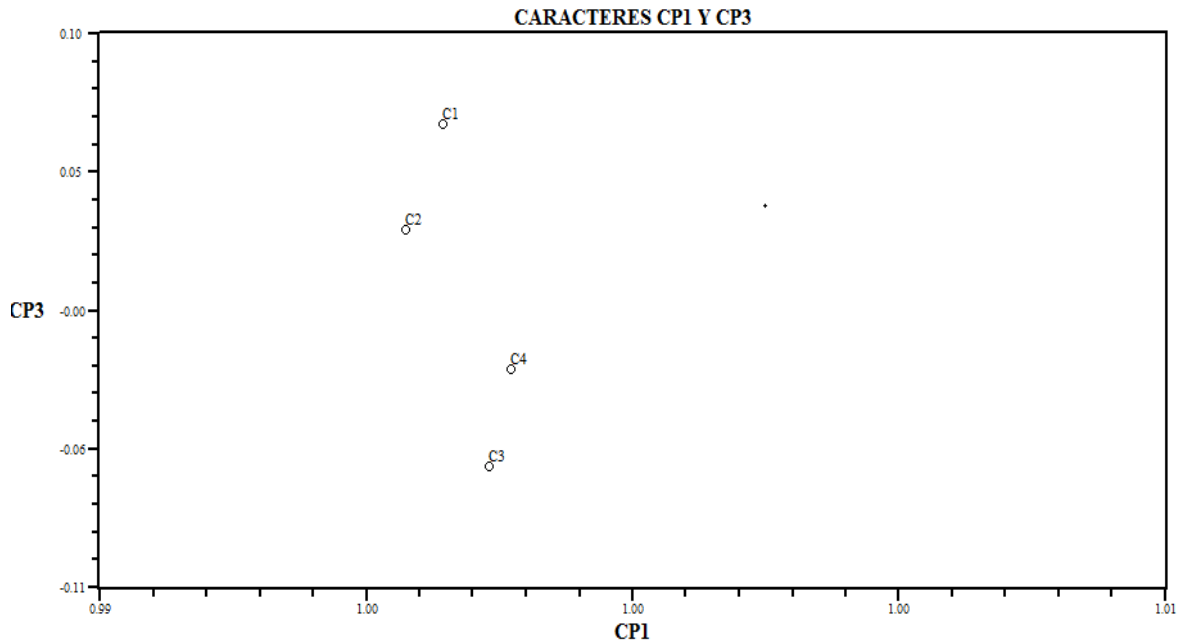


Figura 10. Caracteres CP1 Y CP3 de la morfología del polen. Descripción de longitud, ancho, circunferencia y área del polen

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

Al momento de analizar la distribución de las accesiones con respecto a las Componentes Principales 1 y 2 (Figura 11), se observa un agrupamiento muy diferenciado entre una de las accesiones de *S. pimpinellifolium* (P311) que aquí se le ha asignado como grupo A y por otra parte el resto de materiales pertenecientes a diferentes géneros (*habrochaites*, *neorickii*, *pimpinellifolium*) que han sido asignados como grupo B. Dicha diferenciación se debe especialmente con respecto a la Componente 1. Como es de esperar y de acuerdo a una comparación simultánea de la contribución de los caracteres para las tres primeras Componentes Principales (Figuras 9 y 10) y a la forma en que se han distribuido las accesiones, la diferenciación de P311 se debe a que se caracteriza por presentar granos de polen de tamaño superior al resto de accesiones tanto de otros géneros como de su mismo género, especialmente por caracteres relacionados con el área (C4) y con la circunferencia del grano del polen (C3) (Figura 11, Tabla 3).

Con referencia al grupo B, se observan a su vez dos subgrupos bien definidos y una accesión adicional que se muestra distante de estas sub agrupaciones. El grupo B1 contiene tres accesiones, dos de ellas corresponden a *S. pimpinellifolium* y la otra a *S. neorickii*. Estos materiales han resultado con tamaños intermedios de polen, sugiriendo que existe la posibilidad de que haya un traslape en lo que respecta a las características físicas del grano de polen entre ambas especies (Figura 11). Finalmente, las accesiones que han resultado con menores valores de tamaño han sido las pertenecientes a *S. habrochaites* y por lo que se han considerado como un segundo subgrupo del conjunto B; exceptuando a la accesión H241 que

ha presentado los mayores valores en todos los caracteres evaluados dentro de su misma especie (Tabla 3).

Finalmente, al analizar la distribución de las accesiones de acuerdo a las Componentes Principales 2 y 3 (Figura 12), el patrón de organización de los materiales es similar, con la excepción de que esta vez la CP3 ha contribuido para que la accesión H241 se acerque claramente al conjunto B1, es decir con las especies de *S. pimpinellifolium* y *S. neorickii*, confirmando a su vez que este material posee valores intermedios de tamaño del grano de polen y por ende, según lo dicho en el párrafo anterior, que los materiales de las especies estudiadas pueden traslapar en la interpretación de sus características pero que a su vez existen materiales muy particulares, como P311, que se diferencian no solo de otras especies sino que incluso de su misma especie, es decir a nivel intraespecífico.

La forma en que se han agrupado las accesiones mediante el ACP y de acuerdo a los caracteres del grano de polen, ha presentado un patrón similar a lo encontrado con el análisis de agrupamientos (Figuras 7 y 8), por lo que ambos análisis multivariados son correspondientes y permiten generar una apreciación oportuna de los resultados, lo que concuerda con los criterios expuestos por Mohammadi y Prasanna (2003) con respecto a la utilidad de diversos modelos de análisis multivariados y su complementariedad para la caracterización de la diversidad de los recursos fitogenéticos. Al obtener entonces de información morfológica obtenida con el uso de herramientas estadísticas multivariadas con respecto a los granos de polen de cada una de las accesiones estudiadas y de acuerdo con sus respectivas especies taxonómicas, se dispone de un perfil representativo de la colección estudiada y como una palinoteca digital (Anexo 3).

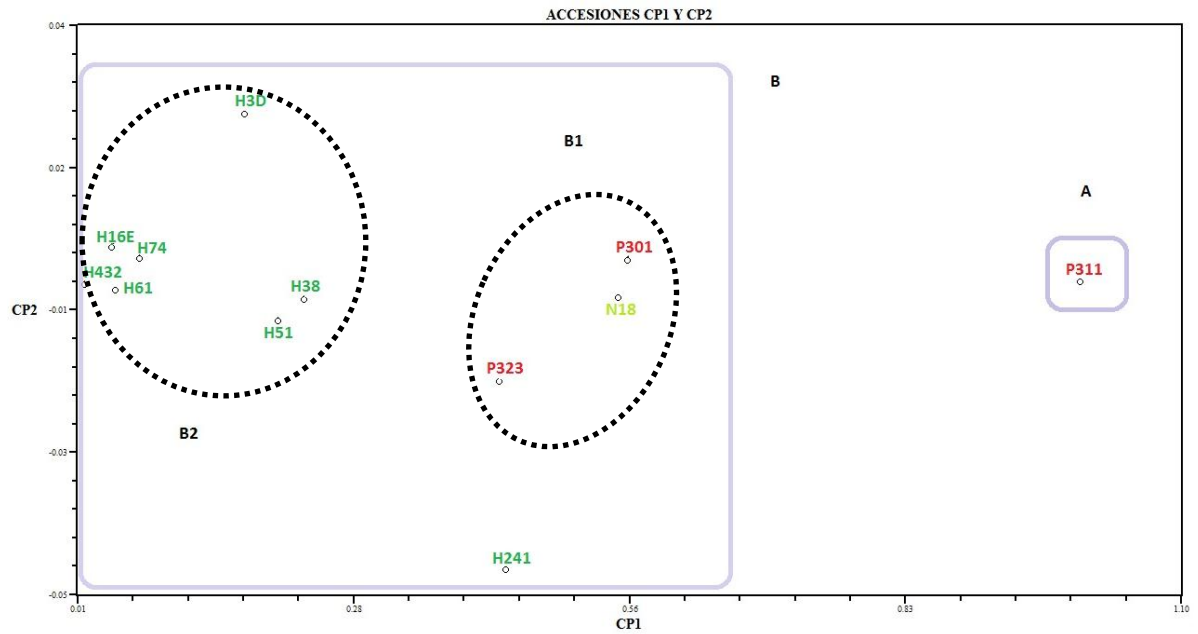


Figura 11. Accesiones CP1 Y CP2, de la morfología del polen de las 12 accesiones de las especies del género *Solanum*.

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

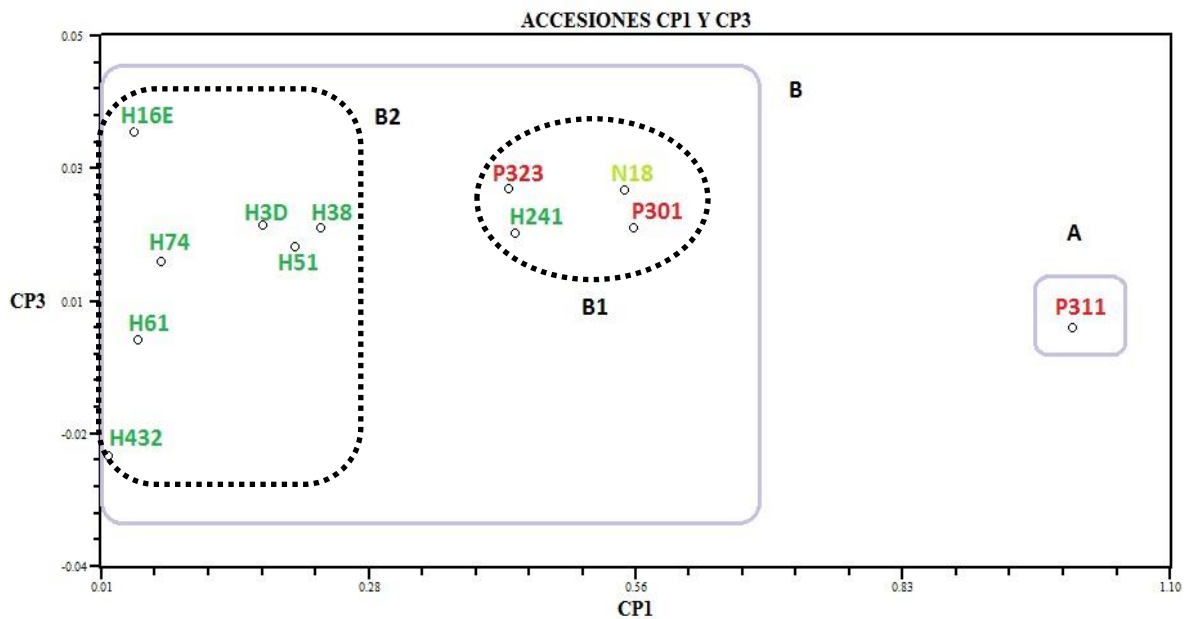


Figura 12. Accesiones CP1 Y CP3, de la morfología del polen de las 12 accesiones de las especies del género *Solanum*.

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

De manera adicional se ha realizado un análisis para conocer la relación que tienen los materiales evaluados con respecto a las características del grano de polen con respecto a las características de la flor, especialmente en lo que respecta al tamaño; todo ello con el fin de alimentar información para la palinoteca digital y con el fin de conocer cuáles son los

caracteres más discriminantes con respecto a la flor como tal, es especies del grupo Lycopersicon. De manera adicional a los caracteres del grano de polen, los caracteres de la flor estudiados han sido: longitud del pétalo, longitud del sépalo, longitud de la saliente del estilo y longitud del estambre. Con la información obtenida (datos cuantitativos) se realizó un nuevo análisis multivariado mediante el método UPGMA, esta vez unificando caracteres del grano de polen y de la flor (Figura 13). De acuerdo al dendrograma obtenido, se puede evidenciar que existen dos grupos muy diferenciados, uno de ellos compuesto especialmente por materiales de fruto rojo que corresponden a *S. pimpinellifolium* y una accesión restante que corresponde a *S. habrochaites*: mientras que el segundo grupo se conforma por el resto de accesiones de *S. habrochaites* e incluyendo a la accesión restante de *S. pimpinellifolium*, es decir a la única accesión de frutos rojos que se esperaba que se agrupe junto con el resto de accesiones de *S. pimpinellifolium*, aunque se debe considerar que en este caso no se está evaluando caracteres del fruto. Otros de los materiales que conforman este segundo grupo se relaciona con la única accesión de *S. neorickii* considerada en este trabajo y que a su vez se ha separado claramente del resto de materiales de *S. habrochaites* que también son de color verde. Estos resultados, aunque no son similares, concuerdan con lo encontrado al analizar únicamente los caracteres del grano de polen, y por lo que la tendencia de agrupación de los materiales estudiados está relacionada con cada especie es decir que hay caracteres que describen o identifican a una especie con respecto a las variables estudiadas (Figuras 13 y 7).

