

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“SELECCIÓN DE ACCESIONES PROMISORIAS DE
TOMATE SILVESTRE (*Lycopersicon* sp.)”**

Presentada por:

CARLOS OMAR CUYA PAREDES

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO

Lima - Perú

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**“SELECCIÓN DE ACCESIONES PROMISORIAS DE
TOMATE SILVESTRE (*Lycopersicon* sp.)”**

**Tesis para optar el título de
INGENIERO AGRÓNOMO**

CARLOS OMAR CUYA PAREDES

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Dra. Luz Gómez Pando
PRESIDENTE

Dr. Jorge Jiménez Dávalos
ASESOR

Biol. Mg. Sc. Rosa Cabrera Pintado
CO-ASESORA

Ing. Mg. Sc. María de Lourdes Tapia y Figueroa
MIEMBRO

M.S. Andrés Casas Díaz
MIEMBRO

Lima – Perú

2018

*A Dios, por haberme permitido vivir hasta este día, haberme guiado a lo largo de mi vida.
Por haberme dado la fortaleza para seguir adelante en aquellos momentos de debilidad.*

*A mi madre Georgina Paredes, por confiar en mí en todo momento y por su apoyo
incondicional*

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a:

A la Blga. Rosa Cabrera por la oportunidad brindada para realizar este trabajo de tesis, por su asesoramiento, dedicación y apoyo durante el desarrollo de la investigación.

Al Dr. Jorge Jiménez por su asesoramiento, apoyo constante, por su tiempo y por los conocimientos que me transmitió.

Al INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria), por la financiación de la presente tesis.

A los miembros del jurado: Dra. Luz Gómez Pando, Andrés Casas y Lourdes Tapia, por su valioso aporte en el presente trabajo de investigación.

A la Sra. Luz Guzmán, Delia y Martín, por su apoyo y paciencia durante la realización de la tesis.

A mis compañeros de laboratorio de cultivos vegetales de la DRGB del INIA: Jean Carlo, por el material facilitado y las sugerencias recibidas en los momentos de duda; asimismo, a Melissa, Jessica, Renzo, Jerica, Liliana, Nery, Kiara, Sebastián, Milca, Sandra, Julieta y Cindy; a todos, gracias por su amistad y apoyo desinteresado.

A mis amigos y compañeros de la universidad, que siempre me han brindado su apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles.

A mis padres, a mi tía Eva, a mis hermanos y a mi sobrino Santiago, porque me dan la fuerza para crecer como persona y como profesional.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar la tolerancia a salinidad en una muestra representativa del germoplasma de tomate (*Solanum lycopersicum* y *Solanum pimpinellifolium*) conservado ex situ en la Estación Experimental Agraria Donoso Huaral del INIA e identificar las accesiones más tolerantes en las etapas de germinación y estado de plántula para su empleo en programas de mejoramiento genético. Para ello, se evaluó el porcentaje de germinación en 103 accesiones de tomate silvestre de las cuales se seleccionaron 46 accesiones (24 de *S. lycopersicum* y 22 de *S. pimpinellifolium*) que fueron las que presentaron más del 65% de germinación. Para la etapa de germinación, se sometieron las 46 accesiones a cuatro niveles de NaCl 0mM (Control), 30mM (T1), 60mM (T2) y 90mM (T3) y posteriormente se evaluó el porcentaje de germinación. Para la etapa de plántula, se trabajaron con 29 accesiones (se descartaron las 17 accesiones que no lograron germinar con el T3) y se sometieron a tres niveles de NaCl 0mM (Control), 30mM (T1), 60mM (T2); luego, se evaluaron seis variables: altura de tallo, longitud de raíz, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de raíz. Se pudo comprobar que en el germoplasma que se conserva ex situ en Huaral, existe variabilidad genética para estrés salino. En la etapa de germinación, ninguna accesión fue capaz de tolerar una concentración de 90mM de NaCl; sin embargo, sobresalieron las accesiones TS009, TS151 y TS001 ya que estas germinaron en más de 70% a una concentración de 60 mM. Para la selección en estado de plántula se identificaron las mejores accesiones con cada variable. Posteriormente, se realizó un análisis multivariado mediante el cálculo de la distancia euclidiana y el criterio del experto de las 29 accesiones tomando como referencia el nivel de salinidad de 60 mM NaCl. Se identificó a las accesiones TS081 (*S. lycopersicum*), TS009 (*S. pimpinellifolium*), TS010 (*S. pimpinellifolium*), TS082 (*S. lycopersicum*) y TS001 (*S. pimpinellifolium*) como las mejores accesiones que pueden ser explotadas en los programas de mejoramiento genético, para la obtención de variedades e híbridos con buen comportamiento en condiciones salinas.

Palabras clave: *Lycopersicon*, tomate silvestre, estrés salino, cloruro de sodio.

ABSTRACT

The present work was developed with the objective of evaluating the tolerance to salinity in a representative sample of tomato germplasm (*Solanum lycopersicum* and *Solanum pimpinellifolium*) conserved ex situ in the Donoso Huaral Agricultural Experimental Station of INIA and to identify the most tolerant accessions in the stages of germination and seedling status for use in breeding programs. For this, the percentage of germination in 103 accessions of wild tomato was evaluated, of which 46 accessions (24 of *S. lycopersicum* and 22 of *S. pimpinellifolium*) were pre-selected, which were those that presented more than 65% of germination. For the germination stage, the 46 accessions were submitted to four levels of 0mM NaCl (Control), 30mM (T1), 60mM (T2) and 90mM (T3) and the percentage of germination was subsequently evaluated. For the seedling stage, 29 accessions were worked (the 17 accessions that failed to germinate with T3 were discarded) and subjected to three levels of 0mM NaCl (Control), 30mM (T1), 60mM (T2); Then, six variables were evaluated: stem height, root length, fresh stem weight, fresh root weight, dry stem weight and root dry weight. It was found that in the germplasm that is conserved ex situ in Huaral, there is genetic variability for salt stress. In the germination stage, no accession was able to tolerate a concentration of 90mM NaCl; however, accessions TS009, TS151 and TS001 stood out as they germinated in more than 70% at a concentration of 60 mM. For the selection in seedling status, the best accessions with each variable were identified. Subsequently, a multivariate analysis was performed by calculating the Euclidean distance and the expert's criteria of the 29 accessions taking as a reference the salinity level of 60 mM NaCl. The accessions TS081 (*S. lycopersicum*), TS009 (*S. pimpinellifolium*), TS010 (*S. pimpinellifolium*), TS082 (*S. lycopersicum*) and TS001 (*S. pimpinellifolium*) were identified as the best accessions that can be exploited in the programs of genetic improvement, to obtain varieties and hybrids with good behavior in saline conditions.

Key words: *Lycopersicon*, wild tomato, salt stress, sodium chloride.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
1. Descripción botánica del tomate	4
2. Requerimientos climáticos	5
2.1. Factores que afectan la germinación	5
3. Importancia económica	6
4. Origen y domesticación	6
5. Diversidad genética y parientes silvestres	6
5.1. <i>Solanum lycopersicum</i>	7
5.2. <i>Solanum pimpinellifolium</i>	8
6. Producción del tomate a nivel mundial	12
7. Cultivo del Tomate en el Perú	12
8. Salinidad	14
8.1. La salinización de los suelos	14
8.2. Suelos salinos en el Perú	14
8.3. Estrés salino	16
8.4. Efecto de las sales en la planta	17
8.5. Mecanismos fisiológicos para tolerar el estrés salino	18
8.5.1. Cambios anatómicos y fisiológicos.....	19
8.5.2. Exclusión de Na ⁺ de la lámina de las hojas	19
8.5.3. Compartimentalización.....	19
8.5.4. Ajuste osmótico	20
8.5.5. Sistemas antioxidantes	20
9. Fitomejoramiento y biotecnología	20
9.1. Aplicaciones y experimentaciones con cultivo de tejidos vegetales	22
9.2. Banco de germoplasma INIA	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
1. Ubicación del ensayo experimental	24
2. Características microambientales	24
3. Material vegetal	25
4. Diseño experimental	25
5. Metodología	25
5.1. Procedimiento para desinfección de la semilla	25
5.2. Preparación del medio de cultivo	27
5.3. Siembra de semillas	28
5.4. Ensayo preliminar: evaluación del porcentaje de germinación	31
5.5. Tratamiento de semillas con giberelinas	31
5.6. Respuesta a la concentración de NaCl por variable.....	31
5.6.1. Etapa de germinación	32
5.6.2. Etapa de plántula	32
5.7. Respuesta a la concentración de NaCl por análisis multivariado	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
1. Ensayos preliminares	37
2. Tratamiento de semillas con giberelinas	38

3. Evaluación de la respuesta a la concentración de NaCl por variable y selección de genotipos superiores.....	39
3.1. Etapa de germinación.....	41
3.1.1. Efecto de la concentración de NaCl sobre el porcentaje de germinación.	41
3.1.2. Genotipos superiores por porcentaje de germinación	45
3.2. Etapa de plántula.....	46
3.2.1. Efecto de la concentración de NaCl sobre la altura de tallo.....	46
3.2.2. Genotipos superiores por altura de tallo	48
3.2.3. Efecto de la concentración de NaCl sobre la longitud de raíces	49
3.2.4. Genotipos superiores por longitud de raíces.....	51
3.2.5. Efecto de la concentración de NaCl sobre el peso fresco del tallo	52
3.2.6. Genotipos superiores por peso fresco de tallo	55
3.2.7. Efecto de la concentración de NaCl sobre el peso fresco de la raíz.....	57
3.2.8. Genotipos superiores por peso fresco de raíz	58
3.2.9. Efecto de la concentración de NaCl sobre el peso seco del tallo	59
3.2.10. Genotipos superiores por peso seco de tallo	61
3.2.11. Efecto de la concentración de NaCl sobre el peso seco de la raíz	62
3.2.12. Genotipos superiores por peso seco de raíz	64
4. Evaluación de la respuesta a la concentración de NaCl por análisis multivariado y selección de genotipos superiores	66
V. CONCLUSIONES.....	69
VI. RECOMENDACIONES	71
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
VIII. ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Página

TABLA 1: DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES DE TOMATE SILVESTRE.....	8
TABLA 2: PRINCIPALES DEPARTAMENTOS PRODUCTORES DE TOMATE	13
TABLA 3: CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SALINOS DEL PERÚ	15
TABLA 4: RENDIMIENTO POTENCIAL DEL TOMATE FRENTE A LA SALINIDAD DEL SUELO.....	17
TABLA 5: MEDIO DE CULTIVO.....	27
TABLA 6: VALORES DE REFERENCIA PARA ESTANDARIZACIÓN	36
TABLA 7: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE GERMINACIÓN EN TOMATE SILVESTRE	37
TABLA 8: RESULTADOS DEL TRATAMIENTO DE LAS SEMILLAS DE TOMATE SILVESTRE CON GIBERELINAS	39
TABLA 9: ACCESIONES CON DATOS PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	41
TABLA 10: ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE GERMINACIÓN.....	41
TABLA 11: EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN	42
TABLA 12: ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA VARIABLE ALTURA DE TALLO.....	46
TABLA 13: EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA ALTURA DE TALLO	47
TABLA 14: ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA VARIABLE LONGITUD DE RAÍZ.....	50
TABLA 15: EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA LONGITUD DE RAÍZ.....	50
TABLA 16: ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA VARIABLE PESO FRESCO DEL TALLO	53
TABLA 17: EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL PESO FRESCO DEL TALLO	53
TABLA 18: ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA VARIABLE PESO FRESCO DE RAÍZ	57
TABLA 19: EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL PESO FRESCO DE RAÍZ.....	57
TABLA 20: ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA VARIABLE PESO SECO DEL TALLO	59
TABLA 21: EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL PESO SECO DEL TALLO.....	59
TABLA 22: ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA VARIABLE PESO SECO DE RAÍZ	63
TABLA 23: EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL PESO SECO DE RAÍZ.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1:	<i>SOLANUM PIMPINELLIFOLIUM</i>9
FIGURA 2:	<i>SOLANUM LYCOPERSICUM</i>10
FIGURA 3:	MORFOLOGÍA.11
FIGURA 4:	CUARTO DE INCUBACIÓN DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN24
FIGURA 5:	PREPARACIÓN DEL MATERIAL VEGETAL PARA SU DESINFECCIÓN SUPERFICIAL.....26
FIGURA 6:	CÁMARA DE FLUJO LAMINAR27
FIGURA 7:	PREPARACIÓN DE MEDIO DE CULTIVO.....28
FIGURA 8:	PROCEDIMIENTO PARA LA SIEMBRA DE SEMILLAS.....30
FIGURA 9:	MATERIALES PARA LA EVALUACIÓN.....32
FIGURA 10:	MEDICION DE TALLO Y RAÍZ.....33
FIGURA 11:	PESADO DEL TALLO FRESCO33
FIGURA 12:	PESADO DE LA RAÍZ FRESCA34
FIGURA 13:	TALLOS Y RAÍCES CONTENIDOS EN BOLSAS DE PAPEL KRAFT34
FIGURA 14:	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN CON EL TRATAMIENTO CONTROL.....42
FIGURA 15:	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN CON EL TRATAMIENTO T1.....43
FIGURA 16:	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN CON EL TRATAMIENTO T2.....43
FIGURA 17:	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN CON EL TRATAMIENTO T3.....44
FIGURA 18:	CURVAS DE VARIACIÓN DE LA ALTURA DEL TALLO49
FIGURA 19:	CURVAS DE VARIACIÓN DE LA LONGITUD DE RAÍZ52
FIGURA 20:	CURVAS DE VARIACIÓN DEL PESO FRESCO DEL TALLO56
FIGURA 21:	CURVAS DE VARIACIÓN DEL PESO FRESCO DE RAÍZ58
FIGURA 22:	REDUCCIÓN EN LA LÁMINA FOLIAR Y NECROSIS APICAL EN LA ACCESIÓN TS01060
FIGURA 23:	CURVAS DE VARIACIÓN EN EL PESO SECO DEL TALLO62
FIGURA 24:	CURVAS DE VARIACIÓN EN EL PESO SECO DE LA RAÍZ65
FIGURA 25:	COMPARACIÓN POR VARIABLE ENTRE LAS ACCESIONES TS081 Y TS15267

ÍNDICE DE ANEXOS

Página

ANEXO 1 COMPOSICIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO MS (MURASHIGE AND SKOOG, 1962).....	79
ANEXO 2 COEFICIENTES DE VARIABILIDAD DE LOS ANÁLISIS DE VARIANZA	80
ANEXO 3 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN	81
ANEXO 4 DIFERENCIAS EN LA ALTURA DE PLÁNTULA ENTRE EL TRATAMIENTO CONTROL Y LOS TRATAMIENTOS T1 Y T2	84
ANEXO 5 DIFERENCIAS EN LA LONGITUD DE RAÍZ ENTRE EL TRATAMIENTO CONTROL Y LOS TRATAMIENTOS T1 Y T2	85
ANEXO 6 DIFERENCIAS EN EL PESO FRESCO DEL TALLO ENTRE EL TRATAMIENTO CONTROL Y LOS TRATAMIENTOS T1 Y T2	86
ANEXO 7 DIFERENCIAS EN EL PESO FRESCO DE RAÍZ ENTRE EL TRATAMIENTO CONTROL Y LOS TRATAMIENTOS T1 Y T2	87
ANEXO 8 DIFERENCIAS EN EL PESO SECO DEL TALLO ENTRE EL TRATAMIENTO CONTROL Y LOS TRATAMIENTOS T1 Y T2	88
ANEXO 9 DIFERENCIAS EN EL PESO SECO DE RAÍZ ENTRE EL TRATAMIENTO CONTROL Y LOS TRATAMIENTOS T1 Y T2	89
ANEXO 10 ÁLCULO DE LA DISTANCIA EUCLIDIANA CON EL TRATAMIENTO T2	90
ANEXO 11 GRÁFICOS DE DISPERSIÓN DE LA DISTANCIA EUCLIDIANA Y EL CRITERIO DEL EXPERTO CON EL TRATAMIENTO T2.....	92
ANEXO 12 ACCESIONES ORDENADAS DE ACUERDO A SU DISTANCIA EUCLIDIANA.....	98
ANEXO 13 ACCESIÓN TS001	99
ANEXO 14 DATOS DE PASAPORTE DE TOMATE SILVESTRE.....	100

ABREVIATURAS

ACC: Accesoión

MS: Medio Murashige & Skoog

NaCl: Cloruro de sodio

SP: *Solanum pimpinellifolium*

SL: *Solanum lycopersicum*

TS: Tomate silvestre

T1: Tratamiento con 30mM NaCl

T2: Tratamiento con 60mM NaCl

T3: Tratamiento con 90mM NaCl

Δ: Diferencia

I. INTRODUCCIÓN

Desde décadas pasadas muchos científicos se han interesado en estudiar los diferentes estreses a las que están sometidas las plantas. El estrés salino, producto de la salinidad del suelo y del agua de riego, es considerado como uno de los factores abióticos que más afectan a los cultivos a nivel mundial, especialmente en las zonas áridas y semiáridas.

En el Perú se estima que aproximadamente un tercio de las tierras de la costa están afectadas por algún tipo de salinidad, mientras que otras miles de hectáreas están en proceso de salinización. La irregularidad de los ríos de la costa peruana sumada a las sequías cada vez más frecuentes, conllevan a que los agricultores sobreestimen la cantidad de agua que requieren sus cultivos. Este exceso de agua provoca la remoción de las sales presentes en el perfil del suelo, provocando su ascenso a los horizontes más superficiales y más importantes para las plantas, este proceso es favorecido por las elevadas temperaturas que provocan una alta evaporación del agua y la fijación de las sales en el perfil.

Las consecuencias negativas en los cultivos se pueden observar desde las primeras etapas fenológicas hasta la cosecha. La baja productividad de los cultivos bajo este tipo de estrés es explicado por tres efectos directos en las plantas: toxicidad de las sales en la planta, los efectos osmóticos y el desbalance nutricional.

Debido a la importancia del estrés salino en las plantas y las pérdidas que ocasiona es que se ha venido trabajando en soluciones mediante diversas estrategias agrupadas en dos grandes enfoques. El primero, engloba el uso de tecnologías de recuperación de suelos, drenaje y eliminación de sales y el uso de agua de alta calidad. Sin embargo, a pesar de que estas técnicas son apropiadas para algunas áreas, son muy costosas y en muchos casos proveen soluciones temporales. El segundo enfoque, que se debería implementar paralelamente con el primero, se refiere a las estrategias biológicas que incluyen la introducción de cultivos tolerantes a sales, uso de especies silvestres adaptadas a condiciones salinas y mejoramiento genético de especies potenciales.

Las plantas nativas adaptadas a las condiciones locales se presentan como excelentes candidatas para la obtención de nuevas variedades con buenas características agronómicas. Como se sabe, durante cientos de años, estas especies han evolucionado logrando adaptarse a un ambiente heterogéneo que incluye: suelos salinos, suelos pobres, suelos arenosos, suelos ácidos, escasez de agua, bajas y altas temperaturas.

Una de las plantas nativas con gran potencial para su mejoramiento genético es el tomate, la cual es una de las hortalizas más importantes a nivel mundial, esto debido a que, entre otras razones, es una fuente de vitaminas, minerales y antioxidantes como el licopeno. El potencial del tomate como especie promisoría se sustenta en la existencia de un vasto material genético de especies silvestres que aún habitan en su medio natural. Sin embargo, muchas de ellas todavía no han sido aprovechadas, mientras que otras ni siquiera han sido colectadas perdiéndose así muchos genes valiosos.

Adicionalmente, a pesar de ser considerable las investigaciones del estrés salino en el tomate a nivel mundial, existen pocos casos en los cuales se han desarrollado cultivares tolerantes a sales, esto debido a la complejidad del caso y a las numerosas características fisiológicas y agronómicas que a su vez son controladas por muchos genes. Por ello se reconoce que aún falta mucho por investigar en este campo.

Finalmente, el cultivo *in vitro* es una técnica apropiada para trabajar material genético bajo algún tipo de estrés ya que nos permite estudiar aisladamente un solo factor del resto, además nos facilita el trabajo con un vasto material vegetal y en un reducido espacio. En este sentido, esta investigación busca revalorizar el material genético de tomate silvestre con miras a incrementar su productividad en ambientes de suelo y agua salinos mediante la selección en condiciones de laboratorio.

OBJETIVOS:

Objetivo general:

- Seleccionar, mediante métodos biotecnológicos, accesiones de tomate silvestre (*Solanum lycopersicum* y *Solanum pimpinellifolium*) con capacidad para tolerar estrés salino e identificar las mejores accesiones en las etapas de germinación y plántula (por variable y por análisis multivariado).

Objetivos específicos:

- Determinar la concentración máxima de sales que afecta a la germinación de las semillas de las accesiones de tomate silvestre.
- Revalorizar el material genético del tomate silvestre como fuente de genes para el mejoramiento genético.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL TOMATE

Según Rodríguez et al. (1997) el tomate es una planta potencialmente perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. La duración de su ciclo de vida depende de la variedad, del clima y manejo agronómico.

La planta presenta una raíz principal pivotante, que crece unos tres centímetros al día pudiendo alcanzar hasta 60 cm de profundidad, simultáneamente se producen ramificaciones, incluso raíces adventicias. Cuando la planta se desarrolla a partir de una semilla, sin transplante, se forma una vigorosa raíz principal que no sucede cuando se realiza una siembra indirecta (Nuez, 2001).

El tallo es erguido durante los primeros estadios de desarrollo, pero luego se tuerce a consecuencia del peso. Su superficie es angulosa, provista de pelos agudos y glándulas que desprenden un olor característico. En el extremo del tallo principal se encuentra el meristemo apical, una región de división celular activa donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (Rodríguez et al., 1997).

Las hojas, compuestas, se insertan sobre los diversos nudos, en forma alterna (Rodríguez et al. 1997). Según Nuez (2001) una hoja típica de los tomates cultivados tiene unos 0,5 m de largo, con un gran foliolo terminal y hasta 8 grandes foliolos laterales, que pueden, a su vez, ser compuestos. Los foliolos son usualmente peciolados y lobulados irregularmente con bordes dentados. Las hojas están recubiertas de pelos del mismo tipo que los del tallo.

Las flores se presentan formando inflorescencias que pueden ser de cuatro tipos: racimo simple, cima unípara, cima bípara y cima múltipara; pudiendo llegar a tener hasta 50 flores por inflorescencia (Rodríguez et al. 1997).

Cuando las inflorescencias se producen alternando con una o dos hojas se dice que la planta es de crecimiento determinado; si la alternancia es más espaciada se dice que la planta es de crecimiento indeterminado. Normalmente, entre las primeras predomina la precocidad y el porte bajo y las segundas son más tardías y de porte alto (Rodríguez et al. 1997)

La flor del tomate es perfecta, regular e hipógina y está formada por un pedúnculo corto, el cáliz es gamosépalo y la corola gamopétala. El androceo tiene cinco o más estambres

adheridos a la corola, con las anteras que forman un tubo. El gineceo presenta de dos a treinta carpelos que al desarrollarse darán lugar a los lóculos o celdas del fruto (Nuez, 2001).

El fruto es una baya de color amarillo, rosado o rojo debido a la presencia de licopeno y caroteno, en distintas y variables proporciones. Su forma puede ser redondeada, achatada, o en forma de pera, y su superficie lisa o asurcada, siendo el tamaño muy variable según las variedades. En sección transversal se aprecian la piel, la pulpa firme, el tejido placentario y la pulpa gelatinosa que envuelve a las semillas las cuales son grisáceas, de forma lenticular, aplastada y de 3 a 5 mm de diámetro y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. Esta última está cubierta de vellosidades, pequeñas escamas y restos del tegumento externo que las revestía. La semilla conserva su poder germinativo durante 4 o más años si se la mantiene en condiciones adecuadas (Rodríguez et al., 1997).

2. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Según Nuez (2001), el tomate se desarrolla en un amplio rango de latitudes, tipos de suelos, temperaturas y métodos de cultivo, y es moderadamente sensible a la salinidad. Prefiere ambientes cálidos, con buena iluminación y drenaje. Al tomate le afecta desfavorablemente la exposición prolongada a temperaturas inferiores a 10°C, la escarcha, iluminación diurna inferior a las 12 h, drenaje deficiente y un abonado nitrogenado excesivo.

2.1. FACTORES QUE AFECTAN LA GERMINACIÓN

La germinación depende de la variedad, de las condiciones de almacenamiento de las semillas y de las condiciones ambientales. El almacenamiento de las semillas en unas condiciones adecuadas de temperatura y humedad afecta poco a su viabilidad, pero para almacenamientos prolongados se aconseja una humedad del 5,5% por debajo de la cual se produce un descenso en la viabilidad (Nuez, 2001).

El momento de la recolección de los frutos destinados a la obtención de semillas también afecta a la viabilidad de las mismas y, en los frutos que no han alcanzado la madurez fisiológica, la viabilidad es menor cuanto más temprano es la recolección (Nuez, 2001).

La germinación de las semilla de tomate tiene unas necesidades de oxígeno relativamente elevadas, a diferencia de otras especies que pueden funcionar como anaerobias facultativas.

La temperatura óptima para la germinación se encuentra entre los 20 y 25°C. La capacidad de germinación a temperaturas muy bajas o muy altas depende de la variedad (Nuez, 2001).

3. IMPORTANCIA ECONÓMICA

El tomate reporta un 14% de la producción mundial hortícola (con un valor aproximado de 1.6 billones de dólares). Es una rica fuente de micronutrientes para la alimentación humana. El tomate es rico en vitamina A, C y fibra, además de ser bajo en calorías. Contiene aproximadamente 20-50mg de licopeno/100 g de fruta. El licopeno es parte de la familia de los pigmentos conocidos como carotenoides, que le dan el color natural al fruto. El licopeno es el antioxidante más potente de esta familia y protege a los humanos de los radicales libres; asimismo, se reporta como un metabolito en la prevención del cáncer (Bathia et al., 2004).

Pocos productos hortícolas permiten tal diversidad de usos como el tomate. Se consume crudo, cocido, frito, encurtido, como una salsa, o en combinación con otros alimentos. Puede ser procesado industrialmente entero o como pasta, jugo, polvo, purés, confitados, etc.

4. ORIGEN Y DOMESTICACIÓN

Las últimas investigaciones a nivel mundial parecen concluir que el tomate (silvestre) tuvo su origen en los andes y que el centro de domesticación se llevó a cabo en México. Fuentes históricas demuestran que el tomate en los andes era una hierba más de los campos de cultivo; no obstante, era apreciada parcialmente en la cultura azteca. En esta ya existía un conocimiento de la diversidad de tamaños, formas y colores del fruto (Nuez, 2001).