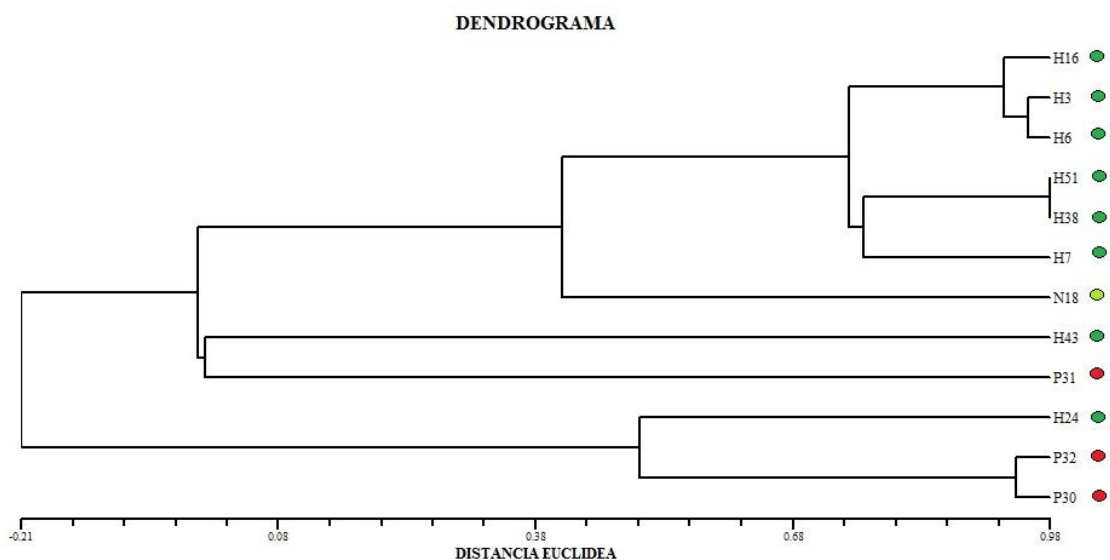


Figura 13. Dendrograma de las accesiones de tomates silvestres de acuerdo a caracteres de la morfología y del polen. Según el color de los frutos que caracteriza a cada accesión.

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

Con el fin de profundizar en el conocimiento en conjunto de los caracteres tanto del grano de polen como de los órganos accesorios de la flor, especialmente para conocer la incidencia que tiene cada uno de estos en la diferenciación de los materiales estudiados; se ha realizado otro estudio multivariado, tratándose esta vez de un Análisis de Componentes Principales (ACP). Con este nuevo estudio se ha encontrado que los caracteres relacionados con el tamaño de la flor, especialmente C1, C2, C3 y C4 son los que mayor aporte han dado a la primera componente principal y por ende son los que mayor relevancia podrían tener con respecto a la identificación de materiales; sin embargo, que corresponde a la saliente del estilo ha tenido también un aporte significativo para la segunda componente principal. Por lo contrario, los caracteres relacionados con el grano del polen se han caracterizado por aportar más bien a la segunda componente e incluso a la tercera componente y se han distanciados clara y significativamente de aquellos relacionados con los órganos accesorios de la flor dejando un marcaje claro entre estos dos grupos de caracteres (Figuras 14 y 15).

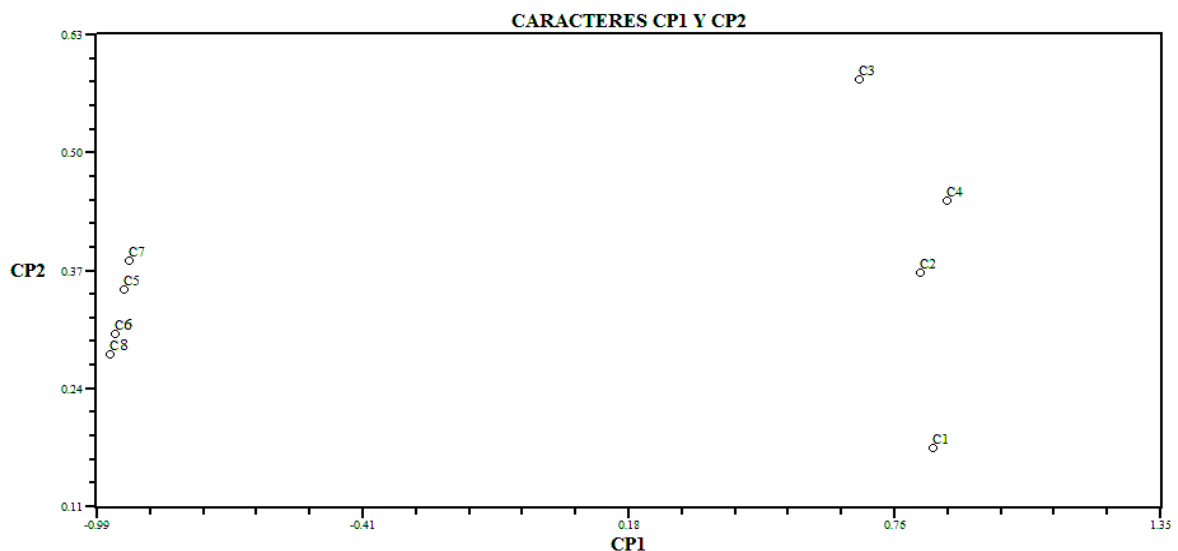


Figura 14. Componentes principales CP1Y CP2. Relación entre la morfología de flor: C1 (Longitud de pétalos), C2 (longitud del sépalo), C3 (longitud de la saliente del estilo) y C4 (longitud del estambre); y del polen: C5 (longitud del polen), C6 (ancho del polen), C7 (circunferencia del polen) y C8 (área del polen)

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

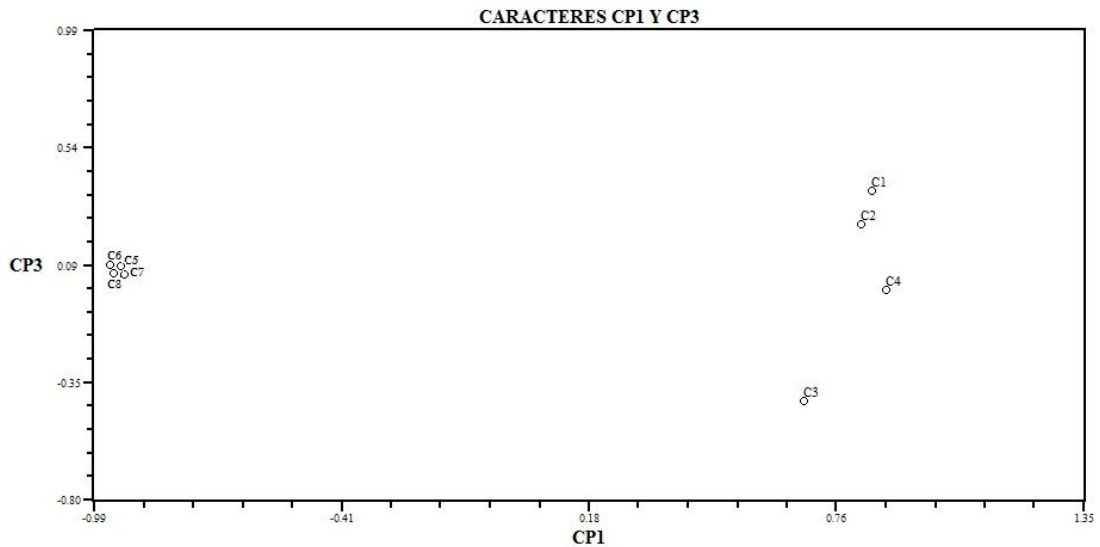


Figura 15. Componentes principales CP1Y CP3. Relación entre la morfología de flor: C1 (Longitud de pétalos), C2 (longitud del sépalo), C3 (longitud de la saliente del estilo) y C4 (longitud del estambre); y del polen: C5 (longitud del polen), C6 (ancho del polen), C7 (circunferencia del polen) y C8 (área del polen).

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

De acuerdo al análisis de los caracteres en el ACP y al observar la distribución de las accesiones en las Figuras 16 y 17 con referencia a las Componentes 1 y 2 y a las Componentes 2 y 3; se puede observar que la forma en que se agrupan las accesiones de acuerdo a la especie a la que pertenecen no es muy clara como lo encontrado en el análisis de agrupamientos (Figura 13), pero que la tendencia a mantener cierta separación por parte de los materiales u accesiones de fruto rojo, es decir correspondientes a *S. pimpinellifolium*, es de separarse del resto de accesiones que son de fruto verde, y lo cual se debe especialmente al tamaño de la flor que en el caso de *S. pimpinellifolium* es mucho más pequeña que lo encontrado en *S. habrochaites*. Todas estas diferenciaciones se deben especialmente a la Componente Principal 2, en tanto que la separación o distinción de la única accesión que representa a *S. neorickii* se debe en cambio a la tercera Componente Principal, y de hecho, se trata de un material caracterizado por flores que de forma notoria son más pequeñas que las que caracterizan a *S. habrochaites* pero que a su vez son más grandes aunque no de manera significativa con respecto a las accesiones de *S. pimpinellifolium* (Figuras 16 y 17).

Finalmente, se debe indicar que cuando se analiza los resultados obtenidos con referencia a la diversidad intrínseca de *S. habrochaites* hay una clara diferenciación de materiales de esta especie que incluye al menos a cuatro accesiones (H16-H38-H3-H6) que muestran

que sus características de flor e incluyendo los granos de polen, son de mayor tamaño que las otras accesiones de su misma especie, lo que evidencia precisamente que hay una diversidad intrínseca interesante dentro de esta especie y lo que demanda mayores estudios en ella (Figura 16).

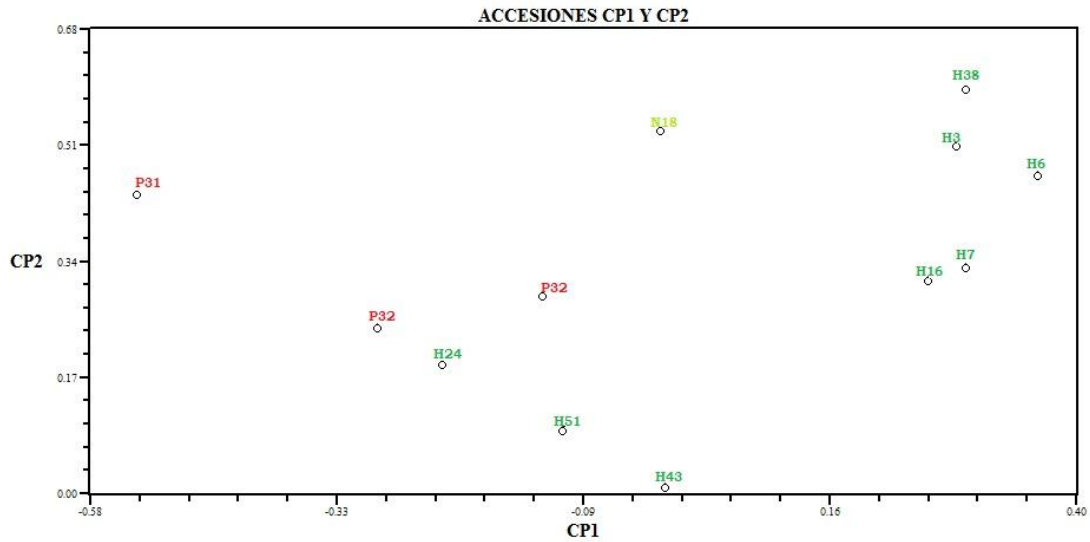


Figura 16. Accesiones CP1 Y CP2. En la relación entre la morfología del polen con la morfología de la flor, según el color de sus frutos.

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

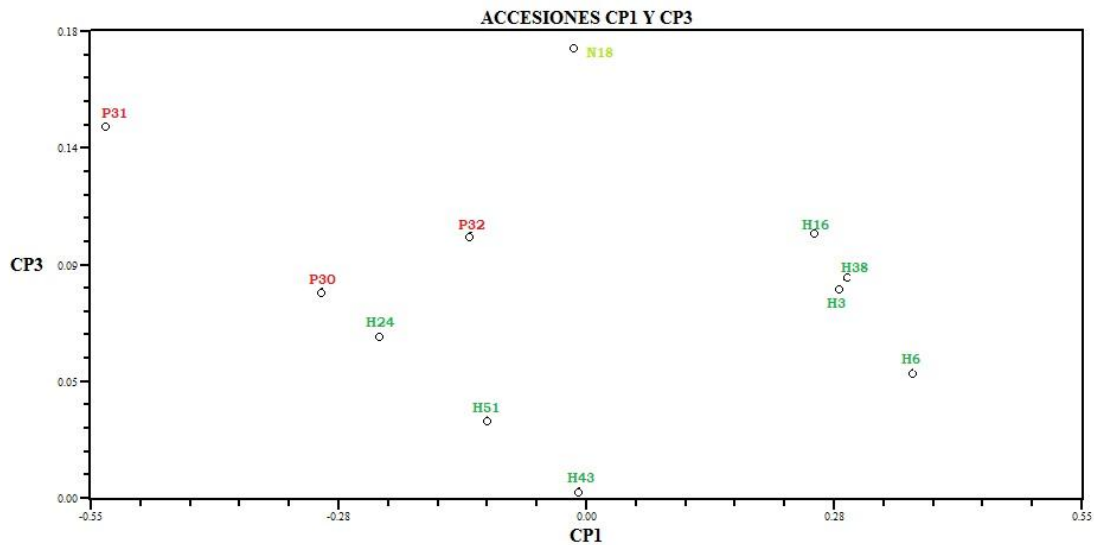


Figura 17. Accesiones CP1 Y CP3. En la relación entre la morfología del polen con la morfología de la flor, según el color de sus frutos.