De América fue llevada a Europa como planta ornamental; sin embargo, más adelante se utilizó en la alimentación humana. Fue ampliamente usado en la gastronomía italiana en pizzas, ensaladas, salsas y guisos, más adelante españoles y portugueses difundieron el tomate por el mundo a través de sus colonias y de sus rutas comerciales (África, Medio Oriente, India, China y Filipinas), luego harían lo mismo otros países europeos (Nuez, 2001).

5. DIVERSIDAD GENÉTICA Y PARIENTES SILVESTRES:

Según Warnock (1991) el tomate fue llevado de América a Europa y luego al resto del mundo, esto ocasionó la selección de variedades rojas, grandes y con buena calidad organoléptica dejando de lado otras cualidades igual de importantes como resistencia a factores climáticos o resistencia a enfermedades. Como señalan Rodríguez et al. (2013) “Los distintos procesos de domesticación y el mejoramiento del cultivo han provocado cuellos de botella con la consecuente reducción de la variabilidad genética existente en el germoplasma cultivado”. En

otras palabras, sólo un pequeño porcentaje de la variabilidad genética total estaría presente en los distintos cultivares del tomate comercial.

Frente a esta realidad, los parientes silvestres del tomate aún guardan genes que podrían dar gran resistencia y tolerancia a los factores extremos que determinan la productividad del tomate. Los parientes silvestres poseen una elevada diversidad genética acumulada a lo largo de millones de años de evolución natural, a diferencia de las especies domesticadas (Warnock, 1991).

Estrada et al. (2006) afirman que los parientes silvestres son una importante fuente de genes para mejorar las especies cultivadas relacionadas. Debido a que crecen y se desarrollan en la naturaleza sin la intervención del hombre, hay individuos o poblaciones con genes particulares adaptados a las condiciones ambientales del lugar. Algunas adaptaciones serían: tolerancias al frío, salinidad, humedad, sequía; resistencia a insectos y enfermedades; mejora de características organolépticas, entre otras.

Peralta et al. (2008), clasifican al tomate dentro del género *Solanum*, debido a caracteres morfológicas y moleculares, dejando de lado el género *Lycopersicon*, género que se aceptó tiempo atrás basándose solamente en evidencias morfológicas. Asimismo, reconocen que los tomates silvestres pueden agruparse en 17 especies (Tabla 1).

5.1. *Solanum lycopersicum*

Es una hierba anual, bianual o a veces perenne. Inicialmente erecta y luego decumbente y enredadera con tallos que pueden extenderse hasta cuatro metros. El tallo mide de 10 a 14 mm de diámetro de la base, de color verde y pubescente. Las flores y frutos se presentan durante todo el año. Se diferencia de los otros tomates silvestres por el color rojo brillante o amarillo de los frutos maduros, usualmente las flores son autógamas con los estilos dentro de la columna estaminal y sus copiosos tricomas que miden más de 3 mm de longitud. Se distribuye en todo el mundo excepto en la Antártida (Peralta et al., 2008).

Tabla 1: Descripción de las especies de tomate silvestre

Nº	Nombre en <i>Solanum</i>	Nombre en <i>Lycopersicon</i>	Sistema de reproducción
1	<i>S. lycopersicoides</i>	<i>L. lycopersicoides</i>	Autoincompatible, alógama
2	<i>S. sitiens</i>	<i>L. sitiens</i>	Autoincompatible, alógama
3	<i>S. juglandifolium</i>	<i>L. juglandifolium</i>	Autoincompatible, alógama
4	<i>S. ochranthum</i>	<i>L. ochranthum</i>	Autoincompatible, alógama
5	<i>S. pennelli</i>	<i>L. pennelli</i>	Usualmente autoincompatible, algunas autocompatibles
6	<i>S. habrochaites</i>	<i>L. hirsutum</i>	Típicamente autoincompatible, algunas autocompatibles
7	<i>S. chilense</i>	<i>L. chilense</i>	Autoincompatible, alógama
8	<i>S. huaylasense</i>	<i>L. peruvianum</i>	Típicamente autoincompatible, alógama
9	<i>S. peruvianum</i>		Típicamente autoincompatible, alógama
10	<i>S. corneliomulleri</i>		Típicamente autoincompatible, alógama
11	<i>S. arcanum</i>		Típicamente autoincompatible, alógama. Raramente autocompatible, autógena, facultativamente alógama.
12	<i>S. chmielewskii</i>	<i>L. chmielewskii</i>	Autocompatible, facultativamente alógama
13	<i>S. neorickii</i>	<i>L. parviflorum</i>	Autocompatible, altamente autógena
14	<i>S. pimpinellifolium</i>	<i>L. pimpinellifolium</i>	Autocompatible, autógena, facultativamente alógama
15	<i>S. lycopersicum</i>	<i>L. esculentum</i>	Autocompatible, autógena, facultativamente alógama
16	<i>S. cheesmaniae</i>	<i>L. cheesmaniae</i>	Autocompatible, exclusivamente autógena
17	<i>S. galapagense</i>		Autocompatible, exclusivamente autógena

FUENTE: Peralta et al., 2008.

5.2. *Solanum pimpinellifolium*

Es una hierba cuyos tallos pueden extenderse hasta tres metros y miden de 8 a 11 mm de diámetro de la base, son verdes y poco pubescentes. Su inflorescencia presenta muchas flores (más de 20 flores). Los frutos son muy pequeños (menor a 1 cm de diámetro). Foliolos enteros o ligeramente crenados. Base del foliolo es comúnmente cordada. Aparentemente es nativa de las regiones costeras, desde el norte peruano hasta el centro de Chile. Es una especie con

una enorme importancia para el mejoramiento genético en la tolerancia a estreses abióticos y bióticos o para la investigación del control genético del tamaño y forma del fruto. Aparentemente, es nativa de las zonas costeras desde el norte peruano hasta el centro de Chile; pero, algunas poblaciones se han encontrado en la costa central de Ecuador (Peralta et al., 2008). Los frutos son apreciados por la gente campesina, además constituyen fuente alimenticia de muchos animales (Sagástegui, 1973).



Figura 1: *Solanum pimpinellifolium*. A. Tallo, B. Fruto, C. Vista abaxial de la flor, D. Vista adaxial de la flor, E. Vista lateral de la flor, F. Hoja.

FUENTE: Peralta et al., 2008.

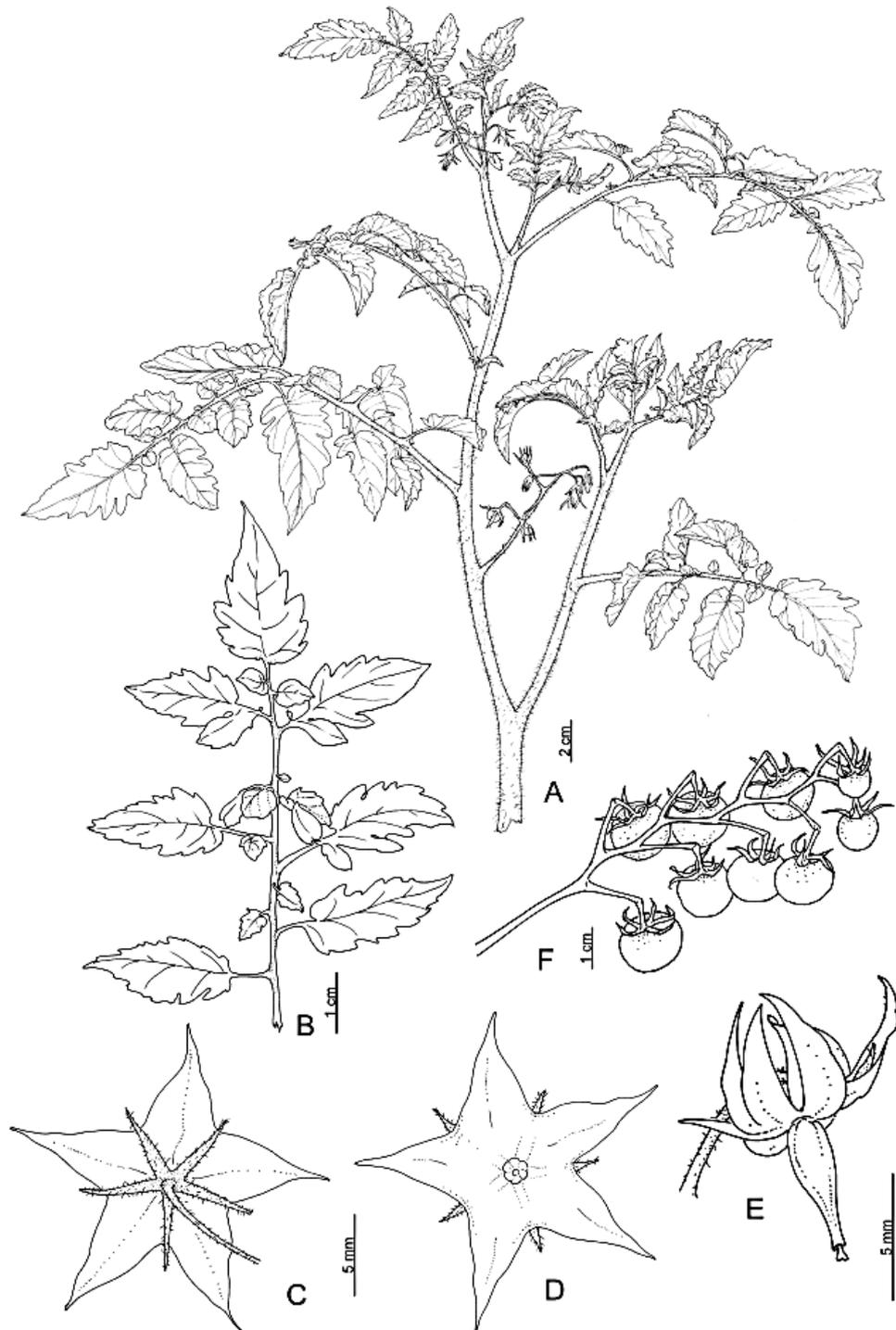


Figura 2: *Solanum lycopersicum*. A. Tallo, B. Hoja, C. Vista abaxial de la flor, D. Vista adaxial de la flor, E. Vista lateral de la flor, F. Infrutescencia.

FUENTE: Peralta et al., 2008.

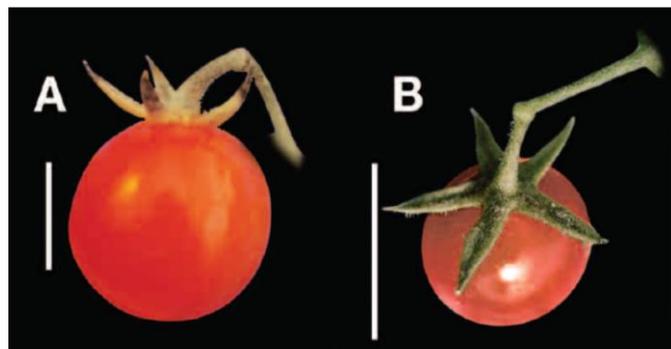
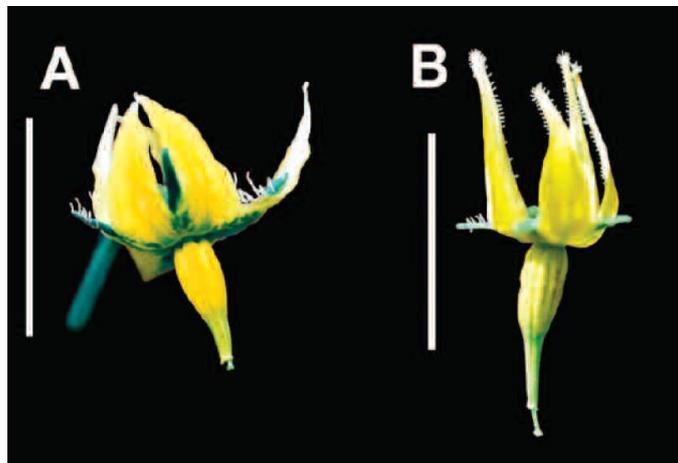
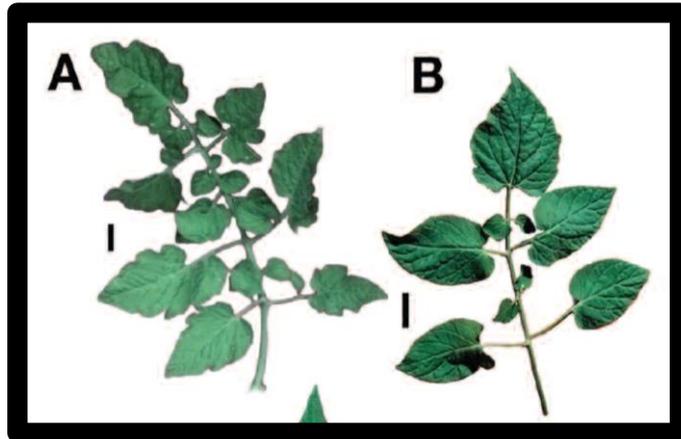


Figura 3: Morfología. A. *Solanum lycopersicum*. B. *Solanum pimpinellifolium*.
Arriba, Hoja; Medio, flor; Abajo, fruto.

FUENTE: Peralta et al., 2008.

Estas dos especies de tomate son fuentes importantes para la tolerancia a la salinidad. Es así que, *S. pimpinellifolium* ha sido descrita como fuente potencial para tolerancia a sal. (Bolarín et al. 1991, Shannon et al. 1987)

A su vez, Cuartero et al. (2006) en la evaluación de la heredabilidad de diferentes caracteres en plantas de *Solanum lycopersicum* × *S. pimpinellifolium* expuestas a condiciones salinas, encontraron que en genotipos de *Lycopersicon esculentum* (*S. lycopersicum*) existen especies con un grado de tolerancia a salinidad mayor que otras.

6. PRODUCCIÓN DEL TOMATE A NIVEL MUNDIAL

En el año 2014, a nivel mundial la producción fue de 170 750 767 toneladas en una superficie de 5 023 810 hectáreas con un rendimiento de 34 Tn/Ha (FAO, 2014). Asimismo, Flaño (2015) afirma que existe en la última década un alza gradual de la superficie de siembra y producción que coinciden con un aumento de la demanda mundial del tomate.

A nivel mundial existen dos centros importantes de producción de tomate. Uno de ellos es California, que es el principal centro de tomate para industria a nivel mundial. Las variedades más importantes son Campbell's y Heinz, su producción es a intemperie pero mecanizada. El otro centro de producción es Almería, con aproximadamente 30 000 ha de cultivo en invernadero, el cultivo es altamente tecnificado con un alto rendimiento (Nuez, 2001).

7. CULTIVO DEL TOMATE EN EL PERÚ

Desde décadas pasadas, el tomate ocupa uno de los primeros lugares de producción dentro de las hortalizas en el Perú debido a que el área sembrada sigue incrementándose, su alta aceptación por los peruanos en su gastronomía y su industrialización en una variedad de productos.

El tomate es uno de los cultivos más rentables, con grandes perspectivas para ampliar su mercado. En el Perú se estima una producción de 236 287 toneladas, en una superficie de 5 904 hectáreas y un rendimiento de 40 tn/ha (MINAGRI, 2016). Los departamentos de Ica, Lima y Arequipa representan más del ochenta por ciento de la producción nacional de tomate (Tabla 2).

En el Perú se cultivan principalmente tres tipos de tomates. Tenemos las del tipo “Saladette”, cuyos frutos son alargados y cuadrados de consistencia dura; se caracterizan por ser poco

percibles pero a la vez no son muy sabrosos; en el país se consume en fresco pero en realidad es un tomate típico para la industria. Otros tomates serían los híbridos tipo “Bola”, con frutos redondos, muy apreciados para consumo en fresco porque presenta un mejor sabor y presentación que las del tipo anterior. Por último, tenemos los tomates “Cherry tipo cereza” que son tomates de menor tamaño, en el país son consumidos en platos gourmet, siendo poco consumido por la población debido a su alto costo.

Tabla 2: Principales departamentos productores de tomate

Departamento	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
Arequipa	694	30 752	44.3
Ancash	294	7478	25.4
Ica	1 084	106 264	98.1
Lambayeque	411	12 021	29.2
La Libertad	170	5 864	34.5
Lima	1 515	49 874	32.9
Tacna	230	7 791	33.9

Fuente: MINAGRI. 2016

El cultivo del tomate en el Perú se realiza mayormente a la intemperie, por lo que su cultivo se ve afectado por diversos factores como clima, plagas, enfermedades, disponibilidad de agua y suelo. Dentro de las plagas más comunes tenemos a *Spodoptera spp.*, *Tuta absoluta* (polilla del tomate) y *Prodidiplosis*. Con respecto a las enfermedades, los virus y viroides pueden generar grandes pérdidas cuando hay un mal manejo de los insectos vectores (Ugáz et al. 2000).

8. SALINIDAD

8.1. LA SALINIZACIÓN DE LOS SUELOS

Se considera que un suelo es salino cuando la conductividad eléctrica del extracto de saturación en la zona de las raíces excede a 4 dSm^{-1} a 25° C y tiene 15% de sodio intercambiable (Foolad, 2004; Pessarakli, 2011), lo que impide el crecimiento y producción óptimos de las plantas. Los tipos de sales más comunes presentes en los suelos son el sulfato de sodio (Na_2SO_4), cloruro de sodio NaCl y muy raramente nitrato de sodio (NaNO_3).

Más de 800 millones de hectáreas de tierra alrededor del mundo están afectadas por contener altas concentraciones de sales. Cerca del 10% de la superficie terrestre presenta algún tipo de salinidad y ningún continente del planeta está libre de ser afectada. Se estima que cerca del 20% de las tierras cultivadas y un 33% de las tierras agrícolas irrigadas alrededor del mundo están afectadas por una alta salinidad (Foolad, 2004). En Sudamérica se estima en 129.2 millones de hectáreas afectadas por sales (Pessarakli, 2011). En el Perú se estima que aproximadamente un 30% de los valles de la costa están afectados por sales, este porcentaje representa 250 000 ha aproximadamente (Alva et al., 1976).

Más aún, las áreas afectadas por sales siguen incrementándose en un 10% anual, debido a causas como, baja precipitación, alta evaporación del suelo, erosión de rocas con presencia de sales, riego con aguas salinas y malas prácticas culturales (Foolad, 2004).

El crecimiento de la población humana, así como la degradación de suelos, siguen en aumento. Según Taiz y Zeiger (2006) la cantidad de tierras afectadas por sales es un limitante para la agricultura puesto que la mayoría de plantas cultivadas son glicófitas (aquellas que no son capaces de resistir concentraciones altas de cloruro de sodio). Asimismo, Pitman y Lauchli (2002) afirman que el costo de la salinidad para la agricultura se estima aproximadamente en 12 mil millones de dólares al año a nivel mundial, y se espera que aumente a medida que los suelos se vean afectados. Esto nos obliga a incrementar la producción de alimentos como estrategia para garantizar la seguridad alimentaria mediante un suministro adecuado de alimentos en el futuro.

8.2. SUELOS SALINOS EN EL PERÚ

La salinidad en los suelos del Perú es un problema que se presenta mayormente en los suelos de la estrecha franja costera, en la cual se encuentran incluidas las tierras de mayor potencial

agrícola. Esta región se encuentra atravesada por 52 valles fértiles pero con agua de riego limitada. La superficie dedicada a la producción agrícola se ha expandido en las regiones áridas del país y, al mismo tiempo, en muchos valles la disponibilidad de agua dulce para agricultura compite con la demanda para consumo humano.

Dentro de las prácticas que más influyen en la salinización en la costa es el riego inadecuado. Como explica Masson (1973), debido a la irregular distribución del agua a lo largo del año, se realizan excesivas aplicaciones en la época de abundancia; esto ocasiona niveles freáticos altos en las partes bajas que con ayuda de la alta temperatura remueven las sales del perfil de suelo. Otro factor es la expansión de las áreas de cultivo en tierras vírgenes, donde la salinidad es aún mayor. Como éstas normalmente se encuentran en una parte más alta del valle, el exceso de riego afecta negativamente a las tierras bajas, normalmente de mejor calidad.

Asimismo, el problema de salinización en el país se encuentra coexistiendo con problemas de mal drenaje o independientemente, siendo el primero característico de los valles, y el segundo, típico de las pampas eriazas. En la tabla 3 se presenta la clasificación de los suelos salinos del Perú afectados por sales (Masson, 1973):

Tabla 3: Clasificación de los suelos salinos del Perú

Grado	Conductividad del extracto (dSm-1)	mM
Baja	0 - 4	0 - 23
Ligera	4 - 8	23 - 47
Moderada	8 - 15	47 - 88
Fuerte	15 - 30	88 - 175
Muy fuerte	30 - 50	175 - 292
Excesiva	Más de 50	Más de 292

Por otro lado, el uso de aguas salinas clasificadas como no aptas para determinada zona, tiene un efecto nocivo en el suelo y por ende en el rendimiento de los cultivos. El uso de las aguas salinas trae como consecuencia la salinización del suelo y por ello ambos factores se encuentran íntimamente relacionados (Padilla, 1997).

Otro problema asociado es el uso de agua de mala calidad. Como señalan Goykovic y Saavedra (2007) uno de los factores abióticos considerado como el principal problema es la

calidad del agua para riego, la cual en la mayoría de las regiones, presenta altos contenidos de sales (principalmente cloruro de sodio) que es altamente perjudicial para el buen desarrollo y producción de las principales especies cultivadas

8.3. ESTRÉS SALINO

Taiz y Zeiger (2006), definen el estrés como un factor externo que ejerce una influencia negativa sobre la planta. Este es medido con relación a la supervivencia de la planta, el rendimiento del cultivo, el crecimiento o la incorporación de CO₂ y minerales.

Las plantas están expuestas a diferentes tipos de ambientes estresantes, como el déficit hídrico, salinidad del suelo y del agua de riego; temperaturas bajas, temperaturas altas y deficiencia de oxígeno en las raíces, entre otros. Algunos de estos factores no funcionan independientemente sino que están interrelacionados, existiendo un conjunto de respuestas celulares, bioquímicas y moleculares comunes.

En la agricultura, la disminución del rendimiento de las plantas puede ser debido al estrés salino, el cual es definido como aquel estrés producido por una alta concentración de sales en el suelo u otro medio de crecimiento. Es así, que existe un nivel crítico de concentración de sales a partir del cual las especies más sensibles comienzan a presentar síntomas como inhibición de la germinación, pobre crecimiento, decoloración de las hojas y pérdida de peso seco (Buckman y Brady, 1966).

Algunos cultivos como algodón, betarraga, cebada, palma datilera son considerados como tolerantes a la salinidad. Otros como la fresa lechuga, frijol, cebolla, los cítricos o palto son más sensibles. El tomate es considerado como medianamente sensible a sales, iniciando una disminución de su rendimiento a concentraciones mayores de 2.5dsm (Cuartero y Fernández, 1999; Mass, 1986).

Tabla 4: Rendimiento potencial del tomate frente a la salinidad del suelo

Rendimiento potencial	100%	90%	75%	50%	0%
dSm-1	2.5	3.5	5.0	7.6	13
mM	14.58	20.41	29.17	44.30	75.83

8.4. EFECTO DE LAS SALES EN LA PLANTA

Los efectos de la salinidad en el porcentaje de germinación de las semillas de tomate se encuentran relacionados a las concentraciones de las sales en el medio de siembra, como también al cultivar o especie. A medida que aumenta la concentración de sales en el medio, el porcentaje de germinación disminuye y el periodo en que este proceso se lleva a cabo se prolonga (Cuartero y Fernández, 1999; Goykovic y Saavedra, 2007). Por otro lado, Pessarakli (2011) menciona que la salinidad interactúa con otros factores internos y externos. Dentro de los factores internos toma en cuenta la dormancia, la edad y vigor de la semilla; los factores externos está determinado por los factores ambientales.

El efecto de las sales en las raíces de las plantas de tomate siempre resulta en un menor crecimiento de estos órganos, debido a esto se reduce la cantidad de raíces que puede explorar el suelo afectando el crecimiento general de la planta.

La altura de las plantas de tomate disminuye con el incremento de la salinidad. Se produce una reducción del área foliar y disminuye el número de hojas. Se observa clorosis, necrosis, alteración de la densidad estomática. Asimismo afecta la floración y la producción de frutos (Cuartero, 1999; Goykovic y Saavedra, 2007).

Rocha et al. (1987) trabajando con plantas de tomate regadas con agua conteniendo cloruro de sodio, encontraron que el contenido de sodio en las plantas tratadas era de seis a siete veces y media más que en las plantas no tratadas. Ello demuestra que las plantas de tomate fueron

capaces de absorber el sodio con el consecuente desequilibrio en la absorción de otros elementos como potasio y calcio.

Casas (1990), evaluó la influencia de tres niveles de salinidad del agua de riego en el rendimiento de tomate cv 'Rio Grande' cultivado en pozas de arena. Los niveles de salinidad en el agua de riego con los que trabajó fueron 1.23 (S1), 3.0 (S2), 4.5 (S3). Luego del fertirriego, la salinidad aumentó a 3.45 (S1), 5.20 (S2), y 6.65 (S3) mmhos/cm a 25°C. Se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos. Los rendimientos obtenidos para S1, S2 y S3 fueron: 53.13, 39.75 y 22.35 tn/Ha, respectivamente.

Padilla (1997) evaluó el efecto de la salinidad del agua de riego aplicada con riego por goteo en el rendimiento y calidad del tomate híbrido 'Nemanech' en pozas de arena. Los niveles de salinidad fueron 1.25 (S1), 4.0 (S2) y 7.0 (S3) mmhos/cm a 25°C. La salinidad ocasionó una disminución significativa en el rendimiento de frutos de tomate. El mayor rendimiento fue de 103.60 t/ha para el testigo (S1), 72.42 t/ha para S2 y 56.33 t/ha para S3. Asimismo, hubo diferencias significativas para el peso promedio del fruto. Los valores para S1, S2 y S3 fueron de 66.22, 59.39 y 42.03 gr, respectivamente. La salinidad mejoró significativamente la calidad interna del fruto (sabor) a través de un aumento en los sólidos solubles. Los niveles de salinidad no tuvieron influencia en el porcentaje de cuajado de frutos, o, el número de frutos por planta, pH del fruto e índice de cosecha. Sin embargo, el nivel más alto de salinidad sí retrasó significativamente la floración.

8.5. MECANISMOS FISIOLÓGICOS PARA TOLERAR EL ESTRÉS SALINO

Teniendo en cuenta la complejidad de un suelo, podemos afirmar que el estrés salino es muy complejo debido a la diversidad de iones minerales con concentraciones y proporciones muy variables, que a su vez dependen de la textura del suelo, fertilización, agua, etc. Además, las concentraciones de las sales cambian temporal y espacialmente, dependiendo de la estructura del suelo, su composición y su equilibrio con el contenido de humedad variable (Nuez, 2001).

Asimismo, en la planta la tolerancia a las sales es una característica controlada por muchos genes (Shannon, 1997). La naturaleza del carácter y de la herencia es compleja, incluyen aspectos como toxicidad de algunos iones, desequilibrios nutricionales y tolerancia a la presión osmótica (Nuez, 2001; Cuartero, 2013).

Por otro lado, se ha descubierto que no hay correlación entre las etapas del tomate para tolerancia a salinidad, es decir, si una planta es tolerante en etapa de plántula, no necesariamente será tolerante en floración (Foolad, 2004).

Los suelos salinos influyen desfavorablemente en las plantas, debido sobre todo a su alta concentración de sales solubles. Como explican Buckman y Brady (1966), “cuando una solución acuosa, conteniendo una cantidad relativamente grande de sales disueltas se pone en contacto con una célula vegetal, producirá una disminución de su contenido protoplásmico”. Este fenómeno llamado plasmólisis, es debido al movimiento osmótico del agua, que pasa de la célula hacia la solución salina más concentrada; en consecuencia, la célula se rompe.

A continuación, se describen los mecanismos fisiológicos que permiten a las plantas tolerar el estrés salino:

8.5.1. CAMBIOS ANATÓMICOS Y FISIOLÓGICOS

La salinidad reduce generalmente la velocidad de transpiración imitando un déficit hídrico, originando cierre estomático y reduciendo la superficie foliar, incluso la muerte de hojas. Las disminuciones en el ritmo de pérdida de agua pueden deberse a un aumento de la resistencia estomática y a largo plazo por cambios anatómicos y fisiológicos de la planta (pelos en superficie de las células, reducción del número de estomas, y propiedades de la cutícula) (Troncoso, 2007; Petrone, 2013).

8.5.2. EXCLUSIÓN DE Na^+ DE LA LÁMINA DE LAS HOJAS

El control de la absorción de los iones salinos y su distribución dentro de la planta incluye diferentes procesos, tales como la absorción por la raíz, la carga en el xilema, la recuperación desde el xilema antes de que alcance la parte aérea, la recirculación en el floema, la localización en algunas partes concretas de la parte aérea (como hojas adultas), la secreción por las hojas, etc. (Moyano, 2013).

8.5.3. COMPARTAMENTALIZACIÓN

La tolerancia requiere la compartimentalización de Na^+ y Cl^- a nivel celular e intracelular para evitar concentraciones tóxicas dentro del citoplasma, especialmente en células mesófilas de hojas. La toxicidad ocurre con el tiempo, después de que el Na^+ aumenta a elevadas concentraciones en las hojas más viejas. (Petrone, 2013). La compartimentalización se da principalmente en vacuolas pero los iones también pueden concentrarse en órganos no

especializados como raíces, hojas viejas, traqueidas o peciolos, con el fin de retrasar el daño a otras partes más sensibles en crecimiento (Troncoso, 2007).

8.5.4. AJUSTE OSMÓTICO:

En condiciones de sequía y salinidad, se reduce el movimiento de agua hacia el medio intracelular y, por consiguiente, su potencial osmótico disminuye debido a un simple efecto de concentración de solutos. Sin embargo, si durante el curso de la pérdida de agua celular los solutos son activamente acumulados, la reducción de potencial osmótico será mayor que la debida al efecto de concentración. Los solutos que contribuyen al ajuste osmótico son mayormente los solutos orgánicos. Estos solutos no dañan enzimas ni estructuras celulares aunque se acumulen hasta alcanzar elevadas concentraciones. Los principales solutos orgánicos son los ácidos orgánicos y los azúcares. También sustancias como: polioles lineales, aminoácidos, compuestos de amonio cuaternario, entre otros compuestos (Moyano, 2013).

8.5.5. SISTEMAS ANTIOXIDANTES:

Uno de los efectos producidos por la salinidad es la generación de especies de oxígeno reactivas, como el superóxido, peróxido de hidrógeno o radicales hidroxilo que provocan daño celular y puede ocasionar la muerte de la planta. Para protegerse de los posibles efectos citotóxicos, las plantas pueden incrementar la actividad y/o la expresión de los sistemas antioxidantes. Estos sistemas consisten en enzimas que pueden eliminar los radicales de oxígeno, tales como superóxido dismutasa, peroxidasas, catalasas y glutatión reductasa (Moyano, 2013).

9. FITOMEJORAMIENTO Y BIOTECNOLOGÍA

El Fitomejoramiento usa la diversidad genética como base para lograr nuevas variedades de plantas (FAO, S.f.). Según un estudio de Swanson (1996) citado por Callow et al. (1997), en un periodo de cinco años, el 6.5% del nuevo germoplasma (en investigaciones sobre mejoramiento vegetal y en la industria de semillas) provino de los parientes silvestres. Comparado con el 2.2% de germoplasma que involucró la mutación genética para la obtención de nuevas variedades. Esto es, posiblemente porque los mayores resultados exitosos provienen de fuentes como los parientes silvestres. En este sentido, Callow et al. (1997) afirman que la investigación y desarrollo del mejoramiento vegetal requiere de una inyección anual de aproximadamente un 7% de germoplasma que provenga de material silvestre para abastecer el incremento de la información base.

Según Barlow y Tzotsos, 1995 (citados por Callow et al., 1997), “la biotecnología se puede aplicar como una herramienta en la conservación del germoplasma, facilitando en una decisión crítica de qué material se debería conservar y manejar en una colección grande”.

En el mejoramiento del tomate se ha trabajado con la técnica de hibridación interespecífica. En estas cruces se tienen en cuenta el sistema de fecundación, capacidad del cruzamiento entre las variedades de tomate y variabilidad genética. (Esquinas-Alcázar, 1981).

Se han realizado diversos estudios en tomate silvestre con la finalidad de buscar tolerancia a factores abióticos como la salinidad del suelo y del agua de riego. Rodríguez et al. (2013), citan a Gur y Zamir (2004); quienes afirman que mediante estudios con marcadores moleculares, se ha logrado demostrar la presencia de ciertas regiones genómicas en el germoplasma silvestre del tomate con potencial para mejorar el rendimiento, calidad o adaptación de éste a ambientes estresantes.

Jones (1986), trabajó en seis accesiones de *L. esculentum* y una accesión de *L. pennellii*. Las accesiones se sometieron a 100mM NaCl. En la accesión de *L. pennellii* se obtuvo una germinación de 99%, mientras que sólo una accesión de *L. esculentum* tuvo igual porcentaje. Estos resultados indican que dentro de *L. pennellii* es posible encontrar germoplasma con tolerancia a salinidad en etapa de germinación.

Srinivas, 2001 (citado por Goykovic y Saavedra, 2007), evaluó veinte accesiones de *L. peruvianum* empleando NaCl. Reportó que tres de las veinte accesiones de *L. peruvianum* fueron más tolerantes a la salinidad, al presentar éstas una mejor germinación y crecimiento de la plúmula y radícula hasta una CE de 10.2 dS/m, mientras que el resto de accesiones mostraron efectos perjudiciales, y por lo tanto una menor tolerancia. Estos resultados también indican la existencia de potencial genético para tolerancia a salinidad en el germoplasma silvestre de *L. peruvianum*.

Goykovic y Saavedra (2007), citan investigaciones de Cuartero y Fernández-Muñoz (1999), que demuestran que es posible seleccionar para salinidad dentro de *L. esculentum*, *L. peruvianum* y *L. pennelli*. Ellos estudiaron el comportamiento de las accesiones a concentraciones crecientes de NaCl. Encontraron que a 80mM disminuía en algo el porcentaje de germinación, y a los 190 mM NaCl el porcentaje de germinación disminuía drásticamente, excepto para la accesión ‘Edkawy’ (*L. esculentum*). Esto señalaría que dentro de accesiones de *L. esculentum* también sería posible seleccionar accesiones para salinidad.

Como afirma Nuez (2001), "...la caracterización y selección de grandes colecciones de *L. esculentum* será probablemente el método que aporte nuevos materiales en los próximos años".

9.1. APLICACIONES Y EXPERIMENTACIONES CON CULTIVO DE TEJIDOS VEGETALES

El cultivo *in vitro* es una herramienta que tiene múltiples beneficios, entre ellos el manejo de grandes colecciones de germoplasma. En estas colecciones se requiere un procesamiento rápido, identificación del material y la eliminación de genotipos redundantes (Callow et al., 1997). Asimismo, el uso del espacio físico se reduce en comparación con otros, como el cultivo a la intemperie o en invernadero. Más aún, nos permite acceder a un sinnúmero de experimentos con componentes químicos que permiten estudiar el crecimiento y desarrollo de las plantas en medios de cultivos específicos. En el caso del tomate se han realizado diversos estudios de su cultivo *in vitro* bajo estrés salino, entre estos podemos citar algunos:

En 2004, El-Sayed *et al.* estudiaron las respuestas de seis genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum*) en un medio de cultivo salino. Como explantes utilizaron segmentos de hipocótilos y hojas verdaderas para la inducción de callos y regeneración *in vitro* respectivamente. En todos los genotipos se encontraron diferencias significativas en el crecimiento del callo y la capacidad regenerativa, demostrando así que existen genotipos con alto potencial para crecer, mejor que otros, en ambientes salinos. También se pone en evidencia que las técnicas *in vitro* son adecuadas para el estudio de la tolerancia a salinidad bajo ambientes controlados, en un espacio reducido y en corto tiempo.

Amini y Ehsanpour (2006), experimentaron con cuatro cultivares de *L. esculentum* (Cv. Isfahani, Shirazy, Khozestani y Khorasani). Estudiaron los efectos de dos medios de cultivos, Murashige y Skoog (1962) y agar con agua; a niveles crecientes NaCl en la germinación de las semillas (0, 40, 80, 120 y 160 mM). En todas las variedades, el aumento de la salinidad produjo una reducción del porcentaje de germinación y peso seco.

Yokas et al. (2008), investigaron los efectos del NaCl (0, 50, 100 y 150 mM) y Na₂SO₄ (0, 40, 80 y 120 mM) en la germinación de las semillas y polen de *L. esculentum in vitro*. Además, en invernadero evaluaron los efectos del NaCl, Na₂SO₄ y CaCl₂ en el rendimiento, crecimiento, y otros parámetros fisiológicos. Los resultados muestran que hay una reducción de la germinación de las semillas con contenidos altos de sales. La germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico fueron reducidos significativamente y fueron nulos a dosis

mayores de 50mM NaCl y 30mM Na₂SO₄. En invernadero con las diferentes sales fueron afectadas la densidad estomatal, contenido de clorofila, crecimiento y rendimiento. El contenido de prolina incrementó con el aumento de concentración salina. Asimismo la concentración de potasio y nitrógeno disminuyó con los tres tipos de sales, pero el calcio aumentó con el aumento de concentración de CaCl₂.

Por otro lado, Abu-khadejeh *et al.* (2011) investigaron las respuestas fisiológicas de microbrotes de tomate mediante cultivo *in vitro* bajo estrés salino. Los microbrotes fueron expuestos a concentraciones de 0, 50, 100, 150 y 200 mM de NaCl y CaCl₂. Los explantes no desarrollaron raíces cuando estuvieron expuestos a una salinidad superior a 150mM. Los iones Na⁺, Cl⁻ y Ca⁺² incrementaron sus concentraciones en los microbrotes con el aumento de la concentración salina. Por otro lado, el contenido de K decreció con el aumento de sales. Además, conforme aumentó la concentración de sales aumentó la acumulación de Prolina en los explantes.

Rashed *et al.* (2016), caracterizaron la respuesta a estrés salino bajo condiciones *in vitro* en catorce genotipos de tomate. El menor crecimiento de raíz se dio a 250 mM NaCl y la raíz más larga (11,6cm) a 50mM NaCl. Se encontraron diferencias de fenotipos de los distintos genotipos frente al estrés salino, esto indicaría una vez más que algunos genotipos de tomates tolerantes a sales pueden ser usados en programas de mejoramiento genético.

9.2. BANCO DE GERMOPLASMA INIA

El Instituto de Innovación Agraria (INIA) maneja y conserva *ex situ* en la EEA (Estación experimental agraria) Donoso Huaral una colección de tomate integrado por 163 accesiones que corresponden a seis especies silvestres de tomate.

Mediante el proyecto “Desarrollo y valoración de recursos genéticos de *Lycopersicon spp.* para su utilización en mejoramiento genético de Solanáceas frente a estrés biótico y abiótico” se hizo la colecta nacional de tomate silvestre en 8 regiones del Perú, la colecta estuvo a cargo de la Ing. Llerme Ríos Lobo (INIA, 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. UBICACIÓN DEL ENSAYO EXPERIMENTAL

La investigación se desarrolló en el laboratorio de Cultivos de tejidos vegetales de la Subdirección de Biotecnología de la Dirección de Recursos Genéticos y Biotecnología (DRGB) del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ubicado en el distrito de La Molina, departamento de Lima.

2. CARACTERÍSTICAS MICROAMBIENTALES

Temperatura: $21 \pm 1^\circ\text{C}$

Humedad relativa: 70%

Intensidad luminosa: 5440 lux

Fotoperiodo: 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad



Figura 4: Cuarto de incubación donde se realizó la investigación (Laboratorio de cultivos vegetales - INIA)

3. MATERIAL VEGETAL

Se trabajó inicialmente con 103 accesiones de tomate silvestre de las cuales se preseleccionaron 46 accesiones que fueron las que presentaron una germinación del control superior a 65% (22 accesiones de *Solanum pimpinellifolium* y 24 accesiones de *Solanum lycopersicum*). El material vegetal provino del banco de germoplasma de tomate silvestre de la estación experimental Donoso-INIA.

4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Germinación:

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial, resultando un total de 184 tratamientos. La unidad experimental fue una placa (10 semillas).

El primer factor fue el nivel de concentración de NaCl 0 mM (Control), 30 mM (Tratamiento T1), 60 mM (Tratamiento T2) y 90 mM (Tratamiento T3) cada uno con tres repeticiones (10 semillas por placa/repeticion). El segundo factor fue accesion (46 accesiones) de la especie *Solanum sp.*

Plántula:

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial, resultando un total de 87 tratamientos. La unidad experimental fue una plántula.

El primer factor fue el nivel de concentración de NaCl: 0 mM (Control), 30 mM (Tratamiento T1) y 60 mM (Tratamiento T2) cada uno con tres repeticiones (10 semillas por placa/repeticion). El segundo factor fue accesion (29 accesiones) de la especie *Solanum sp.*

Mediante el *software Infostat* se realizó el análisis de varianza de los datos procesados en la evaluación. Como prueba de comparación de tratamientos se utilizó la prueba de Tukey al 95 por ciento de confianza.

5. METODOLOGIA

5.1. PROCEDIMIENTO PARA DESINFECCIÓN DE LA SEMILLA

Se siguió el protocolo de Cabrera (2016) para la desinfección de semilla de tomate.

Las semillas se colocaron en una tela permeable de 10 cm x 10 cm que luego se sujetó con un hilo o con una grapa formando una pequeña bolsita (este proceso facilitó los sucesivos

lavados) la cual se colocó dentro de un tubo Falcon. Luego se procedió a lavar con agua destilada por tres veces (Figura 5).



Figura 5: Preparación del material vegetal para su desinfección superficial. a) Semillas en placa. b) Muestra de semillas. c) Bolsita de semillas antes de la desinfección. d) Tubo Falcon conteniendo la bolsita de semillas. e) Lavados con agua destilada. f) Materiales para la desinfección superficial.

Posteriormente, se llevó el tubo Falcon a condiciones estériles de la cámara de flujo laminar y se desinfectó con alcohol al 70% por un minuto (Figura 6). Luego se remojó en hipoclorito de sodio al 15% y dos gotas de tween 20 durante treinta minutos. Transcurrido el tiempo se enjuagó cinco veces con agua destilada estéril. Finalmente se enrazó hasta completar 45 ml con agua destilada estéril. Se procedió a sellar el tubo Falcon dejando reposar durante 24 horas dentro de la cámara de flujo a 23°C.

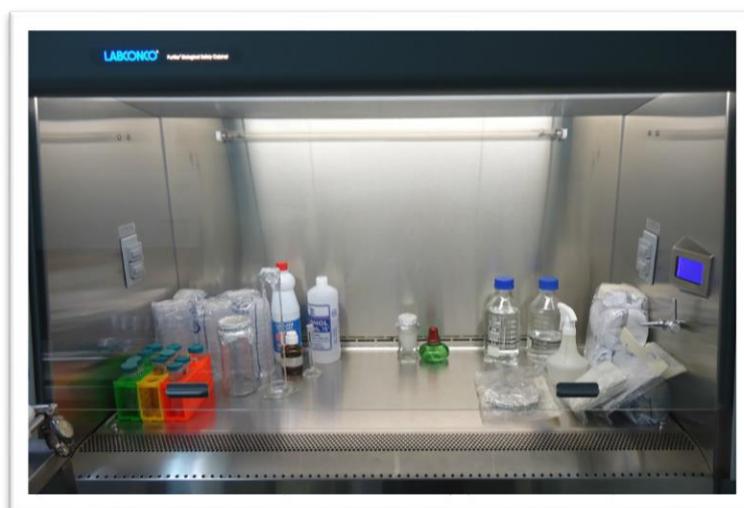


Figura 6: Cámara de flujo laminar lista para el proceso de desinfección superficial

5.2. PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO

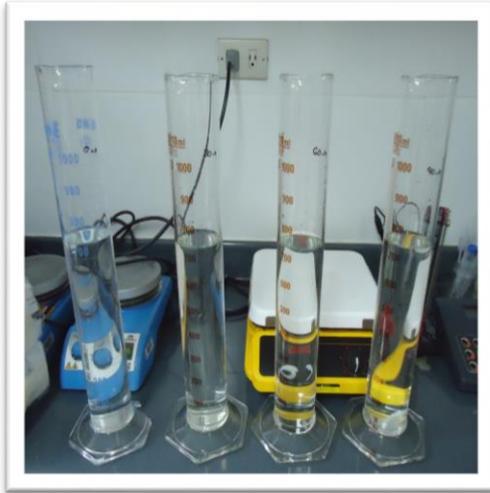
Se preparó el medio MS (Murashige y Skoog, 1962), sólido (marca Sigma) para cada tratamiento (Figura 7). Los componentes del medio se observa en la tabla 5.

Tabla 5: Medio de cultivo

Componentes		gr/l	CE final mS/m
NaCl	0 mM	0	5.89
	30 mM	1.76	9.00
	60 mM	3.51	11.2
	90 mM	5.27	13.89
Sacarosa		20	-
MS		4.33	-
Agar		7	-

La solución se llevó a un pH de 5.7 ± 0.1 y luego se procedió a esterilizar en autoclave a 121°C a una presión de 15 psi durante 15 minutos.

En la cámara de flujo laminar se colocó 15ml de medio de cultivo en las placas Petri, se esperó que solidifique y se sembraron las semillas, previo a un trazado de una línea recta a lo largo del diámetro de la placa.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 7: Preparación de medio de cultivo. a) Tratamientos en probetas. b) Lectura de pH. c) Autoclave. d) Medio de cultivo en placas Petri.

5.3. SIEMBRA DE SEMILLAS

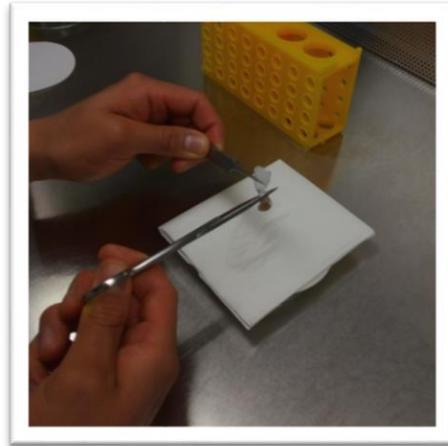
En condiciones de la cámara de flujo laminar se colocó una placa Petri esterilizada y sobre esta un círculo de papel filtro y papel toalla previamente esterilizados. Se extrajo la bolsita del tubo falcon y a la altura de la placa Petri se realizó un corte para poder esparcir todas las semillas sobre el papel toalla. Se dejó secar por media hora (Figura 8).

Transcurrido los treinta minutos, tiempo que permitió un secado adecuado de las semillas, con ayuda de pinzas de punta fina se procedió con la siembra de las semillas a la altura de la línea trazada a lo largo del diámetro de la placa con medio de cultivo sólido (Figura 8).

Se procedió a sellar las placas con parafilm para luego llevarlas al cuarto de incubación (Figura 4) a 21°C durante cuatro semanas. Las placas se colocaron en posición vertical previamente rotuladas.



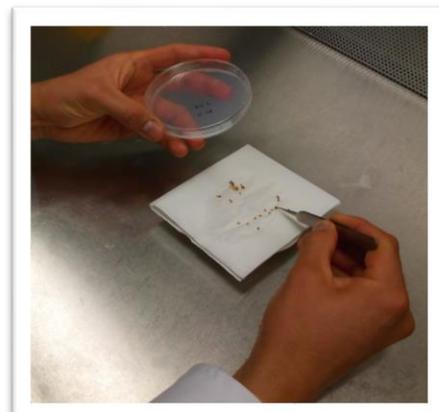
(a)



(b)



(c)



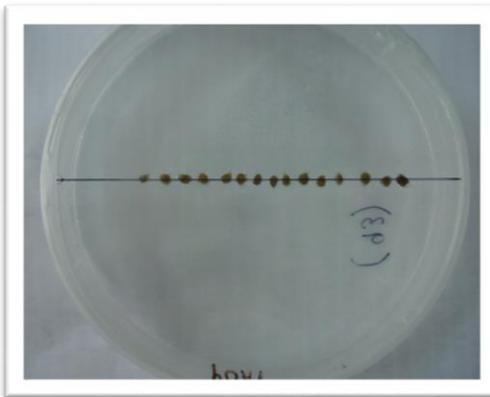
(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

Figura 8: Procedimiento para la siembra de semillas. a) Extracción de las semillas del tubo luego de 24h de remojo. b) Corte de la bolsita conteniendo las semillas. c) Semillas esparcidas en papel filtro. d) Toma de semillas con ayuda de una pinza fina. e) Siembra de semillas. f) Sellado de la placa con parafilm. g) Vista posterior de las semillas sembradas en la placa. h) Placas en cuarto de incubación.

5.4. ENSAYO PRELIMINAR: EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

Se realizó la prueba de germinación en las 103 accesiones en medio MS sólido con 0mM de NaCl para seleccionar aquellas con mejor porcentaje de germinación y tenerlas en cuenta en la siguiente etapa.

El ensayo constó de 3 repeticiones (se sembraron 10 semillas por placa) y se evaluó el porcentaje de germinación hasta los 20 días después de la siembra.

5.5. TRATAMIENTO DE SEMILLAS CON GIBERELINAS

Debido a la baja germinación de algunas accesiones en el ensayo preliminar, se decidió tratar a las semillas con giberelinas con el fin de aumentar el porcentaje de germinación y trabajar con el número de accesiones previstas (60).

Para esto, del lote de semillas se escogieron 12 accesiones de las 103 que presentaron baja o nula germinación, las accesiones se escogieron aleatoriamente (TS028, TS055, TS103, TS021, TS025, TS013, TS036, TS102, TS038, TS105, TS089 y TS097). Se trabajó con una accesión de *Solanum pennelli* (TS013) y otra de *Solanum cheesmaniae* (TS025).

Se realizó tres repeticiones (10 semillas por placa). Estas fueron desinfectadas con el protocolo de desinfección descrito anteriormente, con la diferencia que se remojaron durante 24 horas en una solución de agua destilada estéril y giberelinas a una concentración de 500 mg/l. Las semillas se sembraron en las placas Petri con el medio MS sólido libre de NaCl. La evaluación se realizó a los 20 días después de la siembra.

5.6. RESPUESTA A LA CONCENTRACIÓN DE NaCl POR VARIABLE

Las evaluaciones se realizaron a las cuatro semanas después de la siembra. Se procedió a extraer las plantas de cada placa con ayuda de una pinza (Figura 9). El agar sobrante fue retirado lavando cuidadosamente las raíces en agua destilada. Posteriormente, cada planta se colocó en papel toalla para proceder a evaluar. Fue necesario realizar este paso en el menor tiempo posible ya que las raíces son muy susceptibles a deshidratarse rápidamente.



Figura 9: Materiales para la evaluación

5.6.1. ETAPA DE GERMINACIÓN

- PORCENTAJE DE GERMINACIÓN:

Porcentaje de germinación de diez semillas sembradas en una placa Petri.

5.6.2. ETAPA DE PLÁNTULA

- ALTURA DE TALLO

Longitud del tallo expresada en milímetros desde el cuello de la planta hasta la yema apical. Se determinó al dividir cada plántula en tallo (por fines de practicidad se considerará el tallo más las hojas) y raíz.

- LONGITUD DE RAÍZ

Longitud de la raíz expresada en milímetros desde el cuello de la planta hasta el ápice radicular (Figura 10).



Figura 10: Medición de tallo y raíz

- PESO FRESCO DEL TALLO

Peso fresco del tallo expresado en miligramos y registrado en balanza analítica (Figura 11).



Figura 11: Pesado del tallo fresco

- PESO FRESCO DE LA RAÍZ

Peso fresco de la raíz expresado en miligramos y registrado en balanza analítica (Figura 12).



Figura 12: Pesado de la raíz fresca

- PESO SECO DEL TALLO

Peso seco del tallo expresado en miligramos y registrado en balanza analítica. Fue determinado luego de haber sido secado el tallo en una estufa a una temperatura de 60 °C durante 24 horas hasta obtener su deshidratación completa.

- PESO SECO DE LA RAÍZ

Peso seco de la raíz expresado en miligramos y registrado en balanza analítica. Fue determinado luego de haber sido secada la raíz en una estufa a una temperatura de 60 °C durante 24 horas hasta obtener su deshidratación completa (Figura 13).