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

3.2. Resultados del segundo objetivo: autopolinización y cruces de especies

Los sistemas reproductivos juegan un papel importante en lo que respecta a la evolución de las especies silvestres, incluyendo aquellas que son parientes silvestres de las especies cultivadas, que varían desde alógamas auto incompatibles a alógamas facultativas e incluso autógamas (Rick, 1973).

La autogamia es un sistema de reproducción que consiste en la fecundación de gametos masculinos y femeninos provenientes del mismo individuo, a los que se los denomina como monoicos ya sea por que presentan flores hermafroditas o porque presentan flores unisexuales masculinas y femeninas; ésta es muy importante ya que reduce la dependencia de los polinizadores y ayuda a la producción de descendencia de las especies (Nora et al., 2011). Los parientes silvestres de las especies cultivadas poseen adaptaciones a una amplia gama de ambientes; estas adaptaciones incluyen rasgos agronómicos que ayudan a la resistencia de estreses abióticos y bióticos (Tovar-Méndez, 2014). Las plantas autógamas pueden llegar hacer plantas colonizadoras con una gran capacidad de dispersión, por lo que en algunas ocasiones se encuentran aisladas de otras plantas de su especie que tiene una ventaja que permite el aumento de individuos iguales que estén muy adaptados a un medio (Contreras, 2016); por lo que dicho sistema de reproducción es crucial para la conservación espontánea de la especie.

A través de este trabajo se ha puesto a prueba la forma de reproducción que caracteriza a cada especie estudiada, es decir si presentan una tendencia hacia la autogamia o a la alogamia e incluso la posibilidad de cierto comportamiento particular dentro de la diversidad intrínseca de una especie.

Por lo que respecta a *S. pimpinellifolium* se evaluaron tres accesiones que incluyeron varias plantas y flores a la vez: P17: 5 plantas, 24 flores; P30: 3 plantas, 18 flores; y P32: 16 plantas, 92 flores (Tabla 4). De las tres accesiones evaluados únicamente la accesión P32 procedente de Manabí presentó plantas con flores fecundadas; de 92 flores sobre las cuales se indujo la autopolinización, 24 resultaron fecundadas y el 100% llegó a fructificar. Los resultados obtenidos para esta accesión corresponden a un índice de fecundación por plantas de 0,63 y de 0,26 para el índice de fecundación por flor, lo que indica que existe una alta posibilidad de reproducción de este material especialmente en lo que respecta a individuos como tal, más que a las flores; sin embargo se debe considerar que según lo reportado por Villavicencio (2017) las plantas de *S. pimpinellifolium* producen aproximadamente 65 frutos por planta y a su vez un rango de 35 a 68 semillas por fruto, que sumado a un porcentaje de germinación

de aproximadamente 40.35%, existirían condiciones oportunas para la conservación *in situ* de la especie, pero especialmente para este material en particular.

Con referencia a las plantas de las otras dos accesiones que no resultaron auto fecundadas, no necesariamente se debería a que los materiales tengan un sistema de reproducción alógamo, si no que existe la posibilidad de que otro de los factores que pudo haber incidido en la falta de fecundación de las flores puede deberse a la incidencia del insecto *Tuta absoluta* que precisamente tuvo mayor presencia que durante la flor; de hecho, las hembras de este insecto depositan los huevos en la parte aérea de la planta, incluyendo la flor, y consecuentemente las larvas penetran en las mismas hojas y brotes tanto de brotes flores como de frutos y de los cuales se alimenta. La incidencia de *Tuta absoluta* puede llegar a afectar hasta un 81% de la fructificación (Dughetti, 1993).

Por otra parte, aunque según Warnock (1991) caracteriza a las plantas de *S. pimpinellifolium* por ser autógamas-auto compatibles; se conoce que a través del tiempo y posiblemente por temas evolutivos, ésta especie ha pasado de ser auto incompatible a auto compatible, es decir que inicialmente a medida que la especie iba migrando de norte a sur, de su rango de distribución, se fue convirtiendo en auto compatible gracias a una selección por la baja densidad de población; existiendo entonces cierta posibilidad de que estas accesiones correspondan a materiales incompatibles, aunque no se tienen reportes científicos de que en la actualidad se hayan encontrado individuos con dicho comportamiento, al menos para Ecuador. Sin embargo, esto debería confirmarse mediante futuros estudios morfológicos y moleculares. Las causas de autoincompatibilidad han sido estudiadas y reportadas principalmente en otra especie de tomates silvestres (*S. haborchaites*) y por lo que se hará referencia más adelante. Es de considerar que esta especie es de gran importancia por sus características de resistencia a ciertas enfermedades y por ser prácticamente inmune al ataque de una devastadora plaga como lo es la araña roja (*Tetranychus urticae*), y por lo que representa una alternativa para aquellos materiales cultivados de *S. lycopersicum* (Rosas et al., 2010).

Por lo expuesto es indispensable una estrategia de colecta para la preservación de la diversidad a largo plazo. La ubicación geográfica de esta especie está restringida a las áreas costeras de Perú y Ecuador y las accesiones ecuatorianas son las menos representadas en las bases de datos a nivel internacional (Pratta et al., 2003). Aunque, en la última década se han realizado algunas expediciones de colecta por diversas universidades e instituciones (Zuriaga et al., 2009); sin embargo, estas han sido insuficientes porque sus poblaciones están reducidas o presentan riesgos de extinción debido a la pérdida de hábitat por factores climáticos y no se ha cubierto todo el rango de su distribución (Biodiversity-International, 2006;

Bauchet y Causse, 2012). Una amenaza adicional a tener en cuenta es el cambio climático global (Hunter et al., 2012). Una evidencia de la falta de conservación *ex situ* de esta especie es precisamente el bajo número de materiales conservados en el banco de germoplasma de la UTPL y que a conocimiento de la autora de este trabajo es la realidad de otros bancos del país y como sugerencia sería relevante un trabajo conjunto entre dichas unidades de conservación empezando por el intercambio de accesiones que permitan fortalecer la conservación *in situ* y el incremento de la diversidad conservada; todo ello de acuerdo a normativas de la Autoridad Ambiental como lo es el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE):

Por lo que respecta a otra de las especies estudiadas como lo es *S. habrochaites*, se evaluaron un total de 16 accesiones provenientes de diversas localidades de las provincias de Azuay, Loja, Chimborazo y Manabí. De las 16 accesiones de *S. habrochaites* el 50% de éstas resultaron con una autopolinización efectiva y que corresponden a las accesiones H3: 5 plantas y 18 flores; H20: 3 plantas y 15 flores; H6: 4 plantas y 34 flores; H26: 2 plantas y 10 flores; H4: 1 planta y 5 flores; H16: 1 planta y 4 flores; H13: 1 planta y 5 flores; H25: 2 plantas y 11 flores (Tabla 4). Estos materiales resultaron con valores de índice de fecundación por planta con rangos comprendidos entre 0.20 y 1 y de 0.10 a 0.80 con respecto al índice de fecundación por flor; es decir, que presentan rangos amplios de fecundación y que de una u otra manera la preservación *in situ* de estos materiales estaría asegurada desde un punto de conservación considerando que de igual forma que en *S. pimpinellifolium* ésta especie se caracteriza por tener un alto número de semillas por fruto y a su vez con un aceptable porcentaje de germinación. Por ejemplo, de estos materiales la accesión H6 que proviene de la provincia de Loja (cantón Calvas) y que se ubica en un Bosque húmedo subtropical (bh-ST), tiene el mayor índice de fecundación por planta (0.75) aunque un bajo índice por flor (0.18), por ende, pese a que tiene un bajo índice de fecundación por flor el hecho de que haya un alto número de frutos y de viabilidad refuerza la reproducción de individuos de este material. (Tabla 4)

De acuerdo a Rick y Chetelat, 1991, basados en Müller (1940) que reportó las características de dos variaciones (formas *typicum* y *glabratum*) de la especie actualmente denominada *S. habrochaites*, ésta especie dependiendo de sus variaciones puede disponer de un sistema reproductivo caracterizado especialmente por la autocompatibilidad y en menor frecuencia por la autoincompatibilidad y por ende por la alogamia. La forma *typicum* se caracteriza por tener flores de gran tamaño y divisiones menos profundas de su corola, por lo que en gran medida es auto incompatible (Rick y Chetelat, 1991) y por otro lado la forma *glabratum*, reportada en Ecuador, que se caracteriza por presentar una corola más pequeña que al parecer podría

incidir en una tendencia a auto fecundarse. Es de destacar que el estudio en diferentes temáticas de *S. habrochaites* siempre será de gran importancia para la especie cultivada *S. lycopersicum*, especialmente como fuente de información para la mejora genética ya que presenta condiciones de resistencia ciertas plagas de gran importancia económica para el cultivo del tomate; en especial con respecto a enfermedades causadas por hongos como *Phytophthora infestans* y *Alternaria solani* (Foolad et al., 2008).

Existen diversos factores por lo que puede existir una autoincompatibilidad, son los sistemas de autoincompatibilidad (SI); en la que consta dos tipos de SI que se clasifican en gametofítico (SIG) y esporofítico (SIS) (Newbigin et al., 1993). En los sistemas SIG la incompatibilidad es expresada por el genotipo haploide del grano de polen gametofito masculino, la que consiste en el rechazo del polen que ocurre cuando el haplotipo "S" del polen coincide con uno de los dos haplotipos "S" presentes en el pistilo diploide de una planta heterocigota receptora, lo que induce en que el crecimiento del tubo polínico (TP) se inhiba generalmente a nivel del estilo; en cambio en los sistemas SIS la incompatibilidad se da por los productos de los alelos "S" que son expresados y sintetizados por los tejidos diploides de la planta madre, los cuales son incorporados a la cubierta del grano de polen durante su maduración en la antera (Cruz-García y McClure, 2001). Es por estos factores que puede existir una autoincompatibilidad en esta especie y posiblemente en las ocho accesiones de *S. habrochaites* de las cuales no se obtuvieron fecundaciones. Aunque existen otras posibilidades como lo indicado para *S. pimpinellifolium* la incidencia de insectos como el caso de *Tuta absoluta*. Si se lograra controlar el rechazo del polen de estos materiales, estos podrían ser utilizados en programas de mejoramiento genético del tomate cultivado (*S. lycopersicum*) ya que a su vez serviría para caracterizar las vías de flujo de polen entre especies silvestres y cultivables, ayudando así un impacto positivo a la agricultura (Jiménez-Durán y Cruz-García, 2011).

Finalmente, otra de las especies en las que se realizó ensayos de autopolinización es *S. neorickii* que solo se efectuó en una sola accesión (N18) en un total de 12 plantas que incluyeron 58 flores, obteniéndose un índice de fecundación por planta de 0.25; mientras que el índice de fecundación por flor fue de 0.14. Aunque se han encontrado valores de índice de autofecundación bajos tanto para flores como para plantas, se evidencia que la especie es autógama. Según Pérez (2010) las plantas de *S. neorickii* poseen rasgos florales que promocionan la autopolinización y por lo que consecuentemente tiene bajos niveles de diversidad genética; de hecho, esta especie ha sido poco estudiada y al igual que *S. pimpinellifolium* existe una baja disponibilidad de colecciones *ex situ*, requiriendo establecer programas de conservación para esta especie (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados de autopolinización de veinte accesiones de tomates silvestres del género *Solanum* (grupo Lycopersicon), incluyendo el índice de fecundación por planta y el índice de fecundación por flor.