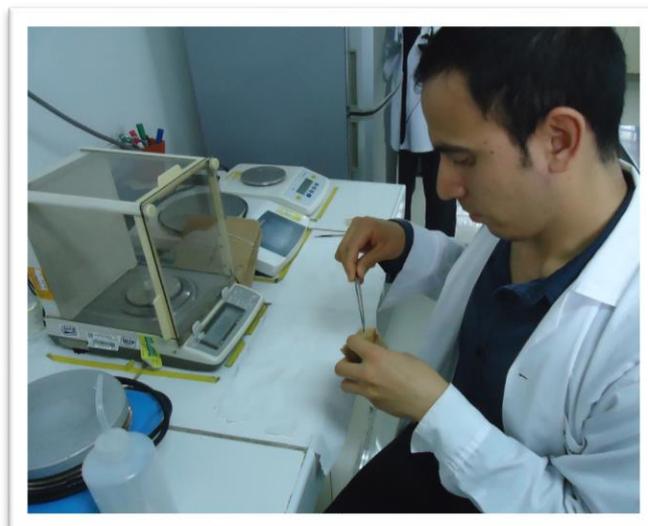


Figura 13: Tallos y raíces contenidos en bolsas de papel kraft para su secado en estufa

5.7. RESPUESTA A LA CONCENTRACIÓN DE NaCl POR ANÁLISIS MULTIVARIADO

El análisis multivariado se realizó utilizando la distancia euclidiana y el criterio del experto, una herramienta que nos ayuda a identificar el mejor tratamiento en un experimento. Es utilizada en muchas investigaciones en las cuales se trabaja con varios indicadores. El análisis común es realizar el análisis de varianza seguido de un test de comparación (por ej. Tukey o Duncan). La distancia euclidiana, combinada con el criterio del experto, se presenta como un indicador de integración de todas las variables.

La distancia euclidiana nos indica cuánta similitud o disimilitud existe entre un dato y un valor ideal (Lorenzo et al. 2013). Por otro lado, la distancia está altamente influenciada por la medida de la escala de las variables. Por ejemplo, en este experimento cada variable presenta diferentes escalas y unidades. Porcentaje de germinación, en %; altura de tallo y raíz, en milímetros; peso fresco y seco de tallo y raíz, en miligramos. Además, la variable Peso fresco presenta una escala más grande en comparación que la variable Peso seco.

Para evitar estos desajustes, debemos previamente estandarizar los datos (Lorenzo et al. 2013, Gómez et al. 2010). Para ello, se determinó el valor de referencia que, según el caso, puede ser máximo o mínimo. Si estandarizamos la variable “peso seco de raíz”, diremos que cuanto más alto es el peso seco es mejor el individuo; por ello, escogeremos el máximo valor como referencia. Por el contrario, si hubiésemos trabajado con la variable “ciclo de vida de la planta” diremos que es mejor que la planta presente un ciclo de vida más corto para obtener beneficios más rápidamente; en este caso, se tomaría el valor de referencia mínimo (Gómez et al. 2010).

En esta investigación se tomó como valor de referencia el máximo valor hallado en todo el experimento para cada variable (criterio del experto) incluidos los datos de las accesiones descartadas con el tratamiento T1 y T3 (Tabla 6). Los datos estandarizados deben variar desde el 0 al 1 (Lorenzo et al. 2013).

Tabla 6: Valores de referencia para estandarización

Porcentaje de germinación:	100	Peso fresco de la raíz:	17.04
Altura de tallo:	68.35	Peso seco del tallo:	6.34
Longitud de raíz:	108.5	Peso seco de raíz:	1.13
Peso fresco del tallo:	132.89		

Una vez estandarizado los valores se procedió a trabajar con la fórmula de distancia euclidiana:

$$d_{ij} = \left[\sum_{k=1}^K (x_{ik} - x_{jk})^2 \right]^{1/2}$$

Donde:

D_{ij} = Distancia euclidiana entre los individuos “i” y “j”.

X_{ik} = Valor del i-ésimo carácter en el individuo “i”

X_{jk} = Valor del j-ésimo carácter en el individuo “j”

K = Número de caracteres

Se calcularon las distancias euclidianas tomando el tratamiento T2 según la fórmula descrita (Anexo 10).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. ENSAYOS PRELIMINARES

De las 103 accesiones, se escogieron 46 accesiones que presentaron más del 65 % de germinación, según la norma de calidad de semillas (FAO, 2006).

En la tabla N°7 se observa que el 44.7% de accesiones presentaron una germinación aceptable y por encima del 65%. El 27.2% de accesiones presentaron menos del 65% de germinación y el 28.1% no llegaron a germinar. Es importante señalar que dentro de las accesiones con menos de 65% de germinación algunas presentaron una germinación lenta y/o escalonada, de estas resaltan las accesiones TS 055 (que inició su germinación a los treinta días después de la siembra, llegando a un 40% de germinación) y la accesión TS 041 (en la que se observó el inicio de la germinación a los cinco meses después de la siembra en el 10% de las semillas).

Tabla 7: Resultados de la evaluación de germinación en Tomate silvestre

Especie	Número de accesiones			Total
	Germinación \geq a 65%	Germinación < 65%	Germinación 0%	
<i>Solanum lycopersicum</i>	24	27	23	74
<i>Solanum pimpinellifolium</i>	22	1	6	29
Total	46 (44.7%)	28 (27.2%)	29 (28.1%)	103 (100%)

Sobre estos resultados, se sabe que algunas especies de tomate silvestre provenientes de zonas áridas presentarían algún tipo de dormancia, esto debido a que en las condiciones ambientales donde habitan la precipitación ocurre esporádicamente (Warnock, 1991). En este sentido, las

semillas escaparían a las condiciones de sequía con el fin de asegurar un adecuado crecimiento y desarrollo de la planta en mejores condiciones.

Como explican Taiz y Zeiger (2006) durante la maduración de la semilla, el embrión entra en una fase quiescente en respuesta a la desecación. En muchos casos, una semilla viable no germinará incluso aunque se den todas las condiciones ambientales necesarias para el crecimiento (Dormancia de la semilla). La dormancia retrasa el proceso de germinación y proporciona a la semilla un tiempo adicional para que pueda ser dispersada a grandes distancias. También incrementa la supervivencia de las plántulas al evitar la germinación en condiciones desfavorables.

2. TRATAMIENTO DE SEMILLAS CON GIBERELINAS

Deaquiz y Burgos (2013) citan a Balaguera-López et al. (2009) quienes experimentaron con semillas de tomate y concluyeron que las giberelinas son importantes para inducir rompimiento de la latencia después de la imbibición de las semillas, permitiendo la germinación y crecimiento del embrión.

Sin embargo, los resultados no fueron los esperados, ya que el porcentaje de germinación no varió en la mayoría de las accesiones tratadas que no superaron al 65% (Tabla 8). Una explicación a estos resultados pudiera ser la concentración de la hormona, el tiempo de imbibición de las semillas y el hecho de que los resultados positivos de Balaguera et al. (2009) fueron con variedades de tomates cultivados. A partir de estos resultados no esperados, se decidió trabajar solamente con las 46 accesiones del ensayo preliminar.

Tabla 8: Resultados del tratamiento de las semillas de tomate silvestre con giberelinas

Accesión	Germinación sin Giberelina (%)	Germinación con Giberelina (%)
TS 028	0	0
TS 055	2.7	8.7
TS 103	0	3.2
TS 021	5	13.2
TS 025	20	20
TS 013	0	11.1
TS 036	3.7	11.7
TS 102	0	0
TS 038	0	8.6
TS 105	0	40
TS 089	0	0
TS 097	0	0

- *Accesión TS 013: Solanum pennelli*
- *Accesión TS 025: Solanum cheesmaniae*

3. EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA A LA CONCENTRACIÓN DE NaCl POR VARIABLE Y SELECCIÓN DE GENOTIPOS SUPERIORES

En algunas investigaciones se siembran las semillas en un medio libre de sales para luego, una vez germinadas las semillas, pasar a otro medio con los diferentes tratamientos (esto con el fin de asegurar la germinación) y poder evaluar en las siguientes fases (Morales, 2010; Nasser, 2012; Khursheda et al. 2015; Mahendran, 2017). En esta investigación se optó por sembrar las semillas en el medio de cultivo con sales desde el inicio (es decir, no hubo un cambio de medio) con el fin de someter a las plántulas a un estrés continuo.

Investigaciones anteriores muestran que al crecer inicialmente en un medio libre de sales, hasta que la plántula presente cierto número de hojas verdaderas se incrementaría el vigor de

la plántula. Pasternak et al. (1986) señalan que si en la etapa inicial de desarrollo del tomate (hasta tener cuatro hojas) se riega con agua dulce y luego se utiliza agua salina conteniendo hasta 7.5 dS/m, los rendimientos solamente se reducen un 25 por ciento en comparación con plantas regadas con agua dulce durante todo su desarrollo. Sin embargo, encontraron que cuando los tomates fueron irrigados desde el principio con agua salina con la misma conductividad eléctrica, el rendimiento total se redujo en un 60% en relación al control.

Investigaciones anteriores (Nuez, 2001; Foolad, 2004; Shannon, 1997) demuestran que la tolerancia al estrés salino en las diferentes etapas de la fenología del tomate no están relacionadas. Es decir, podemos identificar accesiones tolerantes en etapa de germinación que no necesariamente son tolerantes en estado de plántula o floración. Por otro lado, acorde con basha et al. (2015) y smolik et al. (2011) el estrés salino es más sensible y perjudicial en la etapa de germinación y plántula que en otras etapas fenológicas.

Por ello, el estrés continuo, al cual fueron sometidas las semillas, garantizó la correcta evaluación del efecto de la concentración salino en la etapa de germinación y plántula. El análisis de varianza para la etapa de germinación (porcentaje de germinación) tomando en cuenta los cuatro tratamientos para las 46 accesiones.

Posteriormente; para la etapa de plántula se realizó el análisis estadístico para 29 accesiones, tomando en cuenta los resultados del porcentaje de germinación con el tratamiento T2 (descartándose las 17 accesiones que no lograron germinar con T2). De igual manera, se tomaron los datos de la evaluación de estas 29 accesiones expuestas al tratamiento control y T1; se descartaron los datos de la evaluación con el tratamiento T3, ya que hubo germinación de sólo dos accesiones a esta concentración de sal (Tabla N°9).

Tabla 9: Accesiones con datos para el análisis estadístico

	Control	T1	T2	T3
Número de accesiones con datos para la fase de germinación	46	46	46	46
Número de accesiones con datos para la fase de plántula	46	43	29	2

3.1. ETAPA DE GERMINACIÓN

3.1.1. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NaCl SOBRE EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

El análisis de varianza para el porcentaje de germinación mostró diferencias estadísticamente significativas para los factores accesión, concentración de NaCl y para la interacción accesión-concentración (Tabla 10).

Tabla 10: Análisis de la Varianza para la variable Porcentaje de germinación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	890800	183	4867.76	82.68	<0.0001*
Accesión	110550	45	2456.67	41.73	<0.0001*
Concentración de NaCl	657700	3	219233.33	3723.59	<0.0001*
Accesión*Concentración	122550	135	907.78	15.42	<0.0001*
Error	21666.67	368	58.88		
Total	912466.67	551			

* = Significativo ($p < 0,05$) ns = no significativo

La prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el factor principal tratamiento (Concentración de NaCl) muestra diferencias significativas (Tabla 11); siendo el control el tratamiento con un porcentaje de germinación por encima del 90% y el tratamiento T3 el tratamiento que presentó menos de 1% de germinación.

Tabla 11: Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de germinación

Tratamiento	Medias
T3	0.72 a
T2	22.97 b
T1	58.19 c
Control	91.45 d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la figura 14 se muestran los porcentajes de germinación de las 46 accesiones, donde 60.9% de ellas germinaron por encima del 90%, asimismo 23.9% germinaron entre 80 y 90%. Asimismo, 6.5% de las accesiones germinaron en el rango de 70-80% y el 8.7% germinó en el rango de 60-70%.

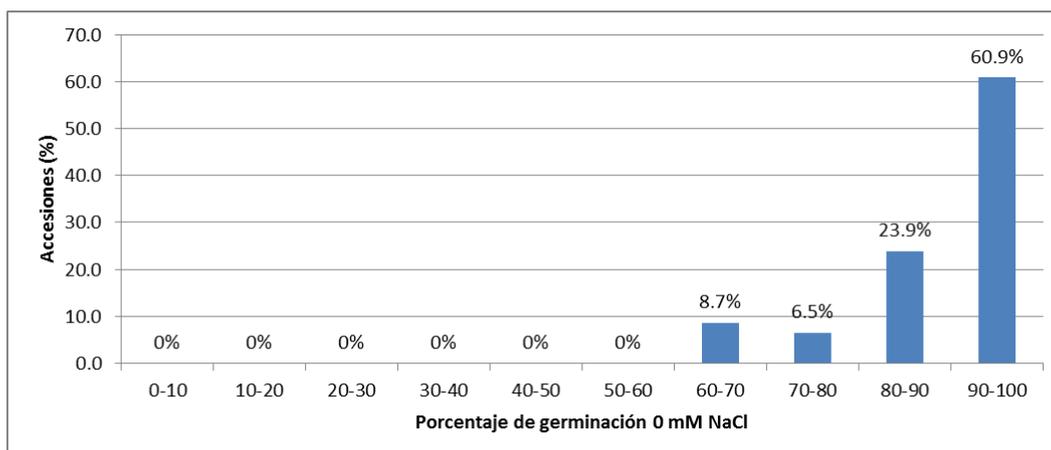


Figura 14: Porcentaje de germinación con el tratamiento control

Para el tratamiento T1 se observa que el 13% de las accesiones presentaron una germinación alta (por encima del 90%) seguida del 23.9% que germinaron en el rango de 80-90%. Se deduce que la germinación no se reduce drásticamente con este nivel de salinidad ya que el 54.3 % de accesiones germina por encima del 60%. (Figura 15)

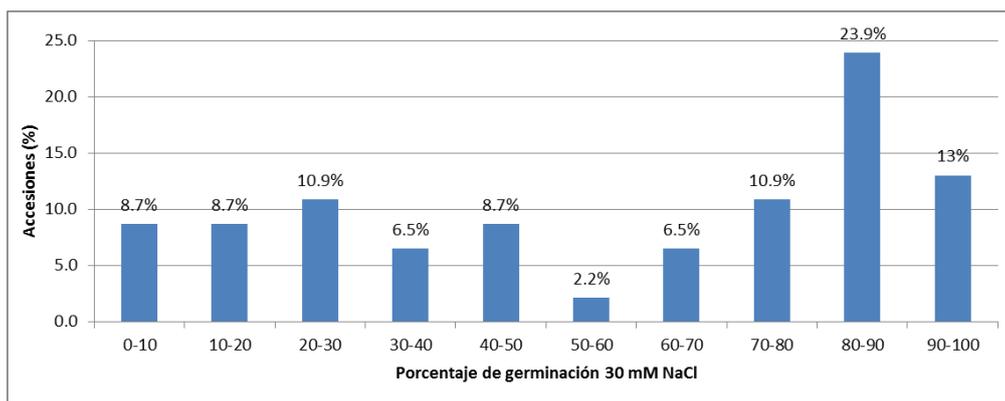


Figura 15: Porcentaje de germinación con el tratamiento T1

En el tratamiento T2 se observa una reducción notable en la germinación de las accesiones. El 45.7% de ellas no germinan o alcanzan un porcentaje menor al 10% y ninguna accesión germina por encima del 90 %. Asimismo solo el 6.6% presentó una germinación aceptable entre 60 y 90% (Figura 16).

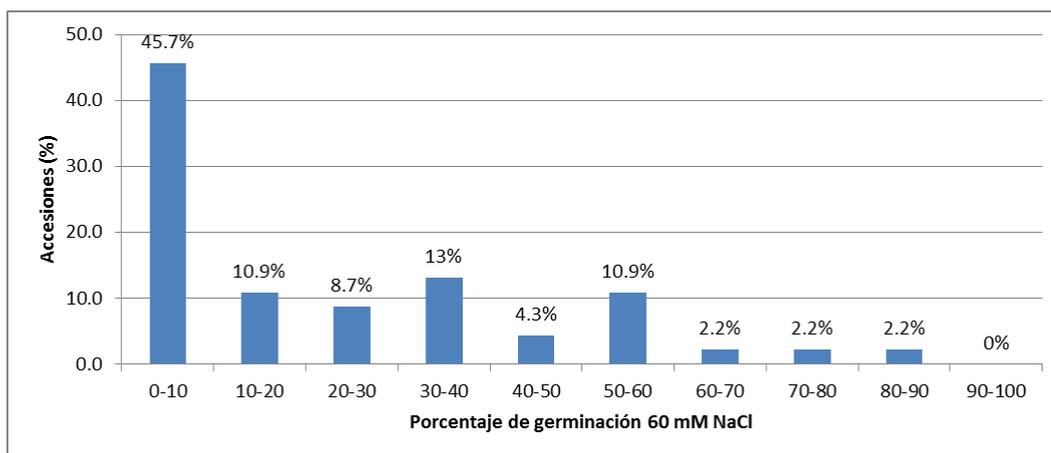


Figura 16: Porcentaje de germinación con el tratamiento T2

El tratamiento T3 reduce ampliamente el porcentaje de germinación, el 97.8% de las accesiones germinan con un porcentaje entre 0 y 10%. Además el 2.2% (una accesión) tiene una germinación entre 20 y 30% (Figura 17).

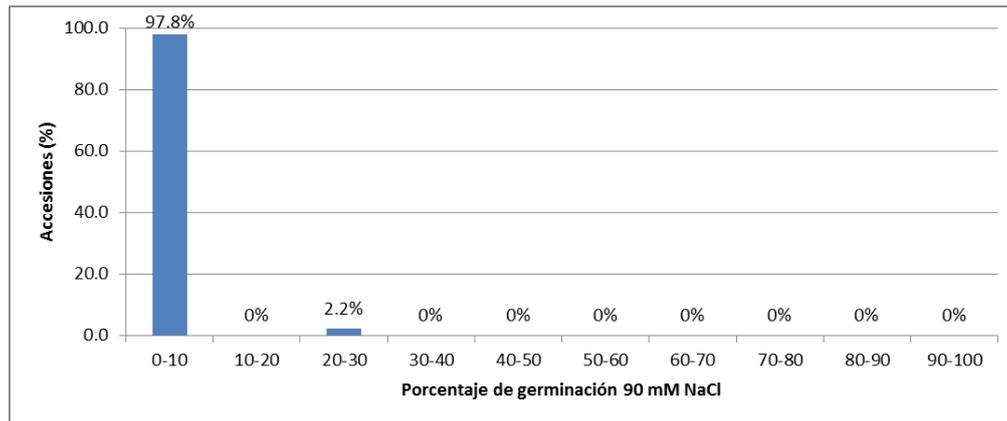


Figura 17: Porcentaje de germinación con el tratamiento T3

Resultados similares encontraron Yokas et al. (2008) quienes evaluaron el porcentaje de germinación de *Lycopersicon esculentum* cultivar Target NF1 en MS sólido con concentraciones crecientes de NaCl obtuvieron los siguientes porcentajes de germinación: con 0mM (100%), 30mM (87.0%), 60mM (55.0%) y 90mM (22.7%). De igual manera, Baviskar et al. (2012) evaluaron la tolerancia de tres tomates cultivados a 0, 50, 100 y 200 mM NaCl, ellos encontraron que a una concentración de 0 y 50 mM no se afectó la germinación de las semillas; sin embargo, a partir de 100mM fue totalmente inhibida.

Estos resultados, siguen el mismo patrón de otras especies glicófitas como *Pisum sativum* L., *Chorisia speciosa* St. Hil. y *Zea mays*, que sometidas a una creciente disminución del potencial de solutos reducen el porcentaje de germinación (Goykoviv et al., 2014).

De igual modo, Basha et al. (2015) afirman que la salinidad, debido al efecto osmótico y el desbalance iónico, reduce o inhibe la germinación; ellos citan a Ibrar et al. (2003) y Jabeen et al. (2003) quienes reportaron que la inhibición de la germinación de las semillas fue mayor con el aumento de la concentración del NaCl en *Brassica juncea* y *Vigna mungo* respectivamente.

Jones (1986), reporta que la tolerancia a la salinidad de las semillas en su germinación es una medida de la habilidad de éstas para soportar los efectos de altas concentraciones de sales solubles en el medio, ya que la presencia de las mismas disminuye el potencial hídrico, lo que provoca una menor disponibilidad de agua para las semillas. De manera que éstas deben generar suficiente potencial osmótico para mejorar el nivel hídrico de los embriones y permitir su crecimiento.

La germinación en las accesiones estudiadas se reduce drásticamente con una concentración de 90mM NaCl. Sin embargo, Goykovic et al. (2014) quienes estudiaron el efecto de la salinidad sobre la germinación de plantas de *S. chilense*, *S. peruvianum*, *S. lycopersicoides* y *S. lycopersicum*, demostraron que la germinación de las semillas expuestas a 100 mM no fueron afectadas por las sales y con dosis de 150 mM recién se observó una disminución notable en la germinación excepto en *S. peruvianum* que germinó en más de 90%.

También, Basha et al (2015) encontraron que el porcentaje de germinación en tres cultivares de *S. lycopersicum* fue superior al 80% con una concentración de 90 mM NaCl. Mientras que, Goykovic et al (2014) encontraron que la germinación de semillas de *S. lycopersicum* y *S. peruvianum* tratadas con 100 mM de NaCl presentaron una germinación de 98 y 95.2%, respectivamente. Asimismo, ellos citan a El-habbasha et al. (1966), quienes señalan que al tratar cultivares de tomate con NaCl, el cultivar más tolerante presentó una germinación del 90% al someterlo a una concentración de 85.5 mM de NaCl.

Estos resultados sugieren que las accesiones estudiadas en este experimento no presentan habilidad para germinar en una medio caracterizado por alta salinidad. También indican que a una concentración de 90 mM estas semillas muestran su mayor susceptibilidad al efecto que producen las sales al reducir el potencial hídrico del medio promoviendo la incapacidad de la semilla de poder absorber agua para su imbibición y poder completar los procesos que intervienen en la germinación. Asimismo, generar un efecto tóxico por el ingreso y acumulación de iones sodio y cloro en la semilla los cuales pueden inducir efectos en el metabolismo, específicamente en la actividad de ciertas enzimas (Goykovic et al, 2014) siendo suficiente para afectar en términos significativos la germinación de las semillas.

3.1.2. GENOTIPOS SUPERIORES POR PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

En el anexo 3A se observan las diferencias en el porcentaje de germinación de cada accesión entre el tratamiento control y el tratamiento T1. La germinación en las accesiones TS002, TS006 y TS010 no se vio afectada con el tratamiento T1, lo que demuestra que la germinación de las semillas en estas accesiones no es afectada a una concentración de 30mM NaCl. En contraste, la germinación en las accesiones TS032, TS112, TS144 fue inhibida totalmente,

por lo que se puede afirmar que no son tolerantes incluso a un nivel bajo de sales en el medio de cultivo.

El anexo 3B muestra las diferencias en la germinación entre el tratamiento T2 y el tratamiento control. Se observa que las accesiones: TS017, TS018, TS019, TS026, TS032, TS045, TS057, TS087, TS091, TS111, TS112, TS119, TS144, TS146, TS154, TS159 y TS160 reducen su germinación a 0%; por lo que podemos concluir que no son tolerantes a un nivel de salinidad intermedia (60mM NaCl). Por el contrario, las accesiones que respondieron mejor al tratamiento y que presentaron una germinación por encima del 65% fueron TS009, TS151, TS001, con una diferencia de -7%, -19%, -27%, respectivamente.

El anexo 3C muestra las diferencias en porcentaje para el tratamiento T3 con respecto al control. Se puede observar que a este nivel de salinidad la germinación se redujo drásticamente en todas las accesiones. Solamente las accesiones TS004 y TS081 germinaron, pero con una reducción de -76 y -90%, respectivamente.

3.2. ETAPA DE PLÁNTULA

3.2.1. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NaCl SOBRE LA ALTURA DE TALLO

El análisis de varianza para la altura de tallo mostró diferencias estadísticamente significativas para los factores accesión, tratamiento y para la interacción accesión-tratamiento (Tabla 12).

Tabla 12: Análisis de la Varianza para la variable Altura de tallo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	44870.49	86	521.75	47.06	<0.0001*
Accesión	26656.07	28	952	85.87	<0.0001*
Tratamiento	8234.98	2	4117.49	371.4	<0.0001*
Accesión*Tratamiento	9979.44	56	178.2	16.07	<0.0001*
Error	1929.04	174	11.09		
Total	46799.53	260			

* = Significativo (p< 0,05) ns = no significativo

La prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el factor principal tratamiento (Concentración de NaCl) muestra diferencias significativas (Tabla 13). Se observó que el control tuvo una altura de tallo mayor que los tratamientos T1 y T2; es decir, que las sales afectaron el crecimiento de las plántulas.

Tabla 13: Efecto de los tratamientos sobre la altura de tallo

Tratamiento	Medias
T2	37.68 c
T1	44.69 b
Control	51.44 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Estos resultados concuerdan con afirmaciones de Cuartero et al. (1999) y Pessarakli (2011) quienes indican que la altura del tallo se reduce conforme aumenta la salinidad en el medio de cultivo. Este efecto observado pudiera estar asociado, según indica Morales et al. (2012), a daños oxidativos como resultado de un desbalance entre la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) y la defensa por parte de la planta a estas sustancias antioxidantes.

Asimismo, como indican Cuartero y Fernández-Muñoz (1999), Leidi y Pardo (2002) si se reduce el potencial hídrico del suelo también disminuye la disponibilidad de agua para el crecimiento y desarrollo de la planta. A la vez, la elevada concentración de iones (sodio y cloro) pueden interferir con la nutrición mineral y el metabolismo de las células de las plantas. En consecuencia, los efectos serán pérdida de turgencia, reducción del crecimiento, desorganización de membranas e inhibición de la actividad enzimática.

El efecto más común de la salinidad sobre la altura del tallo es la disminución del mismo, esta afirmación está en relación con los resultados de algunas accesiones en este experimento. Resultados similares obtuvieron Smith et al (1990), Mohammed et al. (2007) y Abu-Khadejeh (2011).

Sin embargo, en los resultados obtenidos también se observa que algunas accesiones tienden a aumentar la longitud de su tallo con el aumento de la salinidad, esto coincide con Smolik et al. (2011) quienes encontraron que en el cultivar “Pokusa”, la longitud del tallo aumentó con

los tratamientos 50, 75, 100 y 125 mM NaCl con respecto al control. Resultados similares, a baja concentración de sal, obtuvieron Basha et al. (2015) que estudiando el efecto de la salinidad en la germinación y el estado de plántula de seis genotipos de tomate encontraron que la tendencia de la longitud del tallo fue disminuir conforme se aumentó los niveles de salinidad. Ellos evaluaron la longitud de tallo y raíz con 10 concentraciones de NaCl (20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 y 200 mM) y un tratamiento control. La longitud de tallo aumentó con el tratamiento 20mM y comenzó a descender a partir de 40 mM en comparación con el control.

3.2.2. GENOTIPOS SUPERIORES POR ALTURA DE TALLO

En el anexo 4 se observa las diferencias (en porcentaje) de cada accesión con los tratamientos T1 y T2 con respecto al control. Se observó que la altura del tallo en la accesión TS151 disminuye en 19% con el tratamiento T1; sin embargo, la misma accesión aumenta en 149% cuando se expuso al tratamiento T2. De igual manera, la accesión TS158 disminuyó en 4% con el tratamiento T1, pero aumentó la altura de su tallo en 36% con el tratamiento T2 con respecto al control.

Asimismo, la accesión TS009 disminuye la altura de su tallo en 34% con el tratamiento T1 pero disminuye en sólo 6% con el tratamiento T2; y las accesiones TS008, TS004 y TS104 redujeron su altura en menos de 10% con el tratamiento T2 por lo que podemos deducir que en algunas accesiones las sales estimulan el crecimiento, induciendo cierta tolerancia a un nivel mayor de salinidad.

Por el contrario, 19 accesiones disminuyeron la altura de su tallo conforme se aumentó el nivel de salinidad. Además, las accesiones TS149 y TS153 disminuyeron la altura de su tallo en más de 50% con el tratamiento T2. La tendencia del crecimiento o curvas de variación de la altura del tallo en algunas accesiones se muestra en la figura 18.

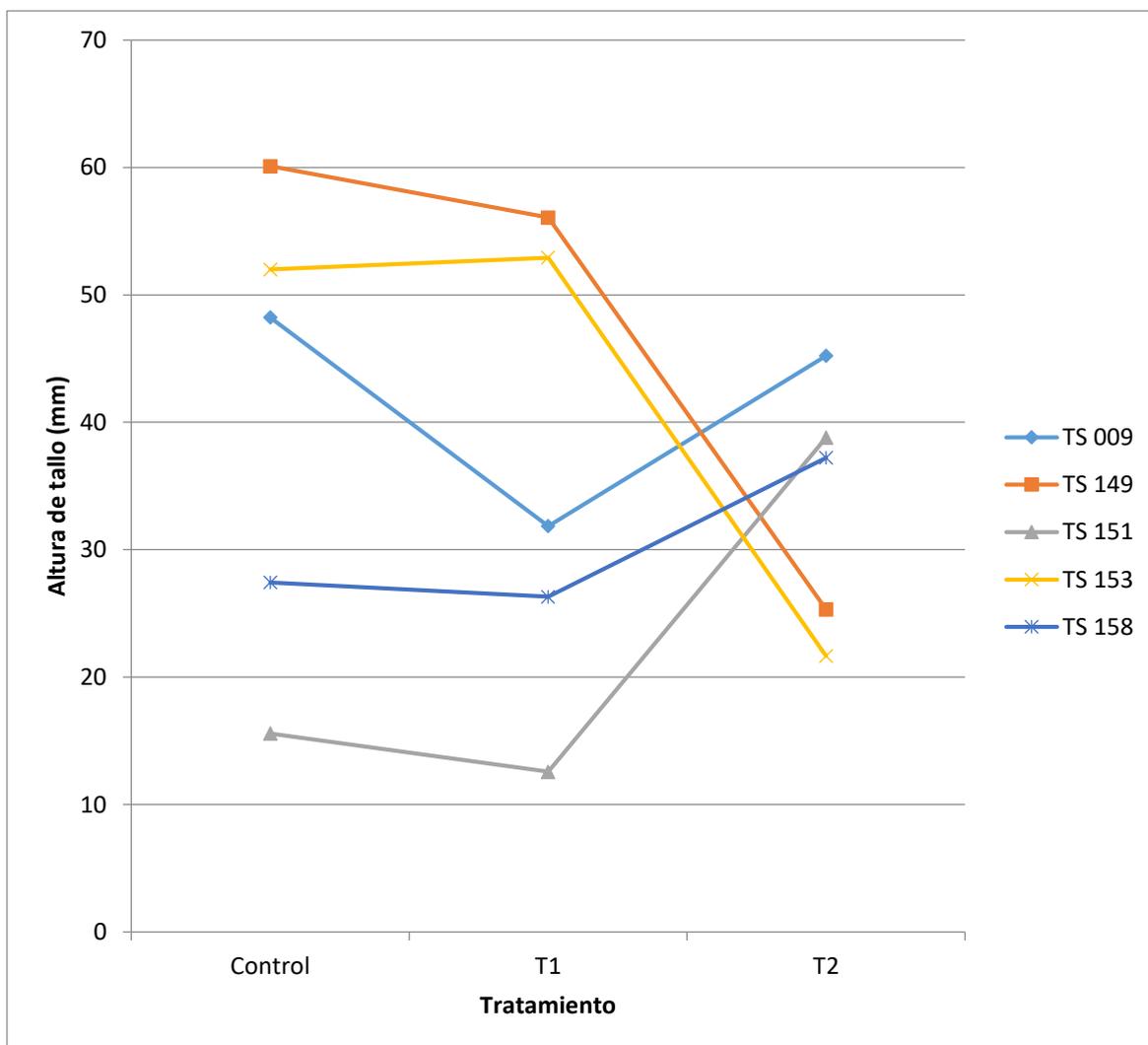


Figura 18: Curvas de variación de la altura del tallo

Estos resultados indicarían que las accesiones TS151 y TS158 tienen capacidad de aumentar la longitud del tallo conforme se incrementa los niveles de salinidad. Se deduciría que, en estas accesiones, un medio salino incentiva el alargamiento del tallo, llegando a un límite de salinidad a partir del cual comienzan a decrecer o ser afectadas viéndose reflejado en alteraciones fisiológicas y morfológicas.

3.2.3. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NaCl SOBRE LA LONGITUD DE RAÍCES

El análisis de varianza para la longitud de raíz mostró diferencias estadísticamente significativas para los factores accesión, tratamiento y para la interacción accesión-tratamiento. (Tabla 14).

Tabla 14: Análisis de la Varianza para la variable Longitud de raíz

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	45668.18	86	531.03	15.45	<0.0001*
Accesión	24434.97	28	872.68	25.4	<0.0001*
Tratamiento	7673.49	2	3836.75	111.66	<0.0001*
Accesión*Tratamiento	13559.71	56	242.14	7.05	<0.0001*
Error	5979.02	174	34.36		
Total	51647.2	260			

* = Significativo (p< 0,05) ns = no significativo

La prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el factor principal tratamiento (Concentración de NaCl) muestra diferencias significativas (Tabla 15). Se observó que el tratamiento T2 produjo mayor longitud de raíz que el tratamiento control y tratamiento T1.

Tabla 15: Efecto de los tratamientos sobre la longitud de raíz

Tratamiento	Medias
T1	39.64 a
Control	40.93 a
T2	51.73 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

El efecto de la salinidad sobre la longitud de raíces, de acuerdo a los antecedentes, sería la reducción de esta. Las accesiones TS079 y TS080 muestran esa tendencia y concuerda con los resultados obtenidos por Basha et al. (2015) y Smith et al. (1990).

Sin embargo, las raíces de la mayoría de accesiones estudiadas tuvieron tendencia a aumentar con el nivel de salinidad. Esto concuerda con Basha et al. (2015) quienes encontraron que la longitud de raíz aumentó con el tratamiento 20mM hasta llegar a un máximo con el tratamiento 40mM para luego descender notoriamente a concentraciones superiores.

Asimismo, El-Sayed et al. (2004) encontraron que la longitud de raíz en el cultivar ‘Castrock’ y la línea mejorada ‘BL-1076’ tiende a disminuir con el aumento de salinidad. Sin embargo, los cultivares ‘Oriet’, ‘Super Marmande’ y las líneas mejoradas ‘BL-1077’ y ‘BL-1079’ tienden a aumentar la longitud de su raíz conforme aumenta las concentraciones de sal en el medio.

De igual manera, Haitham et al. (2016) encontraron que la longitud de raíz en *S. lycopersicum*, *S. peruvianum* y *S. pimpinellifolium* decreció significativamente en la mayoría de genotipos. Algunos cultivares de *S. lycopersicum* tuvieron raíces significativamente más largas que *S. peruvianum* y *S. pimpinellifolium* a una concentración de 100mM NaCl. Sin embargo, otras accesiones de *S. peruvianum* y *S. pimpinellifolium* obtuvieron raíces más largas.

Por otra parte, Smolik et al (2011) expusieron cuatro genotipos de tomate a concentraciones crecientes de NaCl (0, 50, 75, 100, 125 mM NaCl) y encontraron que la longitud de raíz disminuyó con los tratamientos 50 y 75 mM para luego aumentar significativamente con el tratamiento 100 mM. En este sentido, citan a Rzepka-Plevneš et al. (2008) quienes afirman que la habilidad de algunas plantas para evadir los efectos desfavorables del estrés ambiental es probablemente directamente proporcional con el nivel del crecimiento radicular.

Estas afirmaciones concuerdan con Morales et al. (2012) quienes indican que la longitud de raíz puede aumentar conforme aumenta la salinidad en el medio de cultivo. Asimismo, revela la habilidad de las raíces a la adaptación cuando las plantas están expuestas a concentraciones crecientes de NaCl. Con esto, se comprueba que dentro de las accesiones estudiadas en este trabajo existe gran variabilidad en cuanto a la capacidad de tolerar el estrés salino.

3.2.4. GENOTIPOS SUPERIORES POR LONGITUD DE RAÍCES

En el Anexo 5 se observan las diferencias en porcentaje de cada accesión con los tratamientos T1 y T2 con respecto al control. Se observa que en 10 accesiones la longitud de la raíz aumenta con ambos tratamientos con respecto al control. De estas 10 destacan las accesiones TS104 y TS158 ya que con el tratamiento T2 aumentan su raíz en 111% y 144%, respectivamente.

Asimismo, la accesión TS151 disminuye su raíz en 13% pero aumenta en 216% con el tratamiento T2. Se observó que la longitud de raíz aumenta en 24 accesiones y disminuyen en las 5 restantes.

En contraste, las accesiones TS080 y TS079 disminuyeron la longitud de raíz en 32% y 40% respectivamente. La accesión TS081 mostró las raíces más largas con los tratamientos T1 y T2 (68.12 y 76.58 respectivamente). La tendencia del crecimiento o curvas de variación de la longitud de raíz en algunas accesiones se muestra en la figura 19.

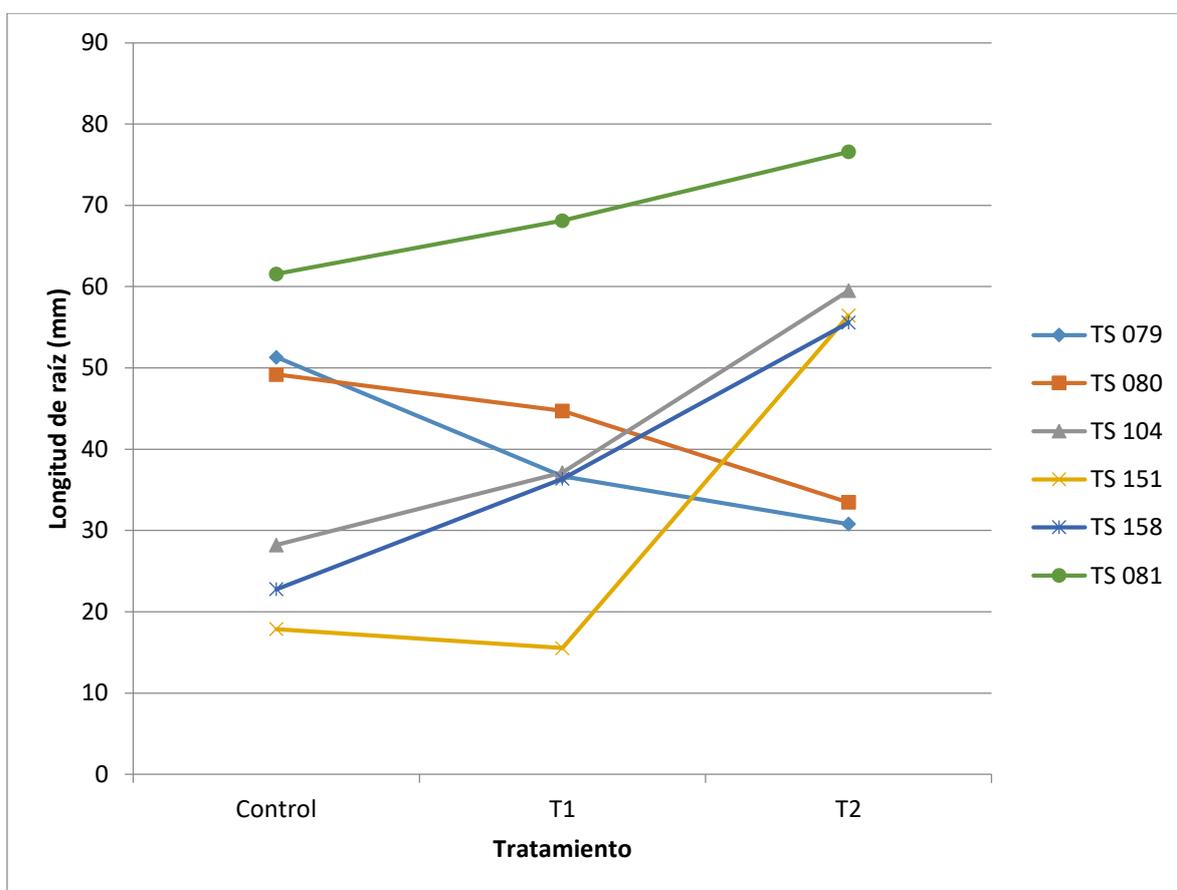


Figura 19: Curvas de variación de la longitud de raíz

3.2.5. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NaCl SOBRE EL PESO FRESCO DEL TALLO

El análisis de varianza para el peso fresco de tallo mostró diferencias estadísticamente significativas para los factores accesión, tratamiento y para la interacción accesión*tratamiento (Tabla 16).

Tabla 16: Análisis de la Varianza para la variable Peso fresco del tallo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	110186.41	86	1281.24	32.86	<0.0001*
Accesión	67304.49	28	2403.73	61.65	<0.0001*
Tratamiento	5424.7	2	2712.35	69.56	<0.0001*
Accesión*Tratamiento	37457.22	56	668.88	17.15	<0.0001*
Error	6784.39	174	38.99		
Total	116970.81	260			

* = Significativo (p< 0,05) ns = no significativo

La prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el factor principal tratamiento (Concentración de NaCl) muestra diferencias significativas (Tabla 17); se observó que el control tuvo un peso fresco de tallo mayor que el tratamiento T1 y T2.

Tabla 17: Efecto de los tratamientos sobre el Peso fresco del tallo

Tratamiento	Medias
T2	55.41 a
T1	56.42 a
Control	65.55 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

La reducción de la biomasa en ciertas accesiones también lo obtuvieron Mohammed et al. (2007). Este efecto es explicado por Rashed et al. 2016, quienes encontraron resultados similares, ellos indican que su disminución puede ser debido a la insuficiente absorción de agua o debido a los efectos tóxicos en el embrión. El desbalance de nutrientes como resultado de la reducción en la absorción o competencia del Na y Cl con el K y Ca también pueden explicar la reducción en el crecimiento de la planta.

Asimismo, Romero-Aranda et al. (2001) sometieron tomates cultivados a estrés salino con 35 y 70 mM NaCl, los resultados indicaron que el nivel inferior fue suficiente para reducir significativamente el número de hojas y por ende afectar la biomasa.

Igualmente, Haitham et al. (2016) encontraron que el peso fresco decreció con el aumento en los niveles de salinidad en *S. lycopersicum*, *S. peruvianum* y *S. pimpinellifolium*. Por otro lado, encontraron que el peso fresco de las plántulas de *Solanum lycopersicum* fue significativamente mayor que en *S. peruvianum* y *S. pimpinellifolium* con el tratamiento control (sin NaCl).

No obstante, algunas accesiones aumentaron el peso fresco de su tallo a concentraciones crecientes de NaCl y otras aumentaron con el tratamiento más alto de la sal. En este sentido, Ruiz et al (2014) estudiando el efecto de la salinidad sobre ocho genotipos de tomate, encontraron que la variable peso fresco de parte aérea se incrementó en todos los genotipos de 0 a 50 mM NaCl, para disminuir a partir de 100 mM conforme los niveles de salinidad aumentaron (150 y 200 mM de NaCl).

El aumento del peso fresco del tallo encontrados en este experimento puede deberse, en gran medida, al efecto iónico por parte del NaCl. Este efecto es explicado por Goykovic et al (2014) quienes estudiaron el efecto del NaCl y PEG (un estresante hídrico) en tomate. Ellos encontraron que con el tratamiento de 100mM de NaCl se obtuvo una mayor biomasa que en los tratamientos con PEG100 (Ambos tratamientos tuvieron el mismo nivel isosmótico). Ello debido a que el PEG, al ser un agente osmótico incapaz de penetrar a las células por su gran peso molecular y no ionizarse en forma apreciable en el agua de modo que su interferencia metabólica es limitada, difícilmente puede contribuir a reducir el potencial de solutos en las células; en cambio, los iones de sodio y cloro aportados por la sal sí pueden atravesar las membranas celulares y contribuir a disminuir el potencial de solutos y por tanto establecer un mayor flujo de agua. Estos resultados también son válidos para el peso seco de la plántula y concuerdan con Okçu et al. (2005), citado por Goykovic et al. (2014), que encontraron que el NaCl tuvo un menor efecto en el peso seco de cultivares de *Pisum sativum* L. respecto al PEG al mismo nivel isosmótico. Asimismo, Alam et al (2002) citados Goykovic et al. (2014) reportaron que el crecimiento de la plúmula y radícula de cultivares de arroz era mucho más bajo en los tratamientos con PEG.

Cabe señalar que la mejor respuesta en la generación de biomasa en algunas accesiones con concentraciones crecientes de NaCl no sólo se debe a la acción de los iones Na⁺ y Cl⁻ sino

también a una mayor concentración de Prolina, un soluto osmocompatible que no interfiere en el metabolismo celular.

En las hojas de algunas especies se ha encontrado una concentración salina tan alta como 200 mM pero funcionando normalmente debido a que la acumulación de sales en la vacuola mantiene la sal fuera del citoplasma. El ajuste osmótico ocurre en plantas expuestas a estrés salino, bajo estas condiciones solutos orgánicos como prolina, glicina, betaína, azúcares solubles, aminoácidos libre, iones de potasio entre otros se acumulan en el citoplasma para balancear la presión osmótica de los iones en la vacuola. (Basha et al. 2015). Pero, las proteínas producidas bajo estrés salino no siempre están asociadas a tolerancia a sal. El usar las proteínas como un indicador de la tolerancia a sal depende de la naturaleza de la planta, especie o cultivar (Amini y Ehsanpour , 2006).

3.2.6. GENOTIPOS SUPERIORES POR PESO FRESCO DE TALLO

En el Anexo 6 se observan las diferencias en porcentaje de cada accesión con los tratamientos T1 y T2 con respecto al control. Se observó que el peso fresco del tallo en las accesiones TS007 y TS158 aumentó conforme se incrementó la concentración de sal. En la accesión TS007 se tuvo un ligero incremento de 2% con el tratamiento T1 y 5% con el tratamiento T2. Mientras que la accesión TS158 incrementó 5% con el tratamiento T1 y 71% con el tratamiento T2. La tendencia del crecimiento o curvas de variación del peso fresco del tallo en algunas accesiones se muestra en la figura 20.

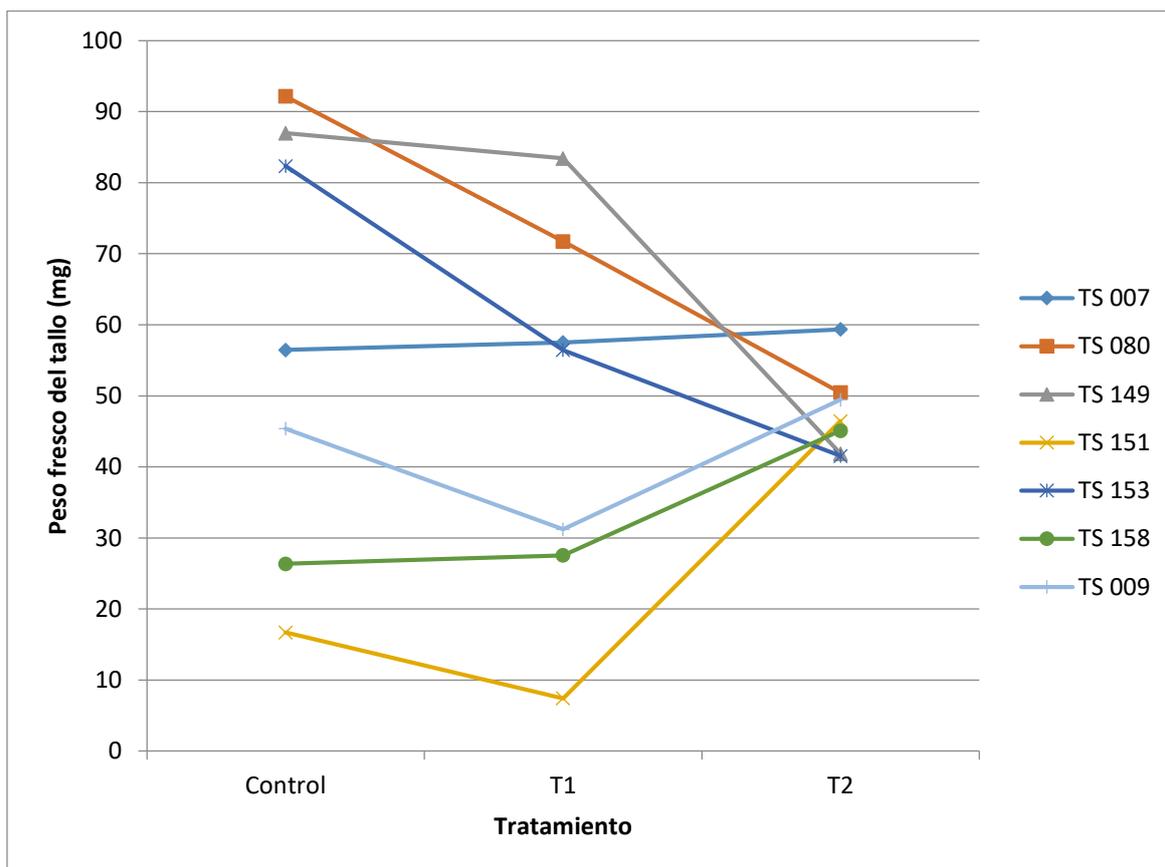


Figura 20: Curvas de variación del peso fresco del tallo

Las accesiones TS151, TS104, TS114, TS098, TS078 y TS009 disminuyeron su peso fresco con el tratamiento T1 pero aumentaron el mismo con el tratamiento T2 con respecto al control. Destaca la accesión TS151 que disminuyó en 56% con el tratamiento T1, pero aumento en 178% con el tratamiento T2, demostrando una tolerancia más alta a la salinidad para esta variable.

Por el contrario, la accesión TS080 redujo el peso fresco de su tallo en 22% con el tratamiento T1 y 45% con el tratamiento T2. Asimismo, las accesiones TS153 y TS149 redujeron su peso fresco con el tratamiento T1 y en más de 50% con el tratamiento T2.

3.2.7. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NaCl SOBRE EL PESO FRESCO DE LA RAÍZ

El análisis de varianza para el peso fresco de raíz mostró diferencias estadísticamente significativas para los factores accesión, tratamiento y para la interacción accesión*tratamiento (Tabla 18).

Tabla 18: Análisis de la Varianza para la variable Peso fresco de raíz

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3237.11	86	37.64	18.54	<0.0001*
Accesión	2129.04	28	76.04	37.46	<0.0001*
Tratamiento	174.03	2	87.02	42.87	<0.0001*
Accesión*Tratamiento	934.04	56	16.68	8.22	<0.0001*
Error	353.18	174	2.03		
Total	3590.3	260			

* = Significativo ($p < 0,05$) ns = no significativo

La prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el factor principal tratamiento (Concentración de NaCl) muestra diferencias significativas (Tabla 19); se observó que el tratamiento control obtuvo un peso fresco de raíz mayor que los tratamientos T1 y T2. El peso fresco de raíz fue superior con el tratamiento T2 frente al T1.

Tabla 19: Efecto de los tratamientos sobre el peso fresco de raíz

Tratamiento	Medias
T1	6.96 a
T2	8.36 b
Control	8.90 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.2.8. GENOTIPOS SUPERIORES POR PESO FRESCO DE RAÍZ

En el Anexo 7 se observan las diferencias en porcentaje de cada accesión con los tratamientos T1 y T2 con respecto al control. Se observó que el peso fresco de raíz aumenta en las accesiones TS151, TS114, TS098, TS003, TS009, TS092, TS158, TS115, TS004, TS153 y TS104 con el tratamiento T2. La tendencia del crecimiento o curvas de variación del peso fresco de la raíz en algunas accesiones se muestra en la figura 21.