ESPECIE	ACCESIÓN	CÓDIGO	No. plantas auto polinizadas	No. Plantas fecundadas	No. Flores inducidas a autopolinización	No. Flores fecundadas (frutos)	Índice de fecundación por plantas	Índice de fecundación por flor
<i>S. pimpinellifolium</i>	17	P17	5	0	24	0	0	0
<i>S. pimpinellifolium</i>	30	P30	3	0	18	0	0	0
<i>S. pimpinellifolium</i>	32	P32	16	10	92	24	0.63	0.26
<i>S. habrochaites</i>	3	H3D	5	1	18	3	0.20	0.17
<i>S. habrochaites</i>	20	H20	3	2	15	5	0.67	0.33
<i>S. habrochaites</i>	6	H6	4	3	34	6	0.75	0.18
<i>S. habrochaites</i>	51	H51	1	0	25	0	0	0
<i>S. habrochaites</i>	49	H49	1	0	14	0	0	0
<i>S. habrochaites</i>	46	H46	1	0	10	0	0	0
<i>S. habrochaites</i>	45	H45	1	0	11	0	0	0
<i>S. habrochaites</i>	44	H44	1	0	8	0	0	0
<i>S. habrochaites</i>	24	H24	1	0	4	0	0	0
<i>S. habrochaites</i>	26	H26	2	1	10	1	0.5	0.10
<i>S. habrochaites</i>	4	H4	1	1	5	4	1	0.80
<i>S. habrochaites</i>	16	H16	1	1	4	2	1	0.50
<i>S. habrochaites</i>	13	H13	1	1	5	1	1	0.20
<i>S. habrochaites</i>	10	H10	1	0	12	0	0	0
<i>S. habrochaites</i>	21	H21	2	0	9	0	0	0
<i>S. habrochaites</i>	25	H25	2	1	11	3	0.5	0.27
<i>S. neorickii</i>	18	N18	12	3	58	8	0.25	0.14

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

A través de la Tabla 5 se puede apreciar una comparación general de los resultados de autopolinización entre las tres especies estudiadas (*S. pimpinellifolium*, *S. habrochaites*, *S. neorickii*) y de acuerdo a las condiciones del presente trabajo, teniendo como resultado que para *S. pimpinellifolium* de cada 24 plantas 10 resultaron con una autopolinización efectiva, es decir que un 42% de estas plantas llegan auto fecundarse. En términos porcentuales se han encontrado resultados similares para *S. habrochaites*, que ha presentado un 42% de autofecundación efectiva, es decir con una diferencia mínima del 3% con respecto a *S. pimpinellifolium*. De las tres especies en estudio *S. neorickii* es la que menor porcentaje de autofecundación ha presentado (25%), aunque se debe considerar que para esta especie se ha evaluado una sola accesión que incluye 12 individuos. Paralelamente a ello, se ha realizado una prueba de Chi^2 con el fin de conocer la relación entre los resultados de autofecundación entre estas especies estudiadas, encontrándose un valor de Chi^2 de 0,63 ($p > 0,05$) lo que indica que dicho resultado no es significativo y por lo que se acepta la hipótesis nula de independencia y por lo tanto que las variables estudiadas son independientes; es decir que pese a que los resultados muy similares encontrados al menos para *S. pimpinellifolium* y para *S. habrochaites*, su comportamiento reproductivo no obedece a patrones similares y mucho más aún al comparar estas especies con respecto a *S. neorickii*.

Tabla 5. Resultados generales de la comparación de la autopolinización de las tres especies de *Solanum* estudiadas, de acuerdo al porcentaje de individuos auto fecundados manera efectiva.

	<i>S. pimpinellifolium</i>	<i>S. habrochaites</i>	<i>S. neorickii</i>
N° de plantas polinizadas	25	28	12
No. plantas fecundadas	10	11	3
Porcentaje de individuos fecundados	0,42	0,39	0,25

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

La diversidad de las especies es el resultado del proceso de diferenciación genética, lo que deriva de procesos de especiación: procesos simpátricos, alopátricos, parapátricos, etc. Las especies simpátricas son aquellas de las cuales ciertos individuos o poblaciones de diferentes especies coexisten en una misma área o territorio, y de las cuales existen posibilidades de que se reproduzcan naturalmente entre ellas; aunque en caso de hacerlo es muy probable que originen híbridos estériles, es decir con respecto a la F1. La presencia o disponibilidad de especies simpátricas en la naturaleza tiene un rol importante ya que ayuda a la generación de

diversidad de las especies y aumento de la diversidad de ecosistemas (González, 2005) De acuerdo a Holle et al., (1978-1979), existe un rango intermedio de posibilidades de que se hibriden dos o más especies silvestres de tomate; según. (Bedinger et al., 2011), esto depende de una serie de factores que incluyen principalmente: el comportamiento del polinizador, la estructura floral, la presencia de barreras post-polinización prezigótica y los efectos post-cigóticos; quienes han reportado la presencias de especies simpátricas entre especies como *S. pimpinellifolium* y *S. habrochaites* e incluso entre materiales de una misma especie (*S. pimpinellifolium*) pero con diferente sistema reproductivo, es decir entre individuos auto compatibles e individuos auto incompatibles de la misma especie.

Al conocer que existen posibilidades de la presencia de materiales simpátricos en lo que respecta a tomates silvestres, se ha realizado un ensayo de cruzamientos entre pares de especies de las tres aquí estudiadas, de lo cual sus resultados se muestran a través del Cuadro 3. Para este estudio se utilizaron dos accesiones de *S. habrochaites* (2 flores de 2 plantas), cuatro accesiones de *S. pimpinellifolium* (2 flores de 4 plantas) y una accesión de *S. neorickii* (2 flores de 2 plantas). De los todos los cruces posibles entre las especies estudiadas y en todas las direcciones de polinización posible (donante/polinizador), se ha encontrado tan solo un cruce efectivo posible que fue entre una accesión emisora de *S. habrochaites* (accesión 51) y una accesión receptora de *S. pimpinellifolium* (accesión 30); es decir 51-3-1 X 30-1-8. Este resultado se ha evidenciado observando la fecundación de la flor y la posterior formación del fruto, aunque no hasta la maduración; por lo que una de las causas para impedir el crecimiento del fruto de esta hibridación sería la incidencia del insecto-plaga *Tuta absoluta*; existiendo la posibilidad de que se hayan generado otras polinizaciones efectivas pero que por la incidencia de este insecto u otros factores no se haya podido evidenciar.

Los resultados encontrados con respecto a la hibridación entre los materiales estudiados no han sido contundentes y por ello estos no representan información suficiente para aseverar si existe o no la presencia de especies o materiales simpátricos, por lo que se hace necesario profundizar este tipo de estudios generando mejores condiciones de cultivo que reduzcan significativamente la incidencia de factores que afecten a la polinización. El Cuadro 3 muestra información sobre los cruces interespecíficos realizados y los resultados obtenidos

Cuadro 3. Descripción de cruces inter específicos entre pares de especies de tomates silvestres. Los casilleros que contienen el número cero representan los cruces en los que se ha realizado la polinización cruzada e inducida pero no se ha evidenciado la fecundación; mientras que los casilleros que constan con el número 1 se refieren a que se ha evidenciado la fecundación a través de la polinización cruzada e inducida. Casilleros en color verde equivalen al material emisor, casilleros en color amarillo equivalen al receptor.

ESPECIE	CÓDIGO	<i>S. pimpinellifolium</i>				<i>S. habrochaites</i>		<i>S. neorickii</i>			
		32-1-3	30-1-8	32-2-10	32-1-8	7-4-12	51-3-1	18-5-6	18-1-6		
<i>S. pimpinellifolium</i>	32-1-3					0	0				
						0	0				
	30-1-8							0	0		
								0	0		
	32-2-10								0	0	
								0	0		
32-1-8										0	0
										0	0
<i>S. habrochaites</i>	7-4-12	0	0								
		0	0								
<i>S. habrochaites</i>	51-3-1		0	0							
			0	1							
<i>S. neorickii</i>	18-5-6			0	0						
				0	0						
	18-1-6					0	0				
						0	0				

Fuente: Autor
Elaboración: Autor

CONCLUSIONES

Acabado el proyecto, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Se ha logrado generar una palinoteca digital de una colección representativa de la diversidad intrínseca de tres especies de tomates silvestres pertenecientes al grupo *Lycopersicon*; disponiendo de material para comparación e identificación taxonómica e incluso como material académico, no solo en cuanto al polen, sino que también con referencia a las flores.
- Se dispone de información de caracteres morfológicos de los granos de polen de la diversidad de cada una de las tres especies estudiadas; encontrándose que los granos de polen de las plantas de *S. pimpinellifolium* son los que mayor tamaño presentan, a diferencia de las características encontradas en *S. habrochaites* que son las de menor tamaño; mientras que *S. neorickii* ha resultado con valores intermedios entre *S. habrochaites* y *S. pimpinellifolium*. Estos resultados representan un perfil morfológico característico de los recursos fitogenéticos de las especies estudiadas, al menos para los materiales aquí evaluados.
- El polen es parte de los órganos reproductivos de la flor, a su vez la flor está compuesta de órganos accesorios como el cáliz y la corola. A través de este estudio se ha logrado conocer la relación morfológica que existe entre caracteres de polen y flor y la forma en que se relacionan intra e inter específicamente las tres especies estudiadas; existiendo la tendencia a que las accesiones se agrupen o distribuyan de acuerdo a cada especie y principalmente de acuerdo al color del fruto que caracteriza a cada una, diferenciándose en especial especies caracterizadas por producir frutos rojos por una parte, y aquellas de frutos verdes por otra parte.
- Al comparar entre caracteres del polen y del fruto y de acuerdo a la distribución de los materiales, se ha encontrado que los caracteres de flor tienen un mayor efecto discriminante, de manera que *S. habrochaites* posee flores de mayor tamaño que *S. pimpinellifolium* y *S. neorickii*, siendo esta última la que posee las flores más pequeñas.
- Se ha encontrado que la organización de los materiales/especies de acuerdo a las características de polen y/o flores no obedecen a la ubicación geográfica de donde provienen las progenies de cada material, si no que más bien esto estaría más relacionado con la estructura genética; aunque se debe considerar que los materiales se evaluaron *ex situ* y en condiciones ambientales homogéneas.
- Se ha puesto a prueba la forma de reproducción que caracteriza a cada especie estudiada, es decir si presentan una tendencia hacia la autogamia o a la alogamia e incluso la posibilidad de cierto comportamiento particular dentro de la diversidad

intrínseca de una especie. A este respecto, los materiales de las tres especies presentan condiciones favorables de autopolinización, lo que aporta a la conservación espontánea *in situ* de la diversidad de estas especies. Por lo que respecta a la posibilidad de que existan cruzamientos interespecíficos en calidad de especies simpátricas, únicamente se ha encontrado un caso de fecundación efectiva entre una accesión de *S. habrochaites* y una accesión de *S. pimpinellifolium*; por lo que ello no necesariamente representa resultados contundentes de ello.

- El uso de herramientas estadísticas multivariadas en la caracterización morfológica del polen y de la flor con respecto a la diversidad de los recursos fitogenéticos de las especies silvestres de tomate, ha sido de alta utilidad, permitiendo obtener perfiles morfológicos efectivos expresados a través de Dendrograma o de gráficas de Análisis de Componentes Principales.
- La información básica generada en este trabajo es de utilidad para futuros trabajos de la diversidad de estas especies, para su conservación y para la agricultura; esto último considerando que se trata de materiales silvestres útiles para la mejora del tomate cultivado

RECOMENDACIONES

Tomando como referencia la investigación de este proyecto y conclusiones, se plantean algunas recomendaciones en caso de futuras implementaciones y/o trabajos relacionados:

- La necesidad de conocer la estructura de la diversidad de especies silvestres emparentadas a las cultivadas radica en que precisamente la información a obtener es relevante para establecer sus implicaciones en la conservación *in situ* y *ex situ*, así como en la mejora de la agricultura. Ante ello, es recomendable que este tipo de trabajos se amplíen hacia una mayor diversidad intrínseca y extrínseca, incluyendo una mayor amplitud geográfica de donde provienen los materiales; debiéndose considerar que Ecuador es un potencial en cuanto a la diversidad de recursos genéticos de tomate silvestres y que dispone de dos especies endémicas de las islas Galápagos.
- El trabajo de caracterización del polen y la generación de palinotecas debe extenderse hacia la disponibilidad de granos de polen colectados *in situ*, y de esta manera disponer de material que pueda mostrar rasgos morfológicos acorde a las condiciones ambientales en donde originalmente se encuentran. Esto también aplica al estudio de la morfología de la flor.
- En este estudio se ha generado una palinoteca digital, esto debido a que no se dispone de condiciones necesarias para la conservación del material biológico; por ello es recomendable la disposición de condiciones de almacenamiento y con ello no disponer únicamente de muestras digitales; debiéndose considerar, desde luego, los respectivos permisos de la Autoridad Ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre ,G., y Kato, Y. (1979). Competencia entre el polen de maíz y de teocintle durante la autofecundación. *Agro-ciencia*, 109-121.
- Alexander, M. (1969). Differential staining of aborted and nonaborted pollen. *Stain Technology* 44 (3), 117-122.
- Atarés, A., Moyano, E., Morales, B., Schleicher, P., García-Abellán, J. O., Antón, T., y Moreno, V. (2011). An insertional mutagenesis programme with an enhancer trap for the identification and tagging of genes involved in abiotic stress tolerance in the tomato wild-related species *Solanum pennellii*. *Plant cell reports*, 30(10), 1865.
- Bai, Y., y Lindhout, P. (2007). Domestication and Breeding of Tomatoes: What have We Gained and What Can We Gain in the Future? *Annals of Botany*, 100, 1085–1094.
- Bauchet, G., y Causse, M. (2012). Genetic Diversity in Tomato (*Solanum lycopersicum*) and Its Wild Relatives, Genetic Diversity in Plants, Prof. Mahmut Caliskan (Ed.), ISBN: 978-953-51-0185-7, InTech. Recuperado de: <http://www.intechopen.com/books/genetic-diversity-in-plants/genetic-diversity-in-tomato-Solanum-lycopersicum-and-its-wild-relatives>.
- Bedinger, P., Chetelat, R., McClure, B., Moyle, L., Rose, J., Stack, S., y Kumar, A. (2011). Interspecific reproductive barriers in the tomato clade: opportunities to decipher mechanisms of reproductive isolation. *Sexual Plant Reproduction*, 24 (3), 171-187.
- Belmonte, J., y Roure, J. (s. f.). El polen y las esporas. Punto de información aéreo biológica (P.I.A). Recuperado de: <http://lap.uab.cat/aerobiologia/es/pollen>
- Biodiversity-International (2006). "Crop wild relatives." 25.
- Bohs, L. (1989). Ethnobotany of the genus *Cyphomandra* Solanaceae). *Economic Botany* 43, 143–163.
- Bohs, L. (1995). Transfer of *Cyphomandra* (Solanaceae) and its species to *Solanum*. *Taxon*, 44, 583-587.
- Bucheli, P. (1999). Definition of biochemical and molecular markers (quality trait loci) for tomato flavour as tools in breeding. *Acta horticulturae*, 301-306.
- Caicedo, A., y Schaal, B. (2004). Population structure and phylogeography of *Solanum pimpinellifolium* inferred from a nuclear gene. *Molecular Ecology*, 13, 1871–1882.