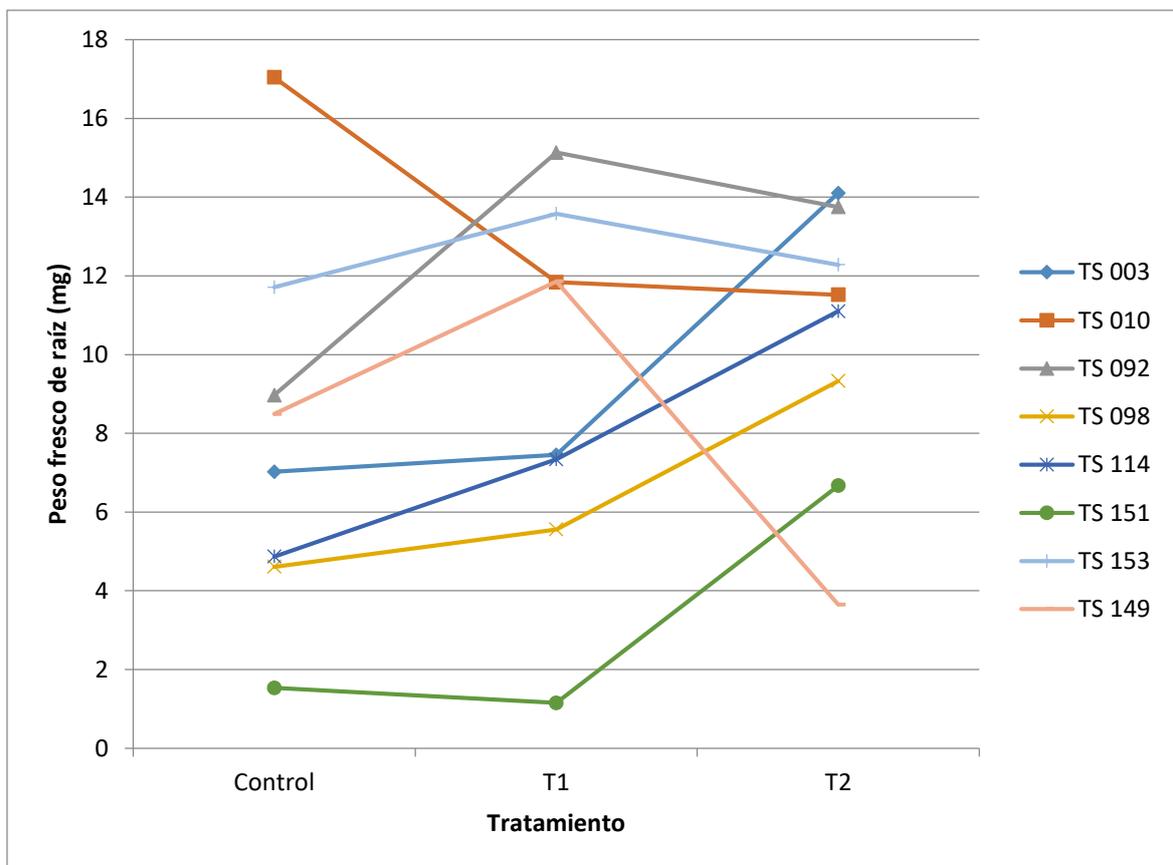


Figura 21: Curvas de variación del peso fresco de raíz

Las accesiones TS003, TS098 y TS114 aumentaron el peso fresco de su raíz conforme se aumentó la concentración de NaCl; además, con el tratamiento T2 aumentaron el peso fresco de raíz en más del 100%. Las accesiones TS092 y TS153 también aumentaron el peso fresco de su raíz con ambos tratamientos con respecto al control. Asimismo, la accesión TS151 redujo en 25% con el tratamiento T1 pero aumentó el 335% con el tratamiento T2.

Por el contrario, las accesiones TS001, TS006, TS008, TS010, TS079 y TS080 disminuyeron el peso fresco de su raíz conforme aumentó la concentración de NaCl. La accesión TS149 disminuyó en 57% con el tratamiento T2.

3.2.9. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NaCl SOBRE EL PESO SECO DEL TALLO

El análisis de varianza para el peso seco de tallo mostró diferencias estadísticamente significativas para los factores tratamiento y para la interacción accesión*tratamiento (Tabla 20).

Tabla 20: Análisis de la Varianza para la variable Peso seco del tallo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	315.69	86	3.67	9.71	<0.0001*
Accesión	197.99	28	7.07	18.7	<0.0001*
Tratamiento	12.65	2	6.33	16.73	<0.0001*
Accesión*Tratamiento	105.05	56	1.88	4.96	<0.0001*
Error	65.81	174	0.38		
Total	381.5	260			

* = Significativo ($p < 0,05$) ns = no significativo

La prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el factor principal tratamiento (Concentración de NaCl) muestra diferencias significativas (Tabla 21); se observó que el control tuvo un peso seco de tallo mayor que los tratamientos T1 y T2. Entre los tratamientos T1 y T2 no hubo diferencias significativas.

Tabla 21: Efecto de los tratamientos sobre el peso seco del tallo

Tratamiento	Medias
T1	3.39 a
T2	3.42 a
Control	3.87 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El peso seco de la planta tiende a disminuir con el aumento de la concentración salina como se observa en las accesiones TS006, TS008, TS043, TS079, TS080 y TS153. Resultados similares en el peso seco de tallo y raíz encontraron Mohammed et al. (2007), Saranga et al. (1991), Casierra-Posada et al. (2013) y Morales et al. (2012).

Estos resultados concuerdan con Torabi (2014) quien afirma que la masa de planta se reduce conforme aumenta la salinidad en el medio de cultivo. Esto se explica en parte por la reducción del tamaño y número de hojas incluso necrosis apical, que se observó en ciertas accesiones (Figura 22).



Figura 22: Reducción en la lámina foliar y necrosis apical en la accesión TS010 expuesta al tratamiento T2

Asimismo, Yokas et al (2008) encontraron resultados similares para la variable peso seco del tallo cuando expusieron a niveles crecientes de NaCl en tomate: 0mM (135.2 gr), 30mM (109.6 gr), 60mM (102.8 gr) y 90mM (96.2gr) y para la variable peso seco de la raíz: 0mM (19.55 gr), 30mM (19.57 gr), 60mM (18.61 gr) y 90mM (17.05 gr).

Sin embargo, Saranga et al. (1991) estudiando el efecto de la salinidad sobre el peso seco y producción en tomate, encontraron que el cultivar Mercado aumentó su peso seco conforme se aumentó los niveles de salinidad (tres niveles de salinidad: 1.5, 5 y 10 dSm⁻¹).

También, Ruiz et al (2014), estudiando el efecto de la salinidad sobre ocho genotipos de tomate, encontraron que la variable peso seco de la parte aérea incrementó en todos los

genotipos de 0 a 50 mM y en algunos genotipos se incrementó o se mantuvo con el mismo valor al pasar de 50 a 100 mM, para luego disminuir al incrementarse los niveles de salinidad.

Del mismo modo, Aazami et al. (2014) estudiaron el efecto de la concentración de NaCl sobre seis tomates cultivados en condiciones *in vitro*. Ellos sometieron a los explantes a cinco niveles de salinidad (0, 25, 50, 75 y 100 mM NaCl), concluyeron que el porcentaje de peso seco de las plantas generadas aumentó con el incremento de la concentración de NaCl en los seis cultivares. A su vez, citan a Yang et al. (1990) quienes afirman que el ajuste osmótico se da por la acumulación del Na y Cl, esto podría ser una explicación al aumento del peso seco en las plantas de tomate.

3.2.10. GENOTIPOS SUPERIORES POR PESO SECO DE TALLO

En el Anexo 8 se observan las diferencias en porcentaje de cada accesión con los tratamientos T1 y T2 con respecto al control. Se observó que el peso seco del tallo en las accesiones TS151, TS104, TS114, TS158, TS098, TS115, TS003, TS002 y TS078 aumentó con el tratamiento T2 con respecto al control. En la accesión TS152 no se observó variación a este nivel de salinidad con respecto al tratamiento control. La tendencia del crecimiento o curvas de variación del peso seco del tallo en algunas accesiones se muestra en la figura 23.

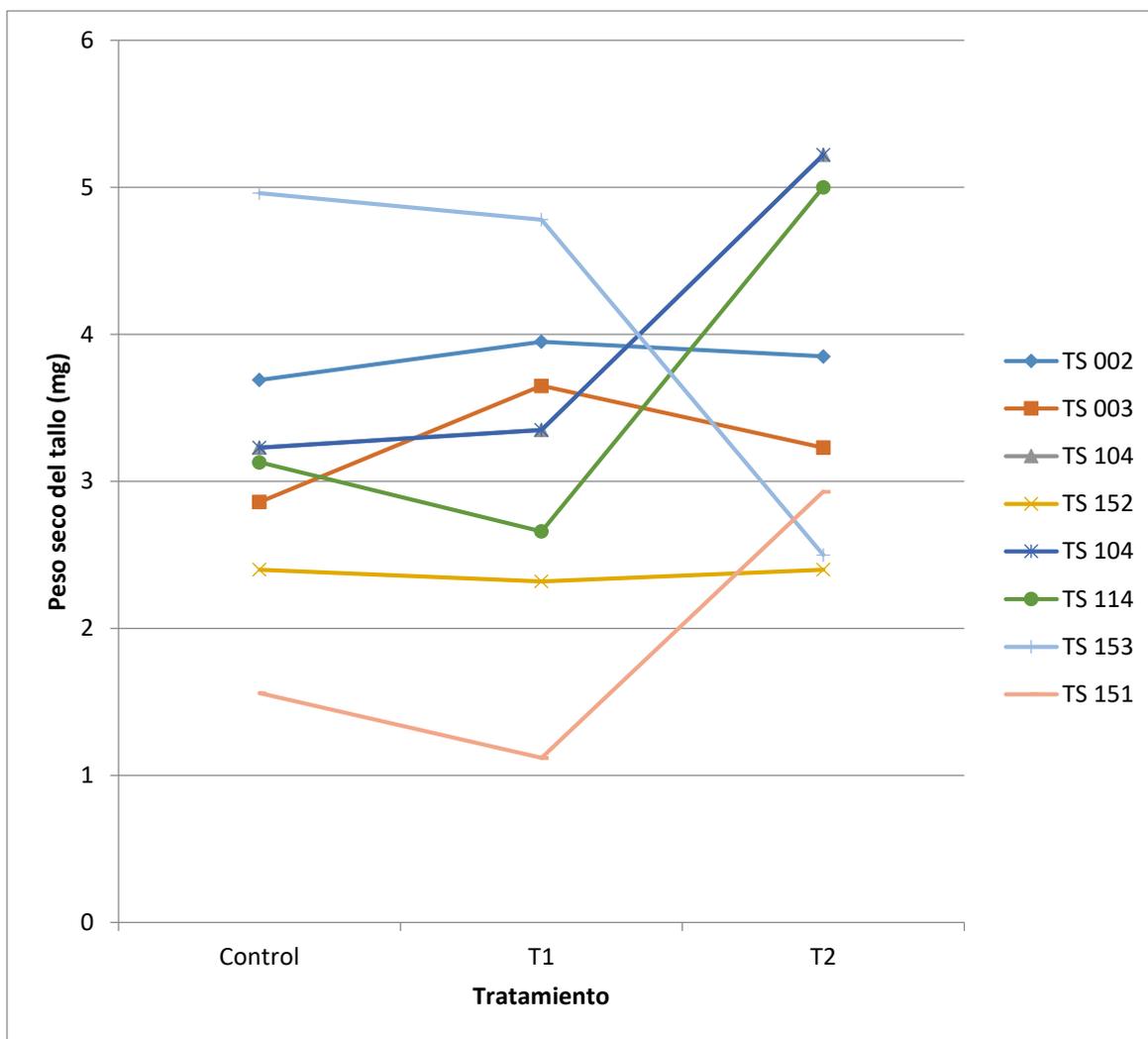


Figura 23: Curvas de variación en el peso seco del tallo

Para la accesión TS104 se tuvo un incremento en el peso seco del tallo conforme se aumentó la salinidad. Asimismo, las accesiones TS002 y TS003 aumentaron el peso seco del tallo con los tratamientos T1 y T2 respecto al control.

Por el contrario, las accesiones TS006, TS008, TS043, TS079, TS080 y TS153 redujeron su peso seco del tallo al aumentar la concentración de NaCl.

3.2.11. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NaCl SOBRE EL PESO SECO DE LA RAÍZ

El análisis de varianza para el peso seco de raíz mostró diferencias estadísticamente significativas para los factores accesión, tratamiento y para la interacción accesión-tratamiento. (Tabla 22).

Tabla 22: Análisis de la Varianza para la variable Peso seco de raíz

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13.51	86	0.16	5.45	<0.0001*
Accesión	6.64	28	0.24	8.23	<0.0001*
Tratamiento	0.75	2	0.38	13.02	<0.0001*
Accesión*Tratamiento	6.12	56	0.11	3.79	<0.0001*
Error	5.01	174	0.03		
Total	18.52	260			

* = Significativo ($p < 0,05$) ns = no significativo

La prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el factor principal tratamiento (Concentración de NaCl) muestra diferencias significativas (Tabla 23); se observó que el tratamiento control obtuvo un peso seco de raíz mayor que el tratamiento T2 y T1.

Tabla 23: Efecto de los tratamientos sobre el peso seco de raíz

Tratamiento	Medias
T1	0.58 a
T2	0.61 a
Control	0.71 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La reducción en los valores de peso seco de raíz con el aumento de la salinidad concuerda con el trabajo de Amini y Ehsanpour (2006) en el cual encontraron que el peso seco del tallo-hoja y de la raíz disminuyó conforme se incrementó los niveles de sal en el medio (0, 40, 80, 120, 160 mM NaCl) en los cultivares de tomate.

Asimismo, Ruiz et al (2014) encontraron que la variable peso seco de la raíz se mantuvo con valores similares en las concentraciones 0, 50 y 100 mM en los genotipos “Yaqui y Vita”; en el genotipo “Tropic” se incrementó al aplicar 50 mM; en el genotipo “Ace”, disminuyó a 50 mM; mientras que en el genotipo Missouri se mantuvo con el mismo valor en 0 y 50 mM pero disminuyó al cambiar la concentración de sales de 50 a 100 mM.

Morales et al. (2012) estudiando el efecto del incremento paulatino de sales a plantas de tomate, destacaron el hecho de que las plantas en las que el contenido salino del medio se les fue incrementando paulatinamente, mostraron un comportamiento similar al de las plantas control tanto en la masa seca de las raíces como de los tallos. Como explica Torabi (2014) este efecto puede estar relacionado a la capacidad de las raíces de ciertas plantas de excluir los iones presentes en el medio y transportarlas a las hojas para la síntesis de solutos compatibles evitando la alteración en la membrana celular o la inducción de enzimas antioxidativas.

El efecto que explica Torabi (2014) mediante el cual ciertas accesiones reducen el peso fresco o seco del tallo y raíz con el tratamiento T1 pero luego aumentan con el tratamiento T2, puede ser debido a que los genes que determinan la tolerancia a sales no se expresan con un nivel bajo de salinidad pero sí lo hacen a un nivel más alto de sal por ejemplo mediante la producción de proteínas funcionales como un mecanismo de defensa (Rashed et al. 2016).

3.2.12. GENOTIPOS SUPERIORES POR PESO SECO DE RAÍZ

En el anexo 9 se observan las diferencias en porcentaje de cada accesión con los tratamientos T1 y T2 con respecto al control. Se observó que el peso seco de raíz aumenta en las accesiones TS114, TS104, TS151, TS098, TS158, TS009, TS115, TS002 y TS082 con el tratamiento T2. La tendencia del crecimiento o curvas de variación del peso fresco de la raíz en algunas accesiones se muestra en la figura 24.

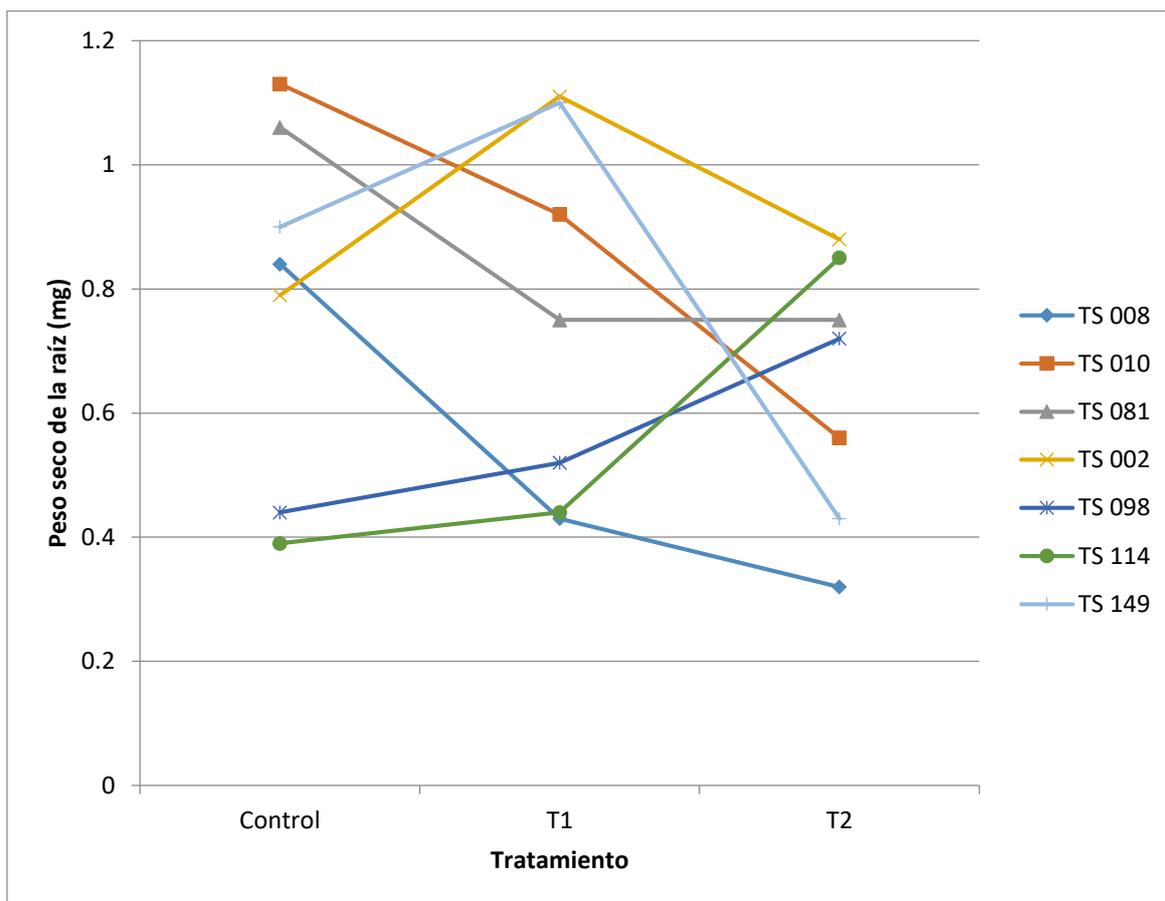


Figura 24: Curvas de variación en el peso seco de la raíz

Las accesiones TS098 y TS114 aumentaron su peso seco conforme aumentó la salinidad. Asimismo, la accesión TS002 aumentó con ambos tratamientos.

Por otro lado, las accesiones TS 008, TS010, TS043, TS079, TS081 y TS110 disminuyeron su peso seco de la raíz conforme se aumentó los niveles de sales en el medio. La accesión TS008 disminuyó su peso seco de raíz en 62% con el tratamiento T2.

Los resultados obtenidos muestran que existe alta variabilidad de respuestas morfológicas en presencia de salinidad. Esto puede ser debido a las diferencias en composición de la pared celular, estructura de la membrana celular, mecanismos de tolerancia y genética en las diferentes accesiones. (Amini y Ehsanpour, 2006).

4. EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA A LA CONCENTRACIÓN DE NaCl POR ANÁLISIS MULTIVARIADO Y SELECCIÓN DE GENOTIPOS SUPERIORES

Debemos tener en cuenta que la selección de genotipos superiores realizada con cada variable nos muestra la tendencia (aumento o disminución) con cada incremento de la concentración salina. Por el contrario, el análisis multivariado nos indica qué accesiones están más cerca al máximo valor del experimento teniendo en cuenta cada variable y analizando con la concentración más alta de sales (en este caso T2); estas distancias entre cada accesión y el “criterio del experto” se puede observar claramente en el Anexo 11.

Asimismo, es importante resaltar que con estos cálculos podemos observar cuáles son las mejores accesiones en esta investigación pero no es posible comparar con otros estudios ya que no se encontró ninguno para tomate en el cual se calcule la distancia euclidiana y el criterio del experto.

Las 29 accesiones se ordenaron en forma ascendente a su distancia euclidiana (Anexo 12). Se observa que la accesión TS081 (SL) es la accesión con la menor distancia y en consecuencia la mejor de todas. Seguida a esta tenemos la accesión TS009 (SP), TS010 (SP), TS082 (SL) y TS001 (SP) como mejores genotipos para tolerancia a salinidad. La accesión TS152 obtuvo el más alto valor de distancia y por ende resulta ser la peor accesión en este análisis. En el gráfico 25 se muestran las diferencias entre las accesiones TS081 y TS152; se observa que la accesión TS081 fue superior a la accesión TS152 en todas las variables.

Las accesiones TS081 y TS082 provienen del departamento de Cajamarca, el cual no se caracteriza por presentar suelos con alta salinidad, pero se puede deducir que puede existir algún tipo de estrés relacionado a la salinidad, por ejemplo el estrés hídrico. Se sabe que en ciertas zonas de la sierra peruana existe una alta variabilidad en el régimen hídrico el cual sería una limitante en el crecimiento de las plantas.

Muchas respuestas fisiológicas son compartidas por el estrés hídrico y salino. El ajuste osmótico es uno de los mecanismos que permite a las plantas tolerar el bajo potencial hídrico del suelo causado tanto por la salinidad como la sequía (Basha et al. 2015).

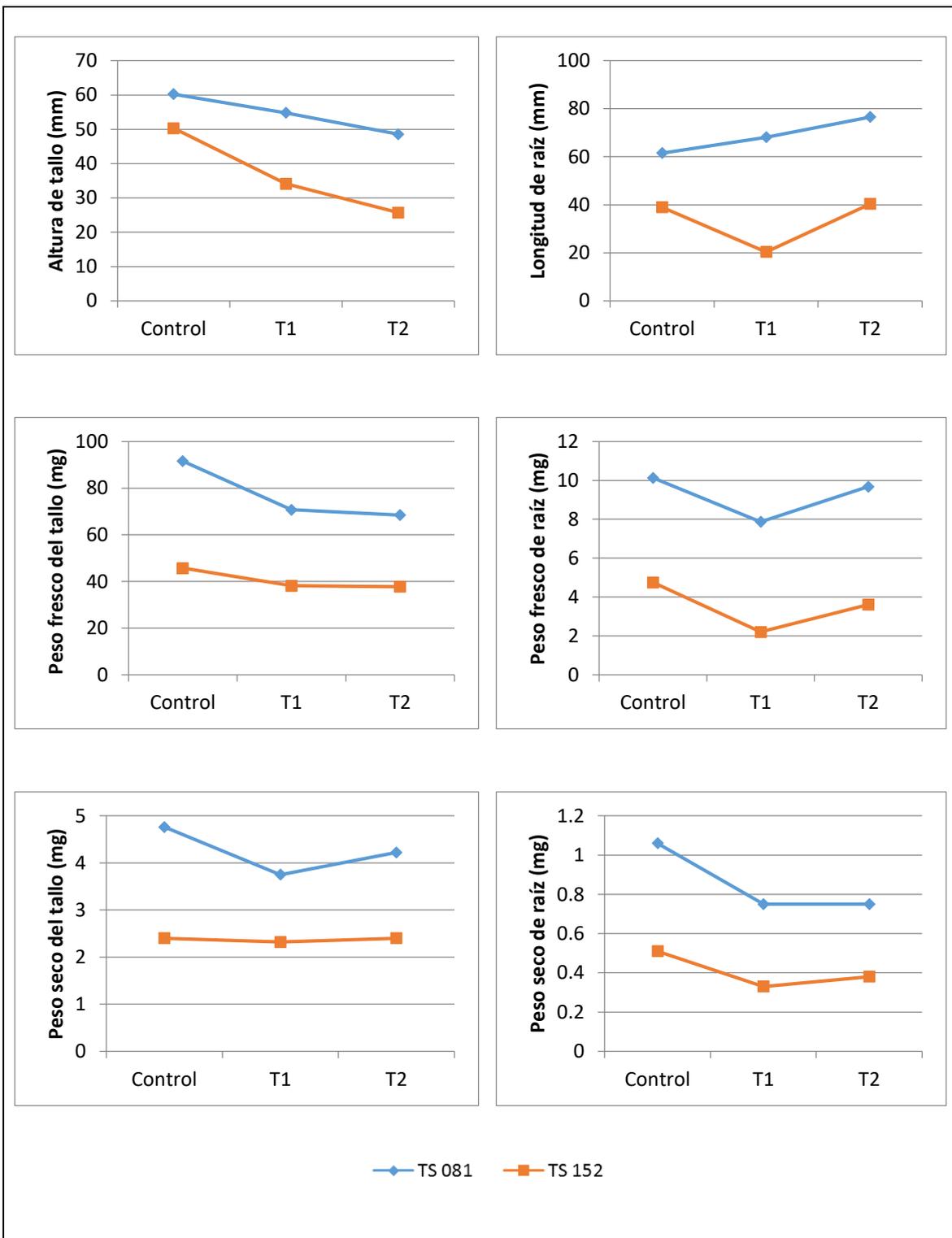


Figura 25: Comparación por variable entre las accesiones TS081 y TS152

Ambas accesiones TS081 y TS082 aumentan la longitud de su raíz con el aumento de la concentración de NaCl. Esto puede ser debido a que, al estar sometidas a un estrés hídrico,

estas accesiones tienden a tolerar un bajo potencial hídrico mediante respuestas morfológicas más que bioquímicas. Asimismo, se observa que estas accesiones no destacan dentro de las variables de peso de tallo y raíz, tal vez porque no presentan el efecto iónico explicado anteriormente, por el cual el ingreso de iones Na^+ y Cl^- (propio de suelos salinos) aumentarían la biomasa de la planta.

Las accesiones TS009, TS010 y TS001 provienen de departamento de Lima, el cual se caracteriza por presentar muchos suelos con niveles altos de salinidad.

Al analizar la respuesta de las semillas y las plántulas al estrés impuesto por el NaCl, el estrés no fue igual en estos dos estados de desarrollo ni en las accesiones. En el caso de la concentración de 60mM NaCl en semillas, la accesión TS081 redujo en 50% su germinación pero la misma accesión encabeza la lista del análisis multivariado (Anexo 5). Las tres accesiones que mostraron más tolerancia en la germinación a 60mM NaCl fueron TS009, TS151 y TS001. En el caso de la accesión TS009 y TS001 sí existe correlación entre la germinación y etapa de plántula, ya que estas se ubican dentro de los primeros lugares en el análisis multivariado. Sin embargo, la accesión TS151 no presenta correlación entre ambas etapas debido a que se ubica en el puesto 12 de acuerdo a su distancia euclidiana.

V. CONCLUSIONES

Selección de accesiones con capacidad para tolerar estrés salino a cuatro concentraciones de NaCl

Las respuestas diferentes en la germinación y crecimiento inicial (plántula) obtenidas dentro del germoplasma de tomate con los cuatro niveles de NaCl permiten afirmar que existe una considerable variabilidad genética entre las accesiones de tomate.

La diferencia entre los resultados obtenidos en las etapas de germinación y plántula, permite afirmar que la tolerancia a la salinidad en el cultivo de tomate está asociada a la etapa fenológica.