- Carter, C., Gianiagna, T., y Sacalis, J. (1989). Sesquiterpenes in glandular trichomes of a wild tomato species and toxicity to the Colorado potato beetle. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 37, 1425.
- Contreras, R. (2016). Autogamia. Biología. La guía 2000. Recuperado de: <https://biologia.laguia2000.com/fisiologia-vegetal/autogamia>.
- Cruz–García, F., y McClure, B. (2001). Sexual incompatibility. In: Current Trends in the Embryology of Angiosperms. S S *Bhojwani*, WY Soh (eds). Kluwer Academic Publishers. *Netherlands*, 167–196.
- Darwin, S., Knapp, S., y Peralta, I. (2003). Tomatoes in the Galápagos Islands: morphology of native and introduced species of *Solanum* section *Lycopersicon* (Solanaceae). *Systematics and Biodiversity*, 1, 29–54.
- Dimock, M. (1983). The role of glandular trichomes in the resistance of *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* to *Heliothis zea* *Entomologia experimentalis et applicate*, 33, 263-268
- Domínguez, S. (1973). Influencia de los nudos cromosómicos en el proceso de la fertilización de *Zea mays* Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Mexico. 72p.
- Dughetti, A. (1993). Trabajos preliminares sobre la incidencia de daño y programas de control químico de la polilla del tomate en el cinturón verde del gran Buenos Aires. Resúmenes del XVI Congreso Argentino de Horticultura.
- Ejsmond, J., Wrońska-Pilarek, D., Ejsmond, A., Dragosz-Kluska, D., Karpińska-Kołaczek, M., Kołaczek, P., y Kozłowski, J. (2011). Does climate affect pollen morphology? Optimal size and shape of pollen grains under various desiccation intensity. *Ecosphere*, 2 (10), 1-15
- Esquinas-Alcázar, J. y Nuez, F. (1995). Anatomía y fisiología de la planta. En: El Cultivo del Tomate. F. Nuez ed. *Mundi-Prensa*, 793 p.
- Fernández-Muñoz, R., Salinas, M., Álvarez, M., y Cuartero, J. (2003). Inheritance of resistance to two-spotted spider mite and glandular leaf trichomes in wild tomato *Lycopersicon pimpinellifolium* (Jusl.) Mill. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128 (2), 188-195.

- Fernández-Pozo, N., Menda, N., Edwards, J. D., Saha, S., Tecle, I. Y., Strickler, S. R., y Yan, A. (2014). The Sol Genomics Network (SGN)—from genotype to phenotype to breeding. *Nucleic acids research*, 43 (D1), D1036-D1041.
- Foolad, M. R., Merk, H. L., y Ashrafi, H. (2008). Genetics, genomics and breeding of late blight and early blight resistance in tomato. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 27 (2), 75-107.
- Frankel, R., y Galun, E. (2012). Pollination mechanisms, reproduction and plant breeding. *Springer Science y Business Media*, (Vol. 2).
- Galen, C., y Plowright, R. (1987). Testing the accuracy of using peroxidase activity to indicate stigma receptivity. *Canadian Journal of Botany*, 65, 107-111.
- Galinat, W. (1961). The association of pollen grain size with ear length in corn. *Maize Genet. Coop. News Letter*, 35, 39-41.
- González, R. (2005). Ernst Mayr (1904-2005) de la teoría sintética de la evolución a la filosofía de la Biología. Lluç: Revista de la *Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, 28, 87-106.
- Grandillo, S., Chetelat, R., Knapp, S., Spooner, D., Peralta, I., Cammareri, M., Pérez, O., Termolino, P., Tripodi, P., Chiusano, M., Ercolano, M., Frusciante, L., Monti, L. y Pignone, D. (2011). Chapter 9 *Solanum* sect. *Lycopersicon*. CNR-IGV, Institute of Plant Genetics. Division of Portici, National Research Council. Via Università, 133, 80055 Portici. Naples, Italy.
- Greissl, R. (1989). Vitality analysis of nonadical and polyadical pollen grains using optical contrast-fluorescence microscopy. *Scientific and Technical Information*, 9 (5), 180-184.
- Grisales, S. (2017). Reproducción de las plantas, tipos (sexual y asexual). Paradis Sphynx. Recuperado de: <https://naturaleza.paradis-sphynx.com/plantas/reproduccion-de-las-plantas.htm>
- Hawkes, J., Lester, R., y Shelding, A. (1979). The biology and taxonomy of the Solanaceae. *Linnean Soc Symp Ser 7*, Linnean Society and Academic Press. London. Reino Unido, 738 pp.
- Hijmans, R., y Spooner, D. (2001). Geographic distribution of wild potato species. *American Journal of Botany*, 88, 2102-2112.

- Holcroft, D., y Allan, P. (1994). Storage of kiwi fruit pollen. *Journal of the Southern African Society for Horticultural Sciences*, 4 (2), 21-23.
- Holdridge LR. (1967). Life zone ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. 149 pp.
- Holle, M., Rick, C., y Hunt, D. (1978). Catalog of collections of green-fruited *Lycopersicon* species and *Solanum pennellii* found in watersheds of Peru. *TGC report*, 28, 49-78.
- Holle, M., Rick, C., y Hunt, D. (1979). Catalog of collections of green-fruited *Lycopersicon* species and *Solanum pennellii* found in watersheds of Peru. *TGC report*, 29, 73-91.
- Hunziker, A. (2001). Genera Solanacearum, the genera of Solanaceae illustrated arranged according to a new system. ARG Gantner, Ruggell.
- Hunter, D., Maxted, N., Heywood, V., Kell, S., y Borelli, T. (2012). Protected areas and the challenge of conserving crop wild relatives. *PARKS: The International Journal of Protected Areas and Conservation*, 18 (1), 87-98 ISSN:0960-233X.
- IPGRI, (1996). Descriptors for tomato (*Lycopersicon* spp.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italia.
- Jiménez-Durán, K., y Cruz-García, F. (2011). Incompatibilidad sexual, un mecanismo genético que evita la autofecundación y contribuye a la diversidad vegetal. *Revista fitotecnia mexicana*, 34 (1), 1-9.
- Juvik, J. (1982). Resistance among accessions of the genera *Lycopersicon* and *Solanum* to four of the main insect pests of tomato in Israel. *Phytoparasitica*, 10, 145-156.
- Kaloo, G. (1991). Breeding for environmental stress resistance in tomato. En "Kaloo G (ED). Genetic improvement of tomato. Springer- Verlag, *Berlín y Heidelberg*, 153-165
- Knapp, S. (2002). Tobacco to tomatoes: a phylogenetic perspective on fruit diversity in the Solanaceae. *Journal of Experimental Botany*, 53, 2001-2022.
- Knapp, S., Bohs, L., Nee, M., y Spooner, D. (2004). Solanaceae – a model for linking genomics with biodiversity. *Comparative and Functional Genomics*, 5, 285-291.
- Knapp, S. (2007). Lectotypification of Cavanilles' names in *Solanum* (Solanaceae). *Anales Jard Bot Madrid*, 64, 195- 203.

- Knapp, S., y Peralta, I. (2016). The Tomato (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) and Its Botanical Relatives. The Tomato Genome, Compendium of Plant Genomes, DOI 10.1007/978-3-662-53389-5_2.
- Kumar, D., y Sarkar, K. (1975). Pollen tube growth in vitro and in vivo. *Malze Genc L. Coop. News Letter*, 49, 53.
- Leite, G., Picanco, M., Guedes, R., y Zanuncio, J. (2001). Role of plant age in the resistance of *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* to the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Scientia horticulturae*, 89, 103-113.
- León, J. (2000). Botánica de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Col Libros Mater Educ 84, San José, Costa Rica. 525 pp.
- Lesur, L. (2006). Manual del cultivo de tomate una guía paso a paso, Editorial *Trillas*. México D.F. 2006.
- Lippman, Z., y Tanksley, S. (2001). Dissecting the genetic pathway to extreme fruit size in tomato using a cross between the small-fruited wild species *Lycopersicon pimpinellifolium* and *L. esculentum* var. Giant Heirloom. *Genetics*, 158 (1), 413-422.
- Livera, M. (1975). La temperatura como factor limitante en la adaptación del sorgo para grano (*Sorghum bicolor* Moench) en los Valles de Mexico. Tesis Profesional. Chapingo, Mexico. Universidad Autónoma Chapingo. 59 p.
- Lluch, J. (2009). Las Escalas BBCH. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/handle/10251/5675>
- Lora, J., Pérez, M., Fuentetaja, P., y Hormaza, J. (2006). Low temperature storage and in vitro germination of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) pollen. *Scientia Horticulturae*, 108, 91-94.
- Luza, J., y Polito, V. (1985). *In vitro* germination and storage of English walnut pollen. *Scientia Horticulturae*, 27, 303-316.
- Maldonado, C., Squeo, F., y Ibacache, E. (2003). Phenotypic response of *Lycopersicon chilense* to water deficit, (Vol. 76).
- Mapas del Ecuador. (2017). Recuperado de: <http://www.mapasecuador.net/mapa-loja-mapa-division-politica.html>.
- Marks, G. (1954). An acetic-carmine glycerol jelly for use in pollen fertility counts. *Stain Tech* 29, 277.

- Martínez, P., Gradziel, T., Ortega, E., y Dicenta, F. (2000). Short-term storage of almond pollen. *Hortscience*, 35 (6), 1151-1152.
- Mohammadi, S., y Prasanna, B. (2003). Analysis of genetic diversity in crop plants salient statistical tools and considerations. *Crop Science*, 43 (4), 1235-1248.
- Molinero, L. (2001). La regresión logística (II). Alce-Ingeniería. Recuperado de: <https://www.alceingenieria.net/bioestadistica/rlogis2.pdf>.
- Morales, M. (2014). Marcadores moleculares generados para Solanum sección lycopersicon. Centro de Biotecnología. Universidad Nacional de Loja. Ciudad Universitaria Guillermo Falconí Espinosa "La Argelia". Centro biotecnología.
- Morales, M., Morales, A., Artilés, A., Milián, Y. y Espinosa, G. (2016). Caracterización fenotípica y genética de cuatro especies silvestres del género Solanum, sección Lycopersicon. *Cultivos Tropicales*, 37 (3), 109-119.
- Müller, C. (1940). A revision of the genus Lycopersicon. U.S.D.A. *Miscellaneous Publication*, 382, 1–28.
- Newbigin, E., Anderson, A., Clarke, A. (1993). Gametophytic self-incompatibility systems. *The Plant Cell*, 5, 1315–1324.
- Navas, C. (2007). Análisis de riesgos con el uso de índices estadísticos de accidentalidad. Técnica Industrial. COGITI. Recuperado de: <http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-618-analisis-riesgos-indices-estadisticos-accidentalidad.aspx>
- Nora, S., Albaladejo, R., Martínez, S., Robledo-Arnuncio, J. y Aparicio, A. (2011). Movimiento de genes (polen y semillas) en poblaciones fragmentadas de plantas. *Ecosistemas*, 20 (2-3).
- Nuez, F., Morales, R., Prohens, J., Fernandez de Cordova, P., Soler, S., Valdivieso E., y Solórzano, V. (1999). Germoplasm of Solanaceae horticultural crops in the south of Ecuador. *Plant Genetic Resource Newsletter*, 120, 44-47.
- Nuez, F., Prohens, J., y Blanca, J. (2004). Relationships, origin, and diversity of Galapagos tomatoes: implications for the conservation of natural populations. *American Journal of Botany*, 91, 86–99.