Identificación de genotipos superiores para germinación

Las accesiones TS009 (*S. pimpinellifolium*), TS151 (*S. lycopersicum*) y TS001 (*S. pimpinellifolium*) muestran una mayor capacidad para germinar (mayor al 70%) a dosis intermedias de sales (60mM NaCl).

Identificación de genotipos superiores en estado de plántula por variable

Para la variable altura de plántula, la accesión TS151 fue la mejor accesión seguida de la accesión TS158.

Para la variable longitud de raíz, las mejores accesiones fueron TS151 y TS158, seguidas de la accesión TS104.

Para la variable peso fresco de tallo, destacó la accesión TS151, seguida de la accesión TS158.

Para la variable peso fresco de raíz, la mejor accesión fue TS151 seguida de las accesiones TS114, TS098 y TS003.

Para la variable peso seco de tallo, destacaron las accesiones TS151, TS104, TS114, TS158.

Para la variable peso seco de raíz, la mejor accesión fue TS114 seguida de las accesiones TS104, TS151, TS098 y TS158.

Identificación de genotipos superiores por análisis multivariado

Se concluye que las cinco mejores accesiones en orden descendente son: TS081 (*Solanum lycopersicum*), TS009 (*Solanum pimpinellifolium*), TS010 (*Solanum pimpinellifolium*), TS082 (*Solanum lycopersicum*) y TS001 (*Solanum pimpinellifolium*).

Germinación de semillas

La máxima concentración de sales que afectó la germinación de semillas de tomate silvestre fue de 60 mM para las accesiones que se trabajaron en este estudio habiendo hecho los estudios en el rango de 0 - 90 mM NaCl.

Revalorización del material genético

Se identificaron las mejores accesiones de tomate silvestre bajo estrés salino. Dentro de las mejores accesiones encontramos tanto la especie *Solanum lycopersicum* como *Solanum pimpinellifolium*, las cuales deben ser difundidas para su conservación y su posterior estudio en el mejoramiento genético del tomate cultivado.

VI. RECOMENDACIONES

- Experimentar con diferentes compuestos con capacidad para romper la dormancia de las semillas de tomate silvestre.
- Estudiar el efecto del estrés salino con otras especies de tomate silvestre que habitan en el país.
- Realizar pruebas a nivel de invernadero con las accesiones que sobresalieron en este trabajo, considerando las siguientes pruebas bioquímicas:

Evaluación de la cantidad de clorofila. Determinación de solutos compatibles: prolina, glicina, betaína. Concentración foliar de iones de sodio, cloro, calcio, potasio, nitratos. Cuantificación de los ROS (Reactive Oxygen species) como: radicales libres, peróxido de hidrógeno, etc.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu-khadejeh A., Makhadmeh I., Shibli R., Mohammad M. 2011. Physiological responses of tomato microshoot cultures to *in vitro* induced salinity stress. *Jordan Journal of Agricultural Sciences* 7(2): 260-272.
- Aazami, M.; Torabi M.; Shekari F. 2014. Response of some tomato cultivars to sodium chloride stress under *in vitro* culture condition. *African Journal of Agricultural Research*. 5(18): 2589-2592.
- Alva C., Alphen J., de la Torre A., Manrique L. 1976. Problemas de drenaje y salinidad en la costa peruana. Lima, PE. International institute for land reclamation and improvement / ILRI publications. 116p.
- Amini F. y Ehsanpour A. 2006. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars to MS, water agar and salt stress in *in vitro* culture. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 9(1): 170-175.
- Basha, O.; Sudhana, M.; Riazunnisa, K.; Reddy, S. 2015. *In Vitro* evaluation of tomato genotypes for salt tolerance at seedling stage. *International journal of plant, animal and environmental sciences*. 5(1): 102-106
- Bathia P.; Ashwath N.; Senaratna T.; Midmore D. 2004. Tissue culture studies of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 78(1): 1-21.
- Baviskar S.; Patil S.; Bainade P. 2012. *In vitro* evaluation of tomato cultivars for salt tolerance. *Journal of Cell & Tissue Research* . 12 (3): 3361-3366.
- Bolarín M.; Fernández F.; Cruz V.; Cuartero J. 1991. Salinity Tolerance in Four Wild Tomato Species using Vegetative Yield-Salinity Response Curves. *HortScience*. 116(2): 286-290.
- Buckman H.; Brady N. 1966. *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Traductor: R. Salord Barceló. Barcelona, ES. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana. 590p.
- Caballero W.; Flores A.; Arroyo O.; Alcántara A. 2002. *Hacia una nueva agricultura; con énfasis en la generación y transferencia de tecnología*. Lima, PE. CONCYTEC. 507p.

- Cabrera R. 2016. Protocolo para la desinfección superficial de semilla de tomate silvestre. Comunicación personal.
- Callow J.; Ford-Lloyd B.; Newbury H. 1997. Biotechnology and plant genetic resources conservation and use. CAB international. 308p.
- Casas, A. 1990. Influencia de tres niveles de salinidad en el agua de riego en el tomate cultivado en pozas de arena y utilizando riego por goteo con fertilización incorporada. Tesis ing. Agrícola. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 82p.
- Casierra-Posada F.; Arias-Aguirre J.; Pachón C. 2013. Efecto de la Salinidad por NaCl en Híbridos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller). Orinoquia 17 (1): 23-29.
- Cuartero J.; Bolarín M.; Asíns M.; Moreno V. 2006. Increasing salt tolerance in the tomato. Journal of Experimental Botany. 57(5): 1045-1058.
- Cuartero J.; Fernández-Muñoz R. 1999. Tomato and salinity. Scientia Horticulturae. 78: 83-125.
- Deaquiz Y.; Burgos, Y. 2013. Efecto de la aplicación de giberelinas (GA3) sobre germinación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad Santa Cruz. Conexión agropecuaria JDC. 3(2): 29-36.
- El-Sayed A.; El-Meleigy F.; Fouad H.; Mona A. 2004. Responses to NaCl salinity of tomato cultivated and breeding lines differing in salt tolerance in callus cultures. International Journal of Agriculture & Biology. 6(1): 19-26.
- Esquinas-Alcazar J. 1981. Genetic resources of tomatoes and wild relatives; a global report. Roma, IT, International Board for Plant Genetic Resources. 65p.
- Estrada R.; Medina T.; Roldán A. 2006. Manual para caracterización *in Situ* de cultivos nativos; Conceptos y procedimientos. Proyecto Conservación *in Situ* de cultivos y sus parientes silvestres. Lima, PE. Ministerio de agricultura - INIA. 167p.
- FAO (Organización de las naciones unidas para alimentación y agricultura, Italia). 2006. Sistema de semillas de calidad declarada (en línea). Consultado 06 Dic. 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0503s.pdf>

- FAO (Organización de las naciones unidas para alimentación y agricultura, Italia). 2014. Estadísticas de producción de tomate (en línea). Consultado 30 nov. 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es>
- Flaño A. 2015. El mercado del tomate para consumo en fresco (en línea). ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). Consultado 23 oct. 2016. Disponible en www.odepa.gob.cl
- Foolad M. 2004. Recent advances in genetics of salt tolerance in tomato. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 76: 101-119.
- GIPB (Global Partnership Initiative for Plant Breeding Capacity Building). S.f. El Fitomejoramiento y una mejor utilización de los recursos fitogenéticos para hacer frente al cambio climático (en línea). FAO. Consultado 23 oct. 2016. Disponible en <http://Km.fao.org/gipb/>.
- Gómez L.; Álvarez-Castro R. Eguiluz-de la Barra A. 2010. Effects of salt stress on peruvian germplasm of *Quenopodium quinoa* Willd.: A promising crop. *Journal of agronomy and crop science*. 196: 391-396
- Goykovic V.; Nina P.; Calle M. (2014). Efecto de la salinidad sobre la germinación y crecimiento vegetativo de plantas de tomate silvestres y cultivados. *Interciencia*. 39(7): 511-517.
- Goykovic V.; Saavedra G. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *IDESIA*. 25(3): 47-58.
- Gur A.; Zamir D. 2014. Unused natural variation can lift yield barriers in plant breeding. *PLoS Biology*. 2(10): 1610-1615.
- Haitham E.; Zaki M.; Yokoi S. 2016. A comparative *in vitro* study of salt tolerance in cultivated tomato and related wild species. *Plant Biotechnology*. 33: 361–372.
- INIA (Instituto de innovación agraria, Perú). 2016. Documentación de los datos de pasaporte de una colección de tomate (Sección *Lycopersicon*, *Solanum spp.*) (en línea). Consultado 18 Dic. 2017. Disponible en: <http://genesperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Tomate4-Servicio-para-la-documentacion-de-los-datos-de-pasaporte-de-una-coleccion-de-tomate.pdf>
- Jones, R. A. 1986. High salt tolerance potential in *Lycopersicon* species during germination. *Euphytica* 35: 575-582.

- Khursheda P.; Kamal U.; Mohammad M.; Nazmul H. 2015. Response of tomato plant under salt stress: Role of exogenous calcium. *Journal of Plant Sciences*. 10(6): 222-233.
- Leidi E.; Pardo J. 2002. Tolerancia de los cultivos al estrés salino: qué hay de nuevo. *Revista de investigaciones de la facultad de ciencias agrarias – UNR*. 70-91
- Lorenzo J.; Varela M.; Hernández M.; Gutiérrez A.; Pérez A.; Loyola-González O. 2013. Integrated criteria to identify the best treatment in plant biotechnology experiments. *Acta Physiologiae Plantarum*. DOI 10.1007/s11738-013-1352-4
- Mahendran S.; Sujirtha N. 2017. Effects of salt stress on the growth and yield of selected tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) cultivars in the sandy regosol soil. *International symposium on agriculture & environment 2017*. Sri Lanka.
- Mass, E. V. 1986. Salt tolerance of plants. *Appl. Agr. Res.* 1:12-26.
- Masson L. 1973. Evaluación de la salinidad en el Perú. Lima, PE, Ministerio de Agricultura. 33p.
- MINAGRI (Ministerio de agricultura y riego, Perú). 2016. Anuario estadístico de la producción agrícola y ganadera 2015. Lima, Perú
- Mohammed A.; Alsadon A.; Alharbi A.; Wahb-Allah M.; Rahman M. 2007. Salinity tolerance of tomato cultivars using *in vitro* techniques. *Acta Horticulturae*. DOI: 10.17660/ActaHortic.2007.760.33
- Morales D.; Rodríguez P.; Dell'Amico J.; Sánchez M.; Torrecillas A. 2012. Efecto del preacondicionamiento a la salinidad en las relaciones hídricas, el intercambio gaseoso y la conductividad hidráulica de las raíces en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. amalia). *Cultivos Tropicales*. 33(3): 57-62
- Morales D.; Rodríguez P.; Dell'Amico J.; Torrecillas A.; Sánchez-Blanco M. 2010. Efecto del estrés por NaCl en el crecimiento y las relaciones hídricas en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) durante el periodo vegetativo. *Cultivos tropicales*. 31(4): 76-81.
- Moyano E. 2013. Sobreexpresión de genes en tomate y generación de líneas T-DNA en la especie silvestre *Solanum pennelli* para identificar determinantes de la tolerancia al estrés hídrico y la salinidad. Tesis doctoral. Murcia, España. Universidad de Murcia.

- Murashige T.; Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and biossays with tobacco tissue cultures. *Physiological Plantarum*. 15: 473-497.
- Nasser J. 2012. Effect of salt stress on seed germination, plant growth, photosynthesis and ion accumulation of four tomato cultivars. *American Journal of Plant Physiology*. 7(6): 269-275
- Nuez F. 2001. El cultivo del tomate. Barcelona, ES, Mundi prensa. 793p.
- Padilla M. 1997. Efecto de la salinidad del agua de riego aplicada por goteo en un suelo de arena en el rendimiento y calidad del tomate. Tesis Ing. agró. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 83pp
- Pasternak D.; de Malach Y.; Borovic L. 1986. Effect of time of application of brackish water on production of processing tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Agricultural water Management*. 12(1-2): 149-158.
- Peralta I.; Spooner D.; Knapp S. 2008. Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (*Solanum* sect. *Lycopersicoides*, sect. *Juglandifolia*, sect. *Lycopersicon*; Solanaceae). *Systematic Botany Monographs* 84: 1-186.
- Petrone S. 2013. Variación funcional relacionada con la tolerancia al estrés salino de *Gossypium hirsutum* en México. Tesis bióloga. Ciudad de México, México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pessaraki M. 2011. Handbook of plant and crop stress. 3 ed. Florida, USA, CRC Press. 1194 p.
- Pitman M.; Läuchli A. 2002. Salinity: Enviroment – Plants – Molecules. Dordrecht, HO. Kluwer Academic Publishers. 570 p.
- Rashed R.; Roy M.; Paul S.; Haque M. 2016. *In vitro* screening of salt tolerant genotypes in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) *Journal of horticulture*. 3:186. DOI: 10.4172/2376-0354.1000186
- Rashed U.; Rani M.; Kumar S.; Haque M. 2016. *In vitro* Screening of salt tolerant genotypes in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Horticulture* 3(4): 1-8.
- Rick C. 1977. Conservation of tomato species germplasm. *California Agriculture*. 32-33.
- Rocha A.; Silva F.; Magalhaes J. 1987. Efeitos de fontes de potasio na tolerância do tomateiro â salinidade. *Revista sociedades de Olericultura*. 5(2) 32 – 33.

- Rodríguez G.; Pereira J.; Pratta G.; Zorzoli R.; Picardi L. 2013. Recursos genéticos y genómicos para mejorar la calidad del fruto en tomate. *Agromensajes*. 35: 30-34.
- Rodríguez R.; Tabares J.; Medina J. 1997. El cultivo moderno del tomate. 2ed. Mundiprensa. 255 p.
- Romero-Aranda, R.; Soria, T.; Cuartero, J. 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Science*. 160: 265-272.
- Ruiz F.; Villalpando R.; Murillo B.; Beltrán F.; Hernández L. 2014. Respuesta diferencial a la salinidad de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en primeras etapas fenológicas. *Terra latinoamericana*. 32(4): 311-323.
- Sagástegui A. 1973. Manual de malezas de la costa norperuana. Trujillo, PE. UNT. 480 p.
- Saranga Y.; Zamir D.; Marani A.; Rudich J. 1991. Breeding tomatoes for salt tolerance: field evaluation of *Lycopersicon germplasm* for yield and dry-matter production. *HortScience*. 116(6): 1067-1071
- Shannon M. 1997. Adaptation of plant to salinity. *Advances in Agronomy*. 60: 75-120.
- Shannon, M., Gronwald J.; Tal M. 1987. Effects of salinity on growth and accumulation of organic and inorganic ions in cultivated and wild tomato species. *HortScience*. 112:416-423.
- Sirinivas T. 2001. Salinity tolerance of tomato germplasm during germination. *Seed Science and Technology*. 29(3): 673-677.
- Smith M.; Knights.; BASS M. 1990. Salinity stress responses of miniature dwarf tomato in a whole plant microculture evaluation system. *HortScience*. 25(9)
- Smolik M; Kram P.; Krupa-Malkiewicz M.; Smolik B.; Malinowska K. 2011. Response of tomato genotypes to salinity stress assessed at the seedlings stage. *Electronic journal of Polish Agricultural Universities*. 14(4)
- Taiz L.; Zeiger E. 2006. Fisiología vegetal. 3ed. Castelló de la Plana, ES, Universitat Jaume I. Publicacions. 1338 p.
- Torabi M. 2014. Physiological and biochemical responses of plants to salt stress. The 1st international conference on new ideas in agriculture. Isfahan, Iran.

- Troncoso, J. Obtención y evaluación de plantas de olivo tolerantes a la salinidad mediante el empleo de métodos biotecnológicos. Tesis doctoral. Sevilla, España. Universidad de Sevilla.
- Ugáz R.; Siura S.; Delgado F.; Casas A.; Toledo J. 2000. Hortalizas, datos básicos. 4 ed. Programa de investigación en hortalizas, UNALM. Lima, PE. 202 p.
- Warnock S. 1991. Natural habitats of *Lycopersicum* species. HortScience. Vol. 26(5): 466-471.
- Yokas I.; Tuna L.; Burun B.; Altunlu H.; Altan F.; Kaya C. 2008. Responses of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plant to exposure to different salt forms and rates. Turk J Agric For. 32: 319-329.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1

COMPOSICIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO MS (MURASHIGE AND SKOOG, 1962)

Componentes	Concentración (mg/L)
Macronutrientes	
Nitrato de amonio ((NH ₄ NO ₃)	1650
Nitrato de potasio (KNO ₃)	1900
Cloruro de calcio dihidratado (CaCl ₂ .2H ₂ O)	440
Sulfato de magnesio heptahidratado (MgSO ₄ .7H ₂ O)	370
Fosfato de potasio monobásico (KH ₂ PO ₄)	170
Micronutrientes	
Sulfato de manganeso tetrahidratado (MnSO ₄ .4H ₂ O)	22,3
Sulfato de zinc heptahidratado (ZnSO ₄ .7H ₂ O)	8,6
Ácido bórico (H ₃ BO ₃)	6,2
Yoduro de potasio (KI)	0,83
Molibdato sódico hidratado (Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O)	0,25
Sulfato de cobre pentahidratado (CuSO ₄ .5H ₂ O)	0,025
Dicloruro de cobalto hexahidratado (CoCl ₂ .6H ₂ O)	0,025
Fuente de hierro	
Sulfato de hierro heptahidratado (FeSO ₄ .7H ₂ O)	27,8
Etilendiamino tetra acético de sodio (Na ₂ EDTA)	37,3
Vitaminas	
Mio - inositol	100
Ácido Nicotínico	0,5
Piridoxina.HCl	0,5
Glicina	2
Tiamina. HCl	0,1

ANEXO 2

COEFICIENTES DE VARIABILIDAD DE LOS ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Porcentaje de germinación	552	0.98	0.96	17.71
Altura de plántula	261	0.96	0.94	7.46
Longitud de raíz	261	0.88	0.83	13.29
Peso fresco del tallo	261	0.94	0.91	10.56
Peso fresco de raíz	261	0.9	0.85	17.64
Peso seco del tallo	261	0.83	0.74	17.27
Peso seco de la raíz	261	0.73	0.6	26.88

ANEXO 3
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

A. Diferencias entre el tratamiento control y el tratamiento T1

Acc	Contro l	T1	Δ	Acc	Contro l	T1	Δ
TS 002	100.00	100.00	0%	TS 043	90.00	63.33	-30%
TS 006	100.00	100.00	0%	TS 149	96.67	63.33	-34%
TS 010	100.00	100.00	0%	TS 114	90.00	56.67	-37%
TS 001	100.00	96.67	-3%	TS 091	86.67	50.00	-42%
TS 079	100.00	96.67	-3%	TS 019	93.33	50.00	-46%
TS 008	93.33	90.00	-4%	TS 104	76.67	40.00	-48%
TS 005	100.00	93.33	-7%	TS 159	83.33	43.33	-48%
TS 009	93.33	86.67	-7%	TS 003	93.33	46.67	-50%
TS 153	93.33	86.67	-7%	TS 092	66.67	30.00	-55%
TS 080	90.00	83.33	-7%	TS 158	90.00	33.33	-63%
TS 082	96.67	86.67	-10%	TS 087	100.00	33.33	-67%
TS 151	86.67	76.67	-12%	TS 115	90.00	26.67	-70%
TS 017	100.00	86.67	-13%	TS 154	90.00	26.67	-70%
TS 018	100.00	86.67	-13%	TS 026	70.00	20.00	-71%
TS 152	100.00	86.67	-13%	TS 111	70.00	20.00	-71%
TS 004	96.67	83.33	-14%	TS 045	100.00	26.67	-73%
TS 007	96.67	83.33	-14%	TS 119	100.00	26.67	-73%
TS 057	96.67	83.33	-14%	TS 160	83.33	16.67	-80%
TS 110	83.33	70.00	-16%	TS 146	93.33	13.33	-86%
TS 011	96.67	80.00	-17%	TS 044	76.67	10.00	-87%

TS 098	100.00	76.67	-23%	TS 032	70.00	0.00	-100%
TS 078	96.67	73.33	-24%	TS 112	100.00	0.00	-100%
TS 081	100.00	73.33	-27%	TS 144	76.67	0.00	-100%

B. Diferencias entre el tratamiento control y el tratamiento T2

Acc	Contro l	T2	Δ	Acc	Contro l	T2	Δ
TS 009	93.33	86.6 7	-7%	TS 098	100.00	16.6 7	-83%
TS 151	86.67	70.0 0	-19%	TS 092	66.67	10.0 0	-85%
TS 001	100.00	73.3 3	-27%	TS 003	93.33	13.3 3	-86%
TS 008	93.33	60.0 0	-36%	TS 044	76.67	10.0 0	-87%
TS 004	96.67	60.0 0	-38%	TS 114	90.00	10.0 0	-89%
TS 078	96.67	60.0 0	-38%	TS 005	100.00	10.0 0	-90%
TS 080	90.00	53.3 3	-41%	TS 017	100.00	0.00	-100%
TS 079	100.00	56.6 7	-43%	TS 018	100.00	0.00	-100%
TS 010	100.00	50.0 0	-50%	TS 019	93.33	0.00	-100%
TS 081	100.00	50.0 0	-50%	TS 026	70.00	0.00	-100%
TS 043	90.00	36.6 7	-59%	TS 032	70.00	0.00	-100%
TS 115	90.00	36.6 7	-59%	TS 045	100.00	0.00	-100%
TS 152	100.00	36.6 7	-63%	TS 057	96.67	0.00	-100%
TS 082	96.67	33.3 3	-66%	TS 087	100.00	0.00	-100%
TS 149	96.67	33.3 3	-66%	TS 091	86.67	0.00	-100%
TS 002	100.00	33.3 3	-67%	TS 111	70.00	0.00	-100%
TS 158	90.00	30.0 0	-67%	TS 112	100.00	0.00	-100%
TS 104	76.67	23.3 3	-70%	TS 119	100.00	0.00	-100%
TS 006	100.00	26.6 7	-73%	TS 144	76.67	0.00	-100%
TS 007	96.67	23.3 3	-76%	TS 146	93.33	0.00	-100%

TS 011	96.67	20.00	-79%	TS 154	90.00	0.00	-100%
TS 110	83.33	16.67	-80%	TS 159	83.33	0.00	-100%
TS 153	93.33	16.67	-82%	TS 160	83.33	0.00	-100%

C. Diferencias entre el tratamiento control y el tratamiento T3

Acc	Control	T3	Δ	Acc	Control	T3	Δ
TS 004	96.67	23.33	-76%	TS 080	90.00	0.00	-100%
TS 081	100.00	10.00	-90%	TS 082	96.67	0.00	-100%
TS 001	100.00	0.00	-100%	TS 087	100.00	0.00	-100%
TS 002	100.00	0.00	-100%	TS 091	86.67	0.00	-100%
TS 003	93.33	0.00	-100%	TS 092	66.67	0.00	-100%
TS 005	100.00	0.00	-100%	TS 098	100.00	0.00	-100%
TS 006	100.00	0.00	-100%	TS 104	76.67	0.00	-100%
TS 007	96.67	0.00	-100%	TS 110	83.33	0.00	-100%
TS 008	93.33	0.00	-100%	TS 111	70.00	0.00	-100%
TS 009	93.33	0.00	-100%	TS 112	100.00	0.00	-100%
TS 010	100.00	0.00	-100%	TS 114	90.00	0.00	-100%
TS 011	96.67	0.00	-100%	TS 115	90.00	0.00	-100%
TS 017	100.00	0.00	-100%	TS 119	100.00	0.00	-100%
TS 018	100.00	0.00	-100%	TS 144	76.67	0.00	-100%
TS 019	93.33	0.00	-100%	TS 146	93.33	0.00	-100%
TS 026	70.00	0.00	-100%	TS 149	96.67	0.00	-100%
TS 032	70.00	0.00	-100%	TS 151	86.67	0.00	-100%
TS 043	90.00	0.00	-100%	TS 152	100.00	0.00	-100%
TS 044	76.67	0.00	-100%	TS 153	93.33	0.00	-100%
TS 045	100.00	0.00	-100%	TS 154	90.00	0.00	-100%
TS 057	96.67	0.00	-100%	TS 158	90.00	0.00	-100%
TS 078	96.67	0.00	-100%	TS 159	83.33	0.00	-100%
TS 079	100.00	0.00	-100%	TS 160	83.33	0.00	-100%

ANEXO 4

DIFERENCIAS EN LA ALTURA DE PLÁNTULA ENTRE EL TRATAMIENTO CONTROL Y LOS TRATAMIENTOS T1 Y T2

Acc	Control	T1	Δ	T2	Δ
TS 001	62.70	58.01	-7%	45.87	-27%
TS 002	49.17	39.37	-20%	28.83	-41%
TS 003	47.79	43.07	-10%	34.67	-27%
TS 004	38.74	41.67	+8%	35.56	-8%
TS 005	58.00	50.70	-13%	39.67	-32%
TS 006	60.23	53.87	-11%	39.83	-34%
TS 007	50.24	43.79	-13%	33.67	-33%
TS 008	62.50	61.99	-1%	57.37	-8%
TS 009	48.23	31.86	-34%	45.22	-6%
TS 010	66.27	58.28	-12%	48.51	-27%
TS 011	61.66	47.78	-23%	36.50	-41%
TS 043	68.35	48.13	-30%	40.06	-41%
TS 044	60.75	64.33	+6%	34.33	-43%
TS 078	28.92	21.71	-25%	25.84	-11%
TS 079	52.27	39.67	-24%	31.26	-40%
TS 080	55.17	46.19	-16%	30.94	-44%
TS 081	60.24	54.80	-9%	48.57	-19%
TS 082	63.31	54.30	-14%	56.59	-11%
TS 092	57.31	63.08	+10%	47.5	-17%
TS 098	63.90	51.23	-20%	46.17	-28%
TS 104	40.15	36.83	-8%	36.17	-10%
TS 110	45.11	42.57	-6%	28.83	-36%
TS 114	51.64	46.10	-11%	45.00	-13%
TS 115	33.59	14.83	-56%	27.00	-20%
TS 149	60.10	56.07	-7%	25.33	-58%
TS 151	15.58	12.58	-19%	38.79	+149%
TS 152	50.30	34.11	-32%	25.72	-49%
TS 153	52.00	52.92	+2%	21.67	-58%
TS 158	27.44	26.31	-4%	37.22	+36%