- Paterson, B., Mutton, L., Paull, E., y Nguyen, V. (1987). Tomato pollen development: stages sensitive to chilling and a natural environment for the selection of resistant genotypes. *Plant Cell and Environment*, 10 (5), 363-368.
- Peralta, I., y Spooner, D. (2001). GBSSI gene phylogeny of wild tomatoes (*Solanum* L. section *Lycopersicon* [Mill.] Wettst. subsection *Lycopersicon*). *American Journal of Botany*, 88, 1888–1902.
- Peralta, I., Knapp, S. y Spooner, D. (2005). New species of wild tomatoes (*Solanum* section *Lycopersicon*: Solanaceae) from Northern Perú. *Systematic Botany*, 30 (2), 424–434.
- Peralta, I., Knapp, S., y Spooner, D. (2006). Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. Feature article. *Rep Tomato Genet Coop*, 56, 6–12.
- Peralta, I., Spooner, D. y Knapp, S. (2008). Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (*Solanum* sections *Lycopersicoides*, *Juglandifolia*, *Lycopersicon*; Solanaceae). *Systematic Botany*, 84, 1–186.
- Pérez, M. (2010). Mejoramiento Genético en *Solanum Lycopersicum* para la resistencia al pasador del fruto *Neoleucinodes elegantalis* guenée (Lepidoptera: Crambidae). Tesis Maestría. Universidad Nacional De Colombia Facultad De Ciencias Agropecuarias Coordinación General De Postgrados Palmira. Palmira-Colombia.
- Perveen, A., y Qaiser, M. (2007). Pollen morphology of family solanaceae from pakistan. *Pakistan Journal of Botanica*, 2243-2256.
- Poczai, P., y Hyvönen, J. (2011). On the origin of *Solanum nigrum*: can networks help?. *Molecular Biology Reports*, 38, 1171.
- Polo, J., y Diez, M. (1985). Contribución al atlas palinológico de Andalucía Occidental. IV. Solanaceae. Departamento de Botánica, Facultad de Biología, Sevilla. *Lazaroa*, 14 (1), 45-66.
- Pratta, G., Cánepa, L., Zorzoli, R., y Picardi, L. (2003). Efecto del germoplasma silvestre sobre caracteres de interés agronómicos en híbridos intra e interespecíficos del género *Lycopersicon*. Revista de *Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias*, (3), 13-21. junio de 2003.
- Punt, W., Hoen, P., Blackmore, S., Nilsson, S., y Thomas, A. (2007). Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 1-81.

- Ramos, A., Carballo, A., Hernández, A., Corona, T., y Sandoval, M. (2006). Caracterización de líneas de jitomate en hidroponía. Instituto de Recursos Genéticos y Producción, Colegio de Postgraduados. Agricultura Técnica en México. México-Texcoco, 32 (2), 213-223.
- Rick, C., y Lamm, R. (1955). Biosystematic Studies on the Status of *Lycopersicon chilense*. American Journal of Botany, 42(7), 663-675. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/2485327>.
- Rick, C. (1973). Potential genetic resources in tomato species: clues from observations in native habitats. En "Hollaender A, Srb AM (Eds) Genes, Enzymes and Populations. Plenum Press. Nueva York. EEUU".
- Rick, C., Kesicki, E., Fobes, F., y Holle, M. (1976). Genetic and biosystematic studies on two new sibling species of *Lycopersicon* from Interandean Perú. Theor. Appl. Genet. 47, 55–68.
- Rick, C., Fobes, J., y Tanksley, S. (1979). Evolution of mating systems in *Lycopersicon hirsutum* as deduced from genetic variation in electrophoretic and morphological characters. *Plant Systematics and Evolution*, 132, 279-298.
- Rick, C., y Holle, M. (1990). Andean *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*: genetic variation and its evolutionary significance. *Economic Botany*, 44, 69–78.
- Rick, C., y Chetelat, R. (1991). The breakdown of self-incompatibility in *Lycopersicon hirsutum*. En "Hawkes JG, Lester RN, Nee M, Estrada N (Eds) Solanaceae III: Taxonomy, Chemistry, Evolution. Royal Botanic Gardens, Kew, 253-256.
- Rivas, M. P., Albarracín, M., Moratinos, H., y Navas, F. Z. (2012). Rendimiento y calidad de fruto en cuatro cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones protegidas. Revista de la Facultad de Agronomía, 29 (3).
- Rodríguez, G., Vargas, D., Sánchez, J., Lépiz, R., Rodríguez, A., Ruiz, J., Puente P. y Miranda, R. (2009). Etnobotánica de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en el Occidente de México. Naturaleza y Desarrollo, 7 (2), 46-59.
- Rosas, M., Rojas, G., León, P., y Squeo, F. (2010). Ficha de antecedentes de especie, *solanum pimpinellifolium*. Recuperado de: http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/fichas6proceso/fichas2010/Solanum%20pimpinellifolium_Solanum%20pissisi_P06R2_RCE.pdf.

- Sáenz, C. (2004). Glosario de términos palinológicos. Real Jardín Botánico, CSIC. Plaza de Murillo. Madrid. *Lazaroa*, 25, 93-112.
- Samuels, J. (2012). Preliminary Taxonomic Inventory of Food Species of the Solanaceae Family; Oral presentation/paper given at the Primer Congreso Internacional de Biotecnología y Biodiversidad. CIBE-ESPOL/AEBE: Guayaquil, Ecuador.
- Seymour, G., Ostergaard, L., Chapman, N., Knapp, S., y Martin, C. (2013). Fruit ripening and development. *Annual Review of Plant Biology*, 64, 219–241.
- Shivanna, K., y Johri, B. (1985). *The Angiosperm pollen: Structure and Function*. Wiley Eastern Lim. New Delhi, India.
- Shivanna, K., y Rangaswamy, N. (1992). *Pollen biology: a laboratory manual*. New York, USA. *Springer*. 118 p.
- Simbaqueba, J., Sánchez, P., Sánchez, E., Zarantes, V., Chacón, M., Barrero, L., y Mariño-Ramírez, L. (2011). Development and characterization of microsatellite markers for the Cape gooseberry *Physalis peruviana*. *PloS one*, 6 (10), e26719.
- Smith, S., y Peralta, I. (2002). Ecogeographic surveys as tools for analyzing potential reproductive isolating mechanisms: an example using *Solanum juglandifolium* Dunal, *S. ochranthum* Dunal, *S. lycopersicoides* Dunal, and *S. sitiens* I. M. Johnston. *Taxon*, 51, 341–349.
- Sneath, P., y Sokal, R. (1973). *Numerical Taxonomy: The Principles and Practice of Numerical Classification*. San Francisco: Freeman, 573 pp.
- Spooner, D., Anderson, G. y Jansen, R. (1993). Chloroplast DNA evidence for the interrelationships of tomatoes, potatoes, and pepinos (Solanaceae). *American Journal of Botany*, 80, 676–688.
- Spooner, D., y Hetterscheid, W. (2005). Origin, evolution, and group classification of cultivated potatoes. En: Motley TJ, Zerega N, Cross H (eds). *Darwin's harvest: new approaches to the origins, evolution, and conservation of crops*. Columbia University Press. New York, Estados Unidos, 285-306.
- Spooner, D., y Salas, A. (2006). Structure, biosystematics, and genetic resources. En: Gopal J, Paul SM (eds). *Handbook of potato production, improvement, and postharvest management*. Food Products Press, New York, Estados Unidos, 1- 40.

- Squeo, F., Arancio, G., y Gutierrez, J. (2008). Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación. Región de Atacama. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, 466 pp.
- Stamova, B., y Chetelat, R. (2000). Inheritance and genetic mapping of cucumber mosaic virus resistance introgressed from *Lycopersicon chilense* into tomato. *Theoretical and Applied Genetics*, 101 (4), 527-537.
- Tovar-Méndez, A., Kumar, A., Kondo, K., Ashford, A., Baek, Y., Welch, L., y McClure, B. (2014). Restoring pistil-side self-incompatibility factors recapitulates an interspecific reproductive barrier between tomato species. *The Plant Journal*, 77 (5), 727-736.
- UTHSCSA (University of Texas Health Science Center, San Antonio) (2000). UTHSCSA Image Tool. IT version 2.0. University of Texas, San Antonio, Estados Unidos. Recuperado de: <http://macorb.uthscsa.edu/dig/download.html>.
- Van der Knaap, E., Gray, S., Fujimura, K., Lang, L., Dujmovic N, Sullivan D, Brewer, M., Gonzalo, M., Rodriguez, G., y Anderson, C (2008). Tomato Analyzer. Recuperado de: <http://www.oardc.ohio-state.edu/vanderknaap/TArelease.htm>.
- Van der Walt, D., y Littlejohn, G. (1996). Storage and Viability Testing of Protea Pollen. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121 (5), 804-809.
- Villavicencio, C. (2017). Análisis morfométrico de tres especies de *Solanum* del grupo *Lycopersicon*: Efecto de la variabilidad ambiental, geográfica y genética. Tesis de pregrado. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja-Ecuador.
- Volk, G. (2011). Collecting pollen for genetic resources conservation. Crop Genebank knowledge Base: Chapter 25. National Center for Genetic Resources Preservation USDA-ARS, Fort Collins, USA.
- Warnock, S. (1991) Natural habitats of *Lycopersicon* species. *Horscience*, 26 (5), 446- 441.
- Wheeler, W., Whiting, M., Wheeler, Q., y Carpenter, J. (2001). The phylogeny of the extant hexapod orders. *Cladistics*, 17, 113-169
- Yates, I. (1991). Reducing Pollen Moisture Simplifies Long-term Storage of Pecan Pollen *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116 (3), 430- 434.
- Zhang, P. (2008). Effects of crop development on the emission of volatiles in leaves of *Lycopersicon esculentum* and its inhibitory activity to *Botrytis cinerea* and *Fusarium oxysporum*. *Journal of integrative plant biology*, 50, 84-91.

Zuriaga, E., Blanca, J., Cordero, L., Sifres, A., Blas-Cerdan W., y Morales, R. (2009). Genetic and bioclimatic variation in *Solanum pimpinellifolium*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 56, 39-51

ANEXOS

Anexo 1. Características morfológicas de las plantas de las especies del grupo *Lycopersicon*, no asumidas en el capítulo de marco teórico de éste trabajo. Descripción de hábito, tallo, hojas, flores, frutos y semilla. Información tomada de Peralta et al., (2008).

ESPECIE	HABITO	TALLO	HOJA	INFLORECIENCIA	FLOR	FRUTO	SEMILLA
<i>S. galapagense</i>	Hierbas perennes, erectas inicialmente, luego procumbentes, delgadas a robustas y vinosas, de 3 m de largo.	10-12 mm de diámetro en la base, verde, densamente pubescente, la planta tiene un fuerte olor a cítricos.	de imparipinadas, de 5-25 cm de largo, 2-17 cm de ancho, de color verde brillante, ápice agudo a redondeado, base oblicuo, margen profundamente lobulado.	de 10 cm de largo, simples o ocasionalmente de 2-3 ramas, con hasta 12 flores, pedúnculo de 1-3.5 cm de largo, pubescentes como los tallos.	actinomorfas o algunas zigomorfas con el tubo del cáliz de 0,5 a 1 mm de largo, lóbulos de 3 a 6 mm de largo, 1-1,5 mm de ancho, lineales, pubescentes; Corola 1,6-3,2 cm de diámetro pentagonal, amarillo, el tubo de 0,5-0,7 cm de largo, lóbulos 0,7-1,3 cm de largo, 0,3-0,7 cm de ancho; Estilo 0.4-0.8 cm de largo; Estigma verde.	de 0.6-1.1 cm de diámetro, globosos, naranja pálida a anaranjada en la madurez.	
<i>S. chmielewskii</i>	Hierbas perennes secas o esparcidas, leñosas en la base, de 1 m de altura, hasta 1 m o más de diámetro.	de 4-5 mm de diámetro, verde grisáceo pálido, Entrenudos 3-8 cm de largo.	Hojas interrumpidas imparipinadas, de 5 a 12 cm de largo, de 2 a 6 cm de ancho, de color verde oscuro a verde pálido, ápice agudo; margen entero	3-9 cm, no ramificadas, con 2-7, flores pubescente como los tallos.	tubo del cáliz de 0.5-1 mm de largo, lanceoladas, amarillo brillante, Estilo 0.8-0.9 cm de largo, blanco-pubescente, recto; Estigma verde.	1-1,3 cm de diámetro, globoso, 2-ocular, verde, con una franja de color verde oscuro.	de 2,2 a 3,2 mm de largo, 1,2-1,6 mm de ancho, de color marrón claro.

ESPECIE	HABITO	TALLO	HOJA	INFLORECENCIA	FLOR	FRUTO	SEMILLA
S. arcanum	erecto a menudo postrado, hierbas perennes, leñosas en la base, a 1 m de altura, a 1 m o más de diámetro	de 7 a 12 mm de diámetro a la base, verde; Entrenudos de 2-6 cm de largo	imparipinadas, 5-15 cm de largo, 2,5-7 cm de ancho, verdes a pálidas debajo, ápice agudo, Las hojas secundarias ocasionalmente se presentan macroscópicamente en las hojas más grandes, de 0,1-0,2 cm de largo, 0,1-0,2 cm de ancho, sésiles;	de 6-20 cm de largo, sin ramificaciones, con 5-20 flores; Brotes de 0,8-1 cm de largo, 0,3-0,4 cm de ancho, rectos.	con el tubo del cáliz diminuto, lóbulos de 5-7 mm de largo, 1,5-2 mm de ancho, lanceolado; Corola de 1,8-2 cm de diámetro, pentagonal, amarilla, el tubo 0,5-0,6 (-0,8) cm de largo, lóbulos de 0,8-1 cm de largo, 0,8-1 cm de ancho, blanco-pubescente en las puntas y los márgenes.	de 1-1,4 cm de diámetro, globoso, verde, desde el ápex hasta la base con una franja verde oscuro (a veces se vuelve de color púrpura en la madurez);	de 2,2 a 3,2 mm de largo, 1,2-1,6 mm de ancho de color marrón claro.
S. huaylasense	Extensas hierbas perennes, leñosas en la base, de 1 m de altura, a 1 m de diámetro.	de 7 a 10 mm de diámetro a la base, verde.	imparipinadas, de 3,5-13 cm de largo, 1-6 cm de ancho, de color verde brillante, sub-opuestos a suplentes, estrechamente elípticos, ápice agudo a acuminado.	Inflorescencias 12-30 cm de largo, con 8-30 flores, pedúnculo de 5-15 cm de largo, muy pubescente como los tallos; Pedicelos de 0.8-1.6 cm de largo, articulados en la mitad distal.	con el tubo del cáliz ca. 0,5-1 mm de largo, los lóbulos del cáliz de 2,5-5 mm de largo, 1-1,5 mm de ancho, lanceolado; Corola de 1,8-2,5 cm de diámetro, estrellada, amarilla, el tubo de 0,2-0,5 cm de largo	de 1-1,4 cm de diámetro, globoso, 2-ocular, verde con una franja de color verde oscuro o púrpura	de 2,4-3 mm de largo, 1,1-1,5 mm de ancho, 0,5-0,6 mm de grosor de color marrón claro.

ESPECIE	HABITO	TALLO	HOJA	INFLORECENCIA	FLOR	FRUTO	SEMILLA
<i>S. peruvianum</i>	hierbas perennes a pequeños arbustos, leñosos en la base, a 0,5 m de altura, a 1 m de diámetro.	de 3-5 mm de diámetro en la base, verde pálido grisáceo; Los tallos jóvenes son más densamente pubescentes ya veces más glandulares; Entrenudos 1,5-5 cm de largo.	interrumpidas imparipinadas, de 4-10 cm de largo, de 1,6-7 cm de ancho, de color verde grisáceo, pubescentes como los tallos, margen entero;	De 8-16 cm de largo, generalmente ramificadas y bifurcadas, ocasionalmente más de una vez ramificadas, con 8-20 flores, densamente blanco aterciopelado-pubescente como los tallos y las hojas. Pedicelos de 1-1,5 cm de largo, articulados en la mitad proximal o en el centro.	posee cáliz dividido esencialmente a la base, lóbulos 5-7 milímetros de largo, 1.5-2 milímetros de par en par, Lanceolado; Corola de 1,7-2,3 cm de diámetro	DE 1-1.5 cm de diámetro de color verde a blanco verdoso y con frecuencia rojiza con púrpura, con una franja de color verde oscuro o púrpura desde el ápice hasta la base en la madurez, 2-locular;	de 1,8-3,0 mm de largo, 1,0-1,4 mm de ancho, 0,5-0,7 mm de espesor, de obovadas, de color marrón oscuro.
<i>S. corneliomulleri</i>	erecto a las hierbas perennes decumbentes, leñosas en la base, a 1 m de altura, a 1 m de diámetro	de 7-12 mm de diámetro a la base, verdes, la pubescencia aterciopelada; entrenudos de 2-9 cm de largo.	imparipinadas, 3,5-13 cm de largo, 1,5-6,5 cm de ancho, verdes, densamente pubescentes como los tallos; Folíolos primarios 3-5 pares,	4-12 cm de largo, simples o más frecuentemente una vez ramificadas y bifurcadas, con 8-16 flores, 0.3-0.5 cm de largo, 0.3-0.5 cm de ancho, márgenes.	con el tubo del cáliz de 0,5 mm de largo, lóbulos de 3-6 mm de largo, 0,7-1,5 mm de ancho, lanceolado; Corola 1.5-2.4 cm de diámetro; Estigma verde.	0.9-1.3 cm de diámetro, de globoso, de color verde a blanco verdoso, con una franja de color verde oscuro.	1,7-3,0 mm de largo, 1,2-1,6 mm de ancho, 0,5-0,8 mm de espesor, de color marrón oscuro.

ESPECIE	HABITO	TALLO	HOJA	INFLORECENCIA	FLOR	FRUTO	SEMILLA
<i>S. pennellii</i>	hierba perenne, leñosa en la base, a 1 m de altura, a 0.4-0.5 m de diámetro.	9-12 mm de diámetro en la base, verde amarillento frágil.	son imparipinadas de 3,5-13 cm de largo, 2,2-7,5 cm de ancho, verde amarillento, púberes como los tallos	de 4-11 cm de largo, simples o una vez ramificadas, con 6-15 flores, pubescente como los tallos y las hojas	con el tubo del cáliz de 5 mm de largo, lóbulos de 4-5 mm de largo, de 1-1,5 mm de ancho; Corola de 2-2.1 cm de diámetro, pentagonal y zigomorfas; estilo 0.9-1 cm de largo, ca. 0,5 mm de diámetro; Estigma verde.	de 1-1,3 cm de diámetro, globoso, verde; Pedúnculos fructíferos de 2-2,5 cm de largo, rectos o ligeramente doblados en la articulación	de 1,4-2,4 mm de largo, 0,7-1,2 mm de ancho, 0,5-0,6 mm de espesor de color marrón claro.
<i>S. cheesmaniae</i>	Hierbas perennes, erectas inicialmente, más tarde procumbentes, delgadas a robustas	6-10 mm de diámetro en la base, verde, varias pubescencias, poblaciones costeras más glandulares; Con un fuerte olor a cítricos; Entrenudos 1,5-5 cm de largo	imparipinadas, de 3,5 a 14 cm de largo, de 1,5 a 8,5 cm de ancho, de color verde lima a verde oscuro, escasamente pubescentes; ápice agudo, asimétrico, redondeado a cordado, margen entero a irregularmente lobulado.	Inflorescencias hasta 7,5 cm de largo, simples o, a veces, de 2-3 ramificaciones, con hasta 11 flores, generalmente brazos de bráctea y bráctea, a veces presentes en el eje, pedúnculo 1-3,3 cm de largo, pubescentes como los tallos.	con el tubo del cáliz de 0.5-1 mm de largo, lóbulos de 3-5 mm de largo, ca. 1 mm de ancho, lineal; Corola de 1,8-2,8 cm de diámetro, pentagonal, amarilla, el tubo de 0,2-0,4 cm de largo, lóbulos de 0,9-1,4 cm de largo; Estigma verde.	de 0,6-1,4 cm de diámetro, globosos, 2-loculares, amarillos o anaranjados en madurez, glabrescentes;	de 1,5-2,0 mm de largo, 0,8-1,2 mm de ancho, 0,4-0,5 mm de espesor, de obovadas, de color marrón claro, pubescentes

ESPECIE	HABITO	TALLO	HOJA	INFLORESCENCIA	FLOR	FRUTO	SEMILLA
S. ochranthum	Sub arbusto, aproximadamente ascendente de hasta 4 m.		imparipinnadas, con hojas pequeñas, de 13-35 cm de largo, 11-20 cm de ancho, verde, base y ápice agudos, membranáceos, borde entero de 6-8 cm de largo, 2-3 cm de ancho.	Inflorescencia en racimos terminales o axilares	0.6-1.1 cm con el tubo del cáliz de 2.5-4 mm de largo, lóbulos de 2-5 mm de largo, 2-3 mm de ancho, verdoso, pubescente; a corola 2.4-3.5 cm en el diámetro lobulada, amarilla, ápice de los lóbulos agudos, algo retrorsos, ovario cónico	2-5 cm en diámetro (o a veces más grande), las paredes gruesas y leñosas, 2-3-locular, verde, glabro, una baya globosa	4.3-5.0 mm de largo, 3.0-3.5 mm de ancho, 0.8-1.0 mm de espesor, palidecen el marrón
S. chilense	Hierbas perennes robustas, erigidas, a 1 m de altura, a 1 m de diámetro, de vez en cuando su hábitat es rocoso.	de 8 a 12 mm de diámetro en la base, grisáceos, densamente aterciopelados pubescentes; Entrenudos 1-2 cm de largo.	imparipinadas, de 7-13 cm de largo, de 2,5-6,5 cm de ancho, de color verde grisáceo, densamente blancas; ápice ampliamente agudo a acuminado; base decurrente sobre el raquis, oblicuo y la lámina más ancha; margen de crenado irregular.	6-20 cm de largo, ramificadas y regularmente bifurcadas, la inflorescencia con 3 ramificaciones, con 20-50 flores, márgenes irregularmente crenados, pedúnculo de 4-15 cm de largo.	con el tubo del cáliz de 0,5-1 mm de largo, lóbulos de 5-6 mm de largo, 1-2 mm de ancho, lanceolado, densamente blanco aterciopelado pubescente en ambas superficies; Corola de 2-2.6 cm de diámetro.; Estilo 1-1.4 cm de largo. Estigma verde.	de 1-1,5 cm de diámetro, globoso, 2-5-locular, blanco verdoso con rayas púrpura en los márgenes del lóbulo cuando maduran; baya	de 2,2-3,2 mm de largo, 1,2-1,6 mm de ancho, 0,5-0,7 mm de espesor, obovado, de color marrón oscuro.

Fuente: Autor
Elaboración: Autor

Anexo 2. Características de las plantas de las especies del grupo Lycopersicon no asumidas en el capítulo de marco teórico de éste trabajo, con respecto al desarrollo y adaptabilidad, incluyendo su utilidad en la agricultura.

ESPECIE	DESARROLLO Y ADAPTABILIDAD	UTILIDAD EN LA AGRICULTURA
<p>S. <i>galapagense</i></p>	<p><i>S. galapagense</i> y <i>S. cheesmaniae</i> son endémicas de las Islas Galápagos (Darwin et al., 2003).</p> <p>La recopilación de información más reciente de las especies endémicas de tomate es la de John Scouler (<i>Solanum galapagense</i>), recogida en 1827. <i>S. galapagense</i> siempre ha sido reconocido como un taxón distinto (Darwin et al., 2003). El color naranja de la fruta también se la puede encontrar sólo en <i>S. cheesmaniae</i> y <i>S. galapagense</i>. Este carácter se deriva en estas dos especies (Peralta y Spooner 2001).</p>	<p>Por ser endémica de Galapagos genera preocupación acerca de la conservación in situ de las poblaciones naturales. Esta especie puede ser consideradas vulnerables debido a su estrecho rango, endemidad de las islas y potencial para el intercambio genético con especies no nativas; puede ser diferenciadas claramente del resto del grupo de especies (Darwin et al., 2003).</p>
<p>S. <i>chmielewskii</i></p>	<p>En altos valles andinos, en el sur de Perú a Sorata en el norte de Bolivia; 2300-3000 m; prefiere los hábitats más secos y mejor drenados (Rick et al., 1976)</p> <p>Rick et al., (1976) sugirieron que el cruzamiento <i>S. chmielewskii</i> dio origen a <i>S. neorickii</i> en su área de simpatía en el sur de Perú cerca de las localidades de tipo para ambas especies.</p>	<p>Las especies silvestres de tomate silvestres (<i>S. cheesmanii</i> y <i>S. pimpinellifolium</i>) poseen atributos individuales de importancia potencial para el mejoramiento de las variedades. Éstas continúan siendo utilizadas para el mejoramiento genético de las variedades cultivadas (Morales, 2014).</p>
<p>S. arcanum</p>	<p>Valles costeros e interiores andinos en el norte del Perú; En lomas, valles secos y en laderas rocosas secas; 100-2500 m. <i>S. arcanum</i> es un miembro de un clado que se encuentra <i>S. neorickii</i> y <i>S. chmielewskii</i>. Es una especie extremadamente variable (Peralta et al., 2005).</p>	

ESPECIE	DESARROLLO Y ADAPTABILIDAD	UTILIDAD EN LA AGRICULTURA
<p>S. <i>huaylasense</i></p>	<p>Se encuentra en Perú, en las laderas rocosas del Callejón de Huaylas a lo largo del Río Santa y en el drenaje adyacente Río Fortaleza a 1700-3000 m. Crece en rocas es generalmente una planta larguirucha, larguirucha en estado salvaje. Los ejemplares cultivados de <i>S. huaylasense</i> son plantas robustas y erectas, con hojas muy diseccionadas, pedúnculos muy largos, Los tallos, los entrenudos, las hojas, las flores, las flores y las frutas suelen ser más grandes en el cultivo que en el medio silvestre, pero mantienen proporciones de caracteres similares a las que se recogen en el medio silvestre (Peralta et al., 2005)</p>	
<p><i>S. peruvianum</i></p>	<p><i>S. peruvianum</i> es una especie costera de baja elevación, característica de la vegetación de lomas, las poblaciones más septentrionales alrededor de Lima, fue uno de los primeros tomates silvestres que se cultivaron en jardines botánicos. Las introducciones originales parecen provenir de dos partes diferentes de la gama de especies; Se distingue de sus parientes cercanos por la combinación de una pubescencia uniforme y densa; existe una variación considerable en la morfología foliar en poblaciones de <i>S. peruvianum</i> a lo largo de la costa peruana (Peralta y Spooner, 2001)</p>	

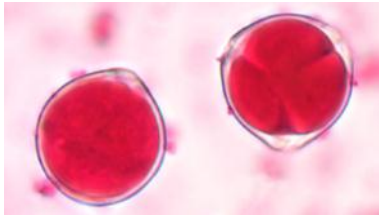

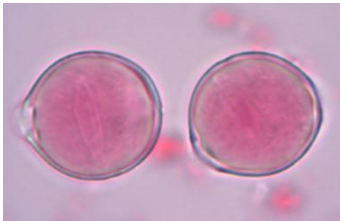

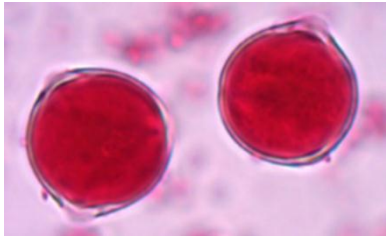

ESPECIE	DESARROLLO Y ADAPTABILIDAD	UTILIDAD EN LA AGRICULTURA
<p>S. <i>corneliomulleri</i></p>	<p>Su distribución son altitudes medias a más altas en la vertiente occidental de los Andes desde el centro (cerca de Lima) hasta el sur del Perú; Ocasionalmente en las laderas más bajas en los bordes de deslizamientos de tierra (huaycos) hacia la parte sur de la gama de especies; 1000-3000 m. (Peralta et al., 2008).</p>	
<p>S. pennellii.</p>	<p>Se encuentra en Norte de Perú (Piura) al norte de Chile (Tarapacá); Laderas rocosas secas y zonas arenosas; Nivel del mar a 3000 m (Peralta et al., 2008),</p> <p><i>S. pennellii</i> es fácil de distinguir de todos los demás parientes del tomate por sus hojas compuestas con hojas casi orbiculares y por el tubo de la antera, compuesto de anteras conectadas por pelos laterales y carentes de un apéndice apical estéril (Atarés et al., 2011).</p>	
<p>S. <i>cheesmaniae</i></p>	<p>Su distribución es en Islas Galápagos, Ecuador a 1300 m; están presentes en la costa norte de Santa Cruz y Baltra, San Cristóbal, Santa Fé, Pinzón y la costa de Isabela; es morfológicamente bastante variable se distingue por sus hojas menos divididas, menos numerosas hojas interpuestas y lóbulos de cáliz más cortos, que no encierran la fruta madura. También observó <i>S. cheesmaniae</i> compartió similitudes morfológicas, pero se asemejó a <i>S. galapagense</i> con respecto a sus entrenudos más cortos. (Darwin et al., 2003).</p>	

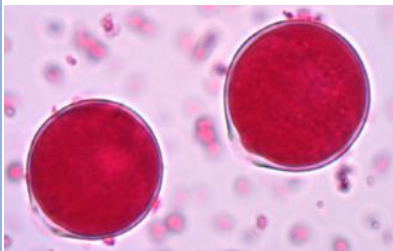

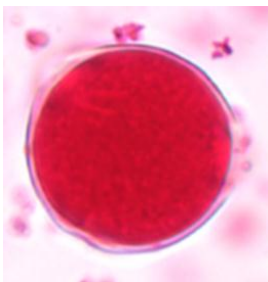

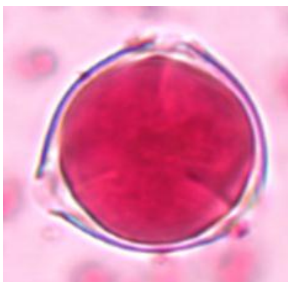

ESPECIE	DESARROLLO Y ADAPTABILIDAD	UTILIDAD EN LA AGRICULTURA
<p>S. ochranthum</p>	<p>De esta especie se tienen pocos datos, pero según Smith y Peralta, (2002). Se distribuye en Colombia, Perú, Ecuador; <i>S. ochranthum</i> presenta plantas parecida a la vid que se encuentra principalmente en hábitats muy húmedos de los Andes septentrionales. Está sexualmente aislada del tomate, y como resultado no se ha utilizado en programas de mejora del tomate. Los intentos de cruzar <i>S. ochranthum</i> con tomate y otras nueve especies del grupo Lycopersicon han fracasado (Rick et al., 1979; Rick y Holle 1990).</p>	<p>Esta especie es una nueva fuente muy valiosa en lo que se respecta a la resistencia a Insectos y enfermedades bacterianas fúngicas de los sistemas foliares y de raíces para la mejora del tomate (Rick y Holle, 1990).</p>
<p>S. chilense</p>	<p>Su distribución es en las laderas occidentales de los Andes desde el departamento de Tacna en el sur de Perú hasta el norte de Chile; En llanuras rocosas y desiertos costeros, a 3000 m; Se desarrolla en zonas extremadamente áridas, incluso a bajas elevaciones a lo largo de la costa, región que recibe la menor precipitación anual. Rick y Lamm (1955) llegaron a la conclusión de que esta especie debe ser reconocida como una especie distinta, ya que no se cruza fácilmente con otras especies, tiene una morfología distintiva, ya que también muestran una fuerte tolerancia a la aridez. Son capaces de brotar nuevos brotes de la base del tallo o de las raíces, permitiendo la regeneración después de un período de sequía prolongada (Maldonado et al., 2003)</p>	<p>Tienen rasgos de resistencia a la enfermedad, incluyen resistencias a TYLCV y otros virus <i>gemini</i>, virus del mosaico del pepino (CMV), TSWV. (Maldonado, et al., 2003)</p>

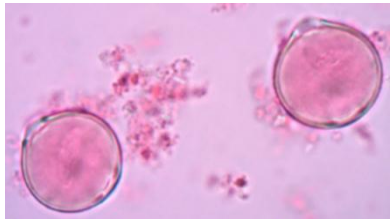

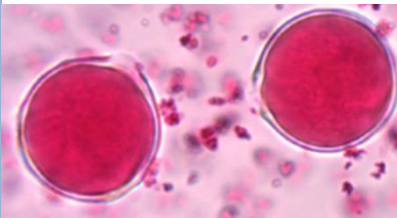

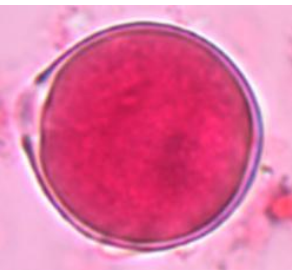

Fuente: Autor

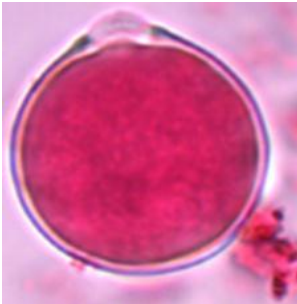



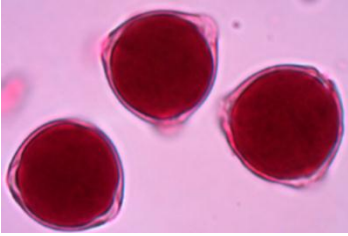

Elaboración: Autor

Anexo 3. Palinoteca digital. Características del grano de polen y de la morfología de flor de las especies estudiadas: *S. habrochaites*, *S. pimpinellifolium* y *S. neorickii*.

Especie	Código	Sitio de prov.	Imagen de los granos de polen	Características de los granos de polen	Imagen de la morfología de la flor	Características de la morfología de la flor
<i>S. habrochaites</i>	H 16	AZUAY/Caledon as		Longitud:19.24 Ancho: 19.17 Circunferencia 74.45 Área:282.63		Longitud pétalo: 13.60 Longitud sépalo: 5.43 Longitud saliente estilo: 1.35 Longitud estambre: 10.11
<i>S. habrochaites</i>	H 3	LOJA/ Yangana		Longitud:20.16 Ancho: 19.69 Circunferencia 79.31 Área:310.84		Longitud pétalo: 15.80 Longitud sépalo: 6.45 Longitud saliente estilo: 1.53 Longitud estambre: 9.96
<i>S. habrochaites</i>	H 43	LOJA/Mollinomu na		Longitud:18.65 Ancho:18.83 Circunferencia 76.26 Área:276.2		Longitud pétalo: 14.15 Longitud sépalo: 6.25 Longitud saliente estilo: 1.45 Longitud estambre: 10.25

Espece	Código	Sitio de prov.	Imagen de los granos de polen	Características de los granos de polen	Imagen de la morfología de la flor	Características de la morfología de la flor
<i>S. habrochaites</i>	H 51	LOJA/Santiago		Longitud:20.12 Ancho:20.25 Circunferencia 80.16 Área:315.63		Longitud pétalo: 13.58 Longitud sépalo: 5.68 Longitud saliente estilo:1.20 Longitud estambre: 11
<i>S. habrochaites</i>	H 24	CHIMBORAZO/ Alausi		Longitud:21.33 Ancho:22.13 Circunferencia 86.21 Área:361.12		Longitud pétalo: 14.79 Longitud sépalo: 9.53 Longitud saliente estilo:00 Longitud estambre:9.29
<i>S. habrochaites</i>	H 38	LOJA/Loja		Longitud:20.35 Ancho:20.38 Circunferencia 80.89 Área: 320.09		Longitud pétalo: 13.53 Longitud sépalo: 6.63 Longitud saliente estilo: 1.43 Longitud estambre: 10.64

Especie	Código	Sitio de prov.	Imagen de los granos de polen	Características de los granos de polen	Imagen de la morfología de la flor	Características de la morfología de la flor
S. <i>habrochaites</i>	H 7	LOJA/ Sozoranga		Longitud: 19.25 Ancho:19.27 Circunferencia: 76.22 Área:288.63		Longitud pétalo:15.51 Longitud sépalo: 6.26 Longitud saliente estilo: 0.40 Longitud estambre: 9.64
S. <i>habrochaites</i>	H 6	LOJA/ Cariamanga		Longitud: 19 Ancho: 19.1 Circunferencia: 76.36 Área:280.6		Longitud pétalo: 14.79 Longitud sépalo: 5.29 Longitud saliente estilo 1.42: Longitud estambre: 10.43
S. <i>pimpinellifolium</i>	P 32	MANABÍ/ Mancha grande		Longitud:21.56 Ancho: 21.78 Circunferencia 85.99 Área:360.97		Longitud pétalo:9.16 Longitud sépalo:2.87 Longitud saliente estilo: 0.18 Longitud estambre: 6.25

Especie	Código	Sitio de prov.	Imagen de los granos de polen	Características de los granos de polen	Imagen de la morfología de la flor	Características de la morfología de la flor
<i>S. pimpinellifoliu m</i>	P 30	MANABÍ / zapallo		Longitud:22.37 Ancho:22.42 Circunferencia: 89.32 Área:398.4		Longitud pétalo:10.63 Longitud sépalo:3.57 Longitud saliente estilo: 0.37 Longitud estambre: 6.09
<i>S. pimpinellifoliu m</i>	P 31	MANABÍ/EI Cruce		Longitud: 25.02 Ancho:25.3 Circunferencia: 101.97 Área:505.26		Longitud pétalo:11.46 Longitud sépalo:7.59 Longitud saliente estilo: 0.97 Longitud estambre:8.17
<i>S. neorickii</i>	N 18	AZUAY/Paute		Longitud: 22.43 Ancho:22.38 Circunferencia: 89.56 Área: 387.03		Longitud pétalo:14.26 Longitud sépalo: 4.43 Longitud saliente estilo: 0.87 Longitud estambre: 9.23