ANEXO 5

DIFERENCIAS EN LA LONGITUD DE RAÍZ ENTRE EL TRATAMIENTO CONTROL Y LOS TRATAMIENTOS T1 Y T2

Acc	Control	T1	Δ	T2	Δ
TS 001	37.83	39.96	+6%	57.69	+52%
TS 002	46.09	31.80	-31%	51.33	+11%
TS 003	40.31	37.90	-6%	57.67	+43%
TS 004	40.83	38.08	-7%	43.06	+5%
TS 005	51.03	35.78	-30%	57.00	+12%
TS 006	51.73	34.47	-33%	57.06	+10%
TS 007	52.83	37.79	-28%	57.89	+10%
TS 008	50.11	26.51	-47%	39.31	-22%
TS 009	24.51	21.31	-13%	41.26	+68%
TS 010	41.37	39.90	-4%	48.40	+17%
TS 011	36.68	28.92	-21%	42.33	+15%
TS 043	53.10	48.76	-8%	59.39	+12%
TS 044	54.02	59.33	+10%	73.67	+36%
TS 078	29.83	23.07	-23%	26.71	-10%
TS 079	51.30	36.65	-29%	30.79	-40%
TS 080	49.19	44.71	-9%	33.45	-32%
TS 081	61.56	68.12	+11%	76.58	+24%
TS 082	51.67	63.35	+23%	73.50	+42%
TS 092	39.38	48.17	+22%	51.33	+30%
TS 098	35.30	32.12	-9%	51.00	+44%
TS 104	28.21	37.12	+32%	59.50	+111%
TS 110	35.31	47.80	+35%	61.25	+73%
TS 114	23.37	47.73	+104%	40.50	+73%
TS 115	41.24	47.33	+15%	62.75	+52%
TS 149	31.84	53.21	+67%	31.00	-3%
TS 151	17.86	15.53	-13%	56.43	+216%
TS 152	38.94	20.38	-48%	40.35	+4%
TS 153	48.76	47.40	-3%	63.50	+30%
TS 158	22.78	36.36	+60%	55.56	+144%

ANEXO 6

DIFERENCIAS EN EL PESO FRESCO DEL TALLO ENTRE EL TRATAMIENTO CONTROL Y LOS TRATAMIENTOS T1 Y T2

Acc	Control	T1	Δ	T2	Δ
TS 001	72.73	46.61	-36%	46.01	-37%
TS 002	66.18	52.62	-20%	57.04	-14%
TS 003	49.20	64.52	+31%	47.80	-3%
TS 004	44.77	41.31	-8%	38.73	-13%
TS 005	84.4	59.27	-30%	66.17	-22%
TS 006	78.96	66.80	-15%	56.82	-28%
TS 007	56.46	57.52	+2%	59.37	+5%
TS 008	78.41	71.98	-8%	61.49	-22%
TS 009	45.38	31.21	-31%	49.45	+9%
TS 010	87.44	81.55	-7%	81.40	-7%
TS 011	84.68	75.13	-11%	79.68	-6%
TS 043	83.93	54.48	-35%	51.05	-39%
TS 044	66.81	80.60	+21%	56.13	-16%
TS 078	30.10	22.35	-26%	32.73	+9%
TS 079	65.29	47.21	-28%	44.94	-31%
TS 080	92.15	71.73	-22%	50.46	-45%
TS 081	91.62	70.74	-23%	68.46	-25%
TS 082	112.47	69.19	-38%	65.13	-42%
TS 092	67.46	132.89	+97%	51.90	-23%
TS 098	60.11	52.58	-13%	69.43	+16%
TS 104	51.57	49.23	-5%	76.19	+48%
TS 110	60.23	53.31	-11%	54.77	-9%
TS 114	57.22	50.57	-12%	80.97	+41%
TS 115	55.29	19.88	-64%	48.14	-13%
TS 149	86.97	83.42	-4%	41.87	-52%
TS 151	16.70	7.42	-56%	46.44	+178%
TS 152	45.71	38.14	-17%	37.75	-17%
TS 153	82.35	56.43	-31%	41.55	-50%
TS 158	26.35	27.55	+5%	45.10	+71%

ANEXO 7

DIFERENCIAS EN EL PESO FRESCO DE RAÍZ ENTRE EL TRATAMIENTO CONTROL Y LOS TRATAMIENTOS T1 Y T2

Acc	Control	T1	Δ	T2	Δ
TS 001	9.92	7.13	-28%	6.59	-34%
TS 002	15.72	7.11	-55%	10.27	-35%
TS 003	7.02	7.45	+6%	14.10	+101%
TS 004	7.28	5.39	-26%	8.53	+17%
TS 005	12.48	9.07	-27%	9.80	-21%
TS 006	11.59	8.13	-30%	7.38	-36%
TS 007	8.86	5.74	-35%	8.03	-9%
TS 008	9.14	6.61	-28%	6.58	-28%
TS 009	4.56	2.15	-53%	7.72	+69%
TS 010	17.04	11.84	-30%	11.52	-32%
TS 011	15.06	8.05	-47%	10.43	-31%
TS 043	11.73	7.11	-39%	7.39	-37%
TS 044	11.68	12.90	+10%	10.90	-7%
TS 078	3.64	2.27	-38%	3.45	-5%
TS 079	6.94	4.88	-30%	4.87	-30%
TS 080	11.06	6.71	-39%	6.07	-45%
TS 081	10.13	7.87	-22%	9.68	-4%
TS 082	14.71	7.90	-46%	9.55	-35%
TS 092	8.97	15.13	+69%	13.75	+53%
TS 098	4.61	5.56	+21%	9.33	+102%
TS 104	5.82	4.11	-29%	5.91	+1%
TS 110	6.03	5.37	-11%	5.95	-1%
TS 114	4.87	7.34	+51%	11.10	+128%
TS 115	8.47	4.79	-43%	10.86	+28%
TS 149	8.49	11.86	+40%	3.65	-57%
TS 151	1.53	1.15	-25%	6.67	+335%
TS 152	4.75	2.20	-54%	3.61	-24%
TS 153	11.71	13.58	+16%	12.28	+5%
TS 158	4.39	2.55	-42%	6.52	+49%

ANEXO 8

DIFERENCIAS EN EL PESO SECO DEL TALLO ENTRE EL TRATAMIENTO CONTROL Y LOS TRATAMIENTOS T1 Y T2

Acc	Control	T1	Δ	T2	Δ
TS 001	4.85	2.57	-47%	2.93	-40%
TS 002	3.69	3.95	+7%	3.85	+4%
TS 003	2.86	3.65	+28%	3.23	+13%
TS 004	2.34	2.58	+10%	2.16	-8%
TS 005	5.02	3.53	-30%	3.77	-25%
TS 006	4.58	3.40	-26%	2.98	-35%
TS 007	3.47	2.98	-14%	3.29	-5%
TS 008	4.44	3.43	-23%	3.02	-32%
TS 009	3.47	2.62	-24%	3.16	-9%
TS 010	5.96	6.04	+1%	4.62	-23%
TS 011	5.04	4.13	-18%	4.50	-11%
TS 043	4.99	2.86	-43%	2.66	-47%
TS 044	4.77	5.57	+17%	3.07	-36%
TS 078	2.40	1.84	-23%	2.43	+1%
TS 079	3.27	2.96	-9%	2.83	-13%
TS 080	4.53	3.78	-17%	3.76	-17%
TS 081	4.76	3.75	-21%	4.22	-11%
TS 082	4.75	3.25	-32%	4.15	-13%
TS 092	4.61	6.34	+38%	3.80	-17%
TS 098	3.34	2.88	-14%	4.03	+21%
TS 104	3.23	3.35	+4%	5.22	+62%
TS 110	3.43	2.74	-20%	3.00	-12%
TS 114	3.13	2.66	-15%	5.00	+60%
TS 115	2.96	1.80	-39%	3.55	+20%
TS 149	5.58	5.64	+1%	3.33	-40%
TS 151	1.56	1.12	-28%	2.93	+88%
TS 152	2.40	2.32	-4%	2.40	0%
TS 153	4.96	4.78	-4%	2.50	-50%
TS 158	1.89	1.87	-1%	2.74	+45%

ANEXO 9

DIFERENCIAS EN EL PESO SECO DE RAÍZ ENTRE EL TRATAMIENTO CONTROL Y LOS TRATAMIENTOS T1 Y T2

Acc	Control	T1	Δ	T2	Δ
TS 001	0.79	0.47	-41%	0.63	-21%
TS 002	0.79	1.11	+41%	0.88	+11%
TS 003	0.50	0.95	+90%	0.50	-1%
TS 004	0.52	0.66	+27%	0.36	-32%
TS 005	0.88	0.47	-47%	0.83	-5%
TS 006	0.80	0.39	-51%	0.71	-12%
TS 007	0.88	0.43	-51%	0.53	-40%
TS 008	0.84	0.43	-49%	0.32	-62%
TS 009	0.56	0.33	-41%	0.71	+26%
TS 010	1.13	0.92	-19%	0.56	-51%
TS 011	0.91	0.67	-26%	0.70	-23%
TS 043	0.95	0.72	-24%	0.49	-48%
TS 044	0.68	0.97	+43%	0.53	-21%
TS 078	0.49	0.30	-38%	0.31	-36%
TS 079	0.65	0.52	-20%	0.46	-29%
TS 080	0.78	0.55	-30%	0.68	-13%
TS 081	1.06	0.75	-29%	0.75	-29%
TS 082	0.80	0.47	-41%	0.89	+11%
TS 092	1.02	0.86	-16%	1.00	-2%
TS 098	0.44	0.52	+17%	0.72	+63%
TS 104	0.50	0.41	-17%	0.87	+75%
TS 110	0.67	0.47	-30%	0.35	-48%
TS 114	0.39	0.44	+14%	0.85	+119%
TS 115	0.62	0.29	-53%	0.73	+17%
TS 149	0.90	1.10	+23%	0.43	-52%
TS 151	0.32	0.23	-28%	0.52	+65%
TS 152	0.51	0.33	-35%	0.38	-25%
TS 153	0.73	0.79	+8%	0.52	-29%
TS 158	0.34	0.21	-37%	0.50	+48%

ANEXO 10

CÁLCULO DE LA DISTANCIA EUCLIDIANA CON EL TRATAMIENTO T2 (60mM NaCl)

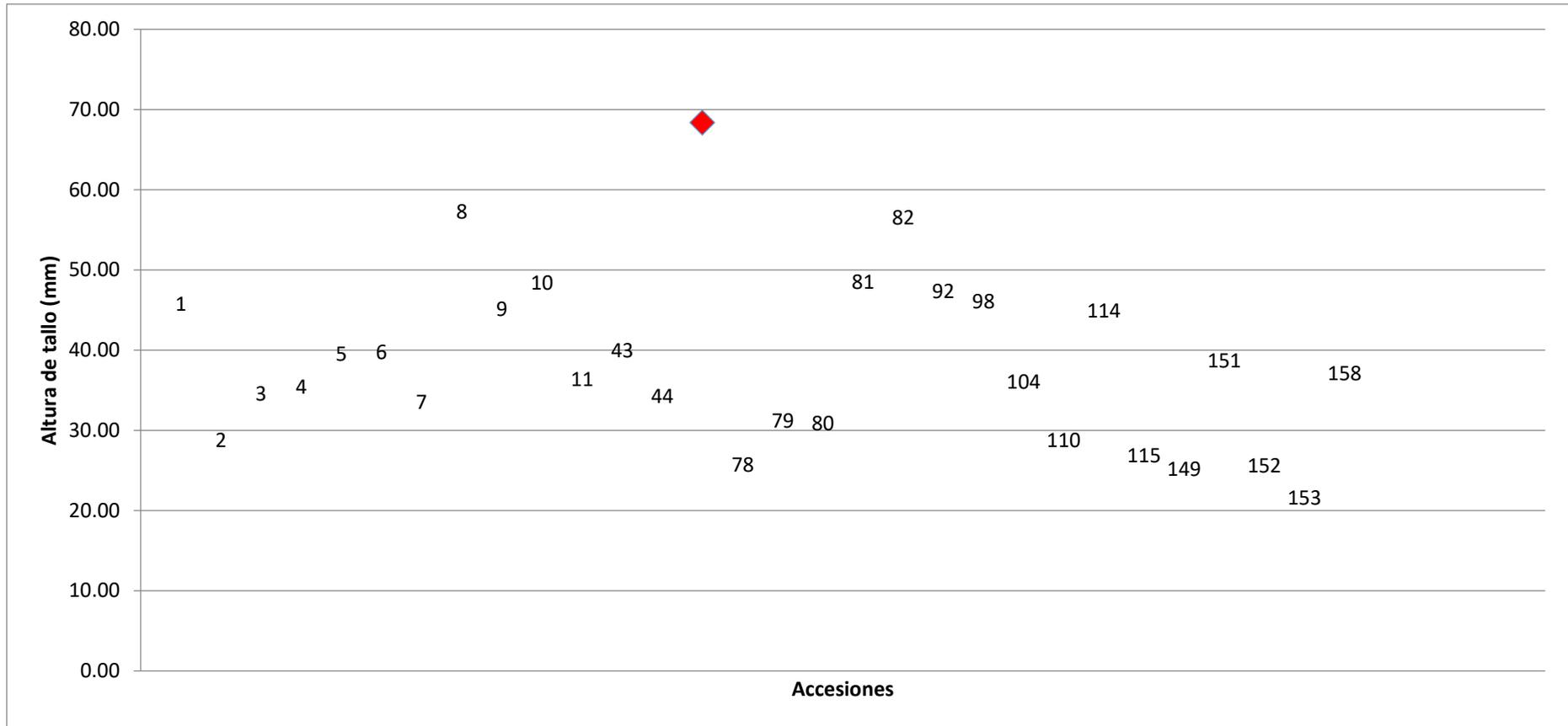
Acc	% Germ	x²	Altura Tallo	x²	Long. Raíz	x²	PF Tallo	x²	PF Raíz	x²	PS tallo	x²	PS raíz	x²	∑ x²	√∑ x²
TS 001	73.33	0.071	45.87	0.108	57.69	0.219	46.01	0.427	6.59	0.376	2.93	0.290	0.63	0.199	1.691	1.300
TS 002	33.33	0.444	28.83	0.334	51.33	0.278	57.04	0.326	10.27	0.158	3.85	0.154	0.88	0.051	1.745	1.321
TS 003	13.33	0.751	34.67	0.243	57.67	0.220	47.80	0.410	14.10	0.030	3.23	0.241	0.50	0.311	2.205	1.485
TS 004	60.00	0.160	35.56	0.230	43.06	0.364	38.73	0.502	8.53	0.250	2.16	0.436	0.36	0.470	2.411	1.553
TS 005	10.00	0.810	39.67	0.176	57.00	0.225	66.17	0.252	9.80	0.181	3.77	0.165	0.83	0.069	1.878	1.370
TS 006	26.67	0.538	39.83	0.174	57.06	0.225	56.82	0.328	7.38	0.321	2.98	0.280	0.71	0.141	2.007	1.417
TS 007	23.33	0.588	33.67	0.257	57.89	0.218	59.37	0.306	8.03	0.279	3.29	0.232	0.53	0.279	2.159	1.469
TS 008	60.00	0.160	57.37	0.026	39.31	0.407	61.49	0.289	6.58	0.377	3.02	0.274	0.32	0.511	2.042	1.429
TS 009	86.67	0.018	45.22	0.115	41.26	0.384	86.67	0.121	7.72	0.299	3.16	0.252	0.71	0.136	1.325	1.151
TS 010	50.00	0.250	48.51	0.084	48.40	0.307	50.00	0.389	11.52	0.105	4.62	0.074	0.56	0.256	1.465	1.210
TS 011	20.00	0.640	36.50	0.217	42.33	0.372	20.00	0.722	10.43	0.150	4.50	0.084	0.70	0.145	2.330	1.526
TS 043	36.67	0.401	40.06	0.171	59.39	0.205	36.67	0.524	7.39	0.321	2.66	0.337	0.49	0.316	2.276	1.509
TS 044	10.00	0.810	34.33	0.248	73.67	0.103	10.00	0.855	10.90	0.130	3.07	0.267	0.53	0.279	2.691	1.640

Acc	% Germ.	x ²	Altura Tallo	x ²	Long. Raíz	x ²	PF Tallo	x ²	PF Raíz	x ²	PS tallo	x ²	PS raíz	x ²	∑ x ²	√∑ x ²
TS 078	60.00	0.160	25.84	0.387	26.71	0.568	60.00	0.301	3.45	0.636	2.43	0.381	0.31	0.523	2.956	1.719
TS 079	56.67	0.188	31.26	0.294	30.79	0.513	56.67	0.329	4.87	0.510	2.83	0.306	0.46	0.352	2.493	1.579
TS 080	53.33	0.218	30.94	0.300	33.45	0.478	53.33	0.358	6.07	0.414	3.76	0.166	0.68	0.159	2.094	1.447
TS 081	50.00	0.250	48.57	0.084	76.58	0.087	50.00	0.389	9.68	0.187	4.22	0.112	0.75	0.115	1.223	1.106
TS 082	33.33	0.444	56.59	0.030	73.50	0.104	33.33	0.561	9.55	0.193	4.15	0.119	0.89	0.046	1.497	1.223
TS 092	10.00	0.810	47.50	0.093	51.33	0.278	51.90	0.371	13.75	0.037	3.80	0.161	1.00	0.013	1.763	1.328
TS 098	16.67	0.694	46.17	0.105	51.00	0.281	69.43	0.228	9.33	0.205	4.03	0.132	0.72	0.134	1.779	1.334
TS 104	23.33	0.588	36.17	0.222	59.50	0.204	76.19	0.182	5.91	0.427	5.22	0.031	0.87	0.054	1.708	1.307
TS 110	16.67	0.694	28.83	0.334	61.25	0.190	54.77	0.346	5.95	0.424	3.00	0.278	0.35	0.476	2.742	1.656
TS 114	10.00	0.810	45.00	0.117	40.50	0.393	80.97	0.153	11.10	0.122	5.00	0.045	0.85	0.061	1.700	1.304
TS 115	36.67	0.401	27.00	0.366	62.75	0.178	48.14	0.407	10.86	0.132	3.55	0.193	0.73	0.125	1.802	1.342
TS 149	33.33	0.444	25.33	0.396	31.00	0.510	41.87	0.469	3.65	0.617	3.33	0.225	0.43	0.380	3.042	1.744
TS 151	70.00	0.090	38.79	0.187	56.43	0.230	46.44	0.423	6.67	0.370	2.93	0.289	0.52	0.289	1.879	1.371
TS 152	36.67	0.401	25.72	0.389	40.35	0.395	37.75	0.513	3.61	0.621	2.40	0.386	0.38	0.441	3.145	1.773
TS 153	16.67	0.694	21.67	0.466	63.50	0.172	41.55	0.472	12.28	0.078	2.50	0.367	0.52	0.295	2.545	1.595
TS 158	30.00	0.490	37.22	0.207	55.56	0.238	45.10	0.436	6.52	0.381	2.74	0.322	0.50	0.311	2.385	1.544

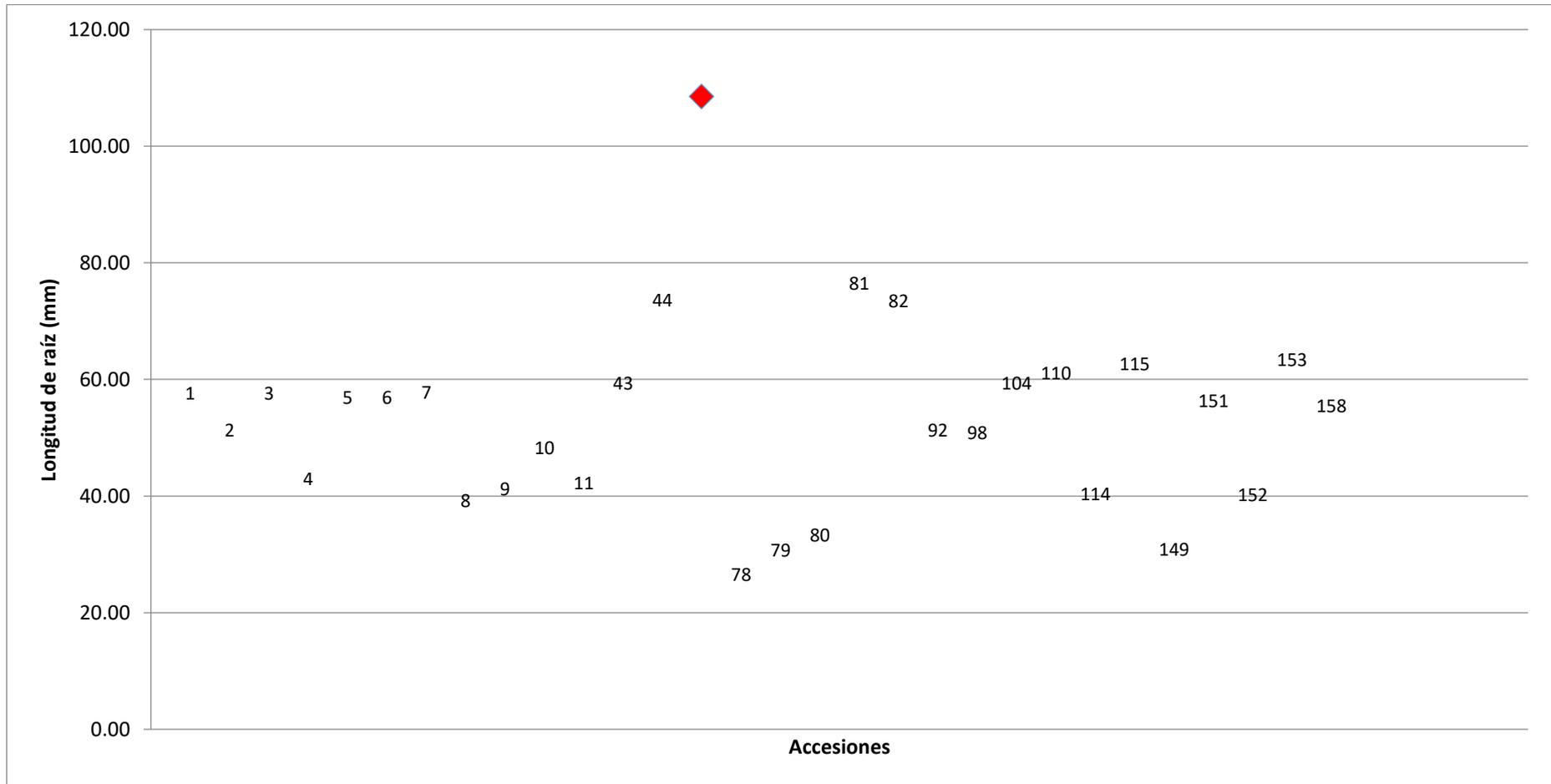
X²: Diferencia entre la unidad y los datos estandarizados de cada variable elevados al cuadrado.

ANEXO 11

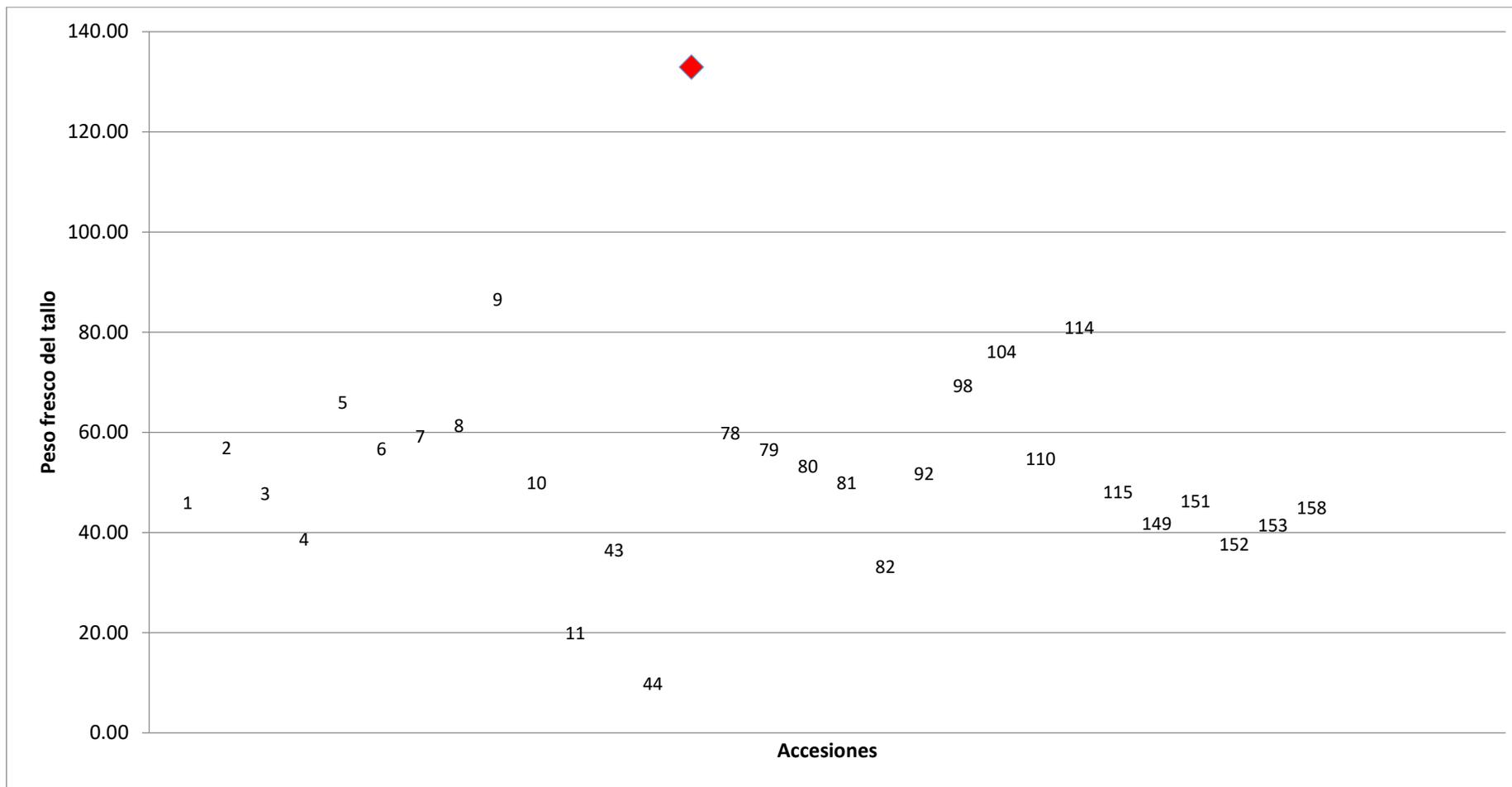
GRÁFICOS DE DISPERSIÓN DE LA DISTANCIA EUCLIDIANA Y EL CRITERIO DEL EXPERTO CON EL TRATAMIENTO T2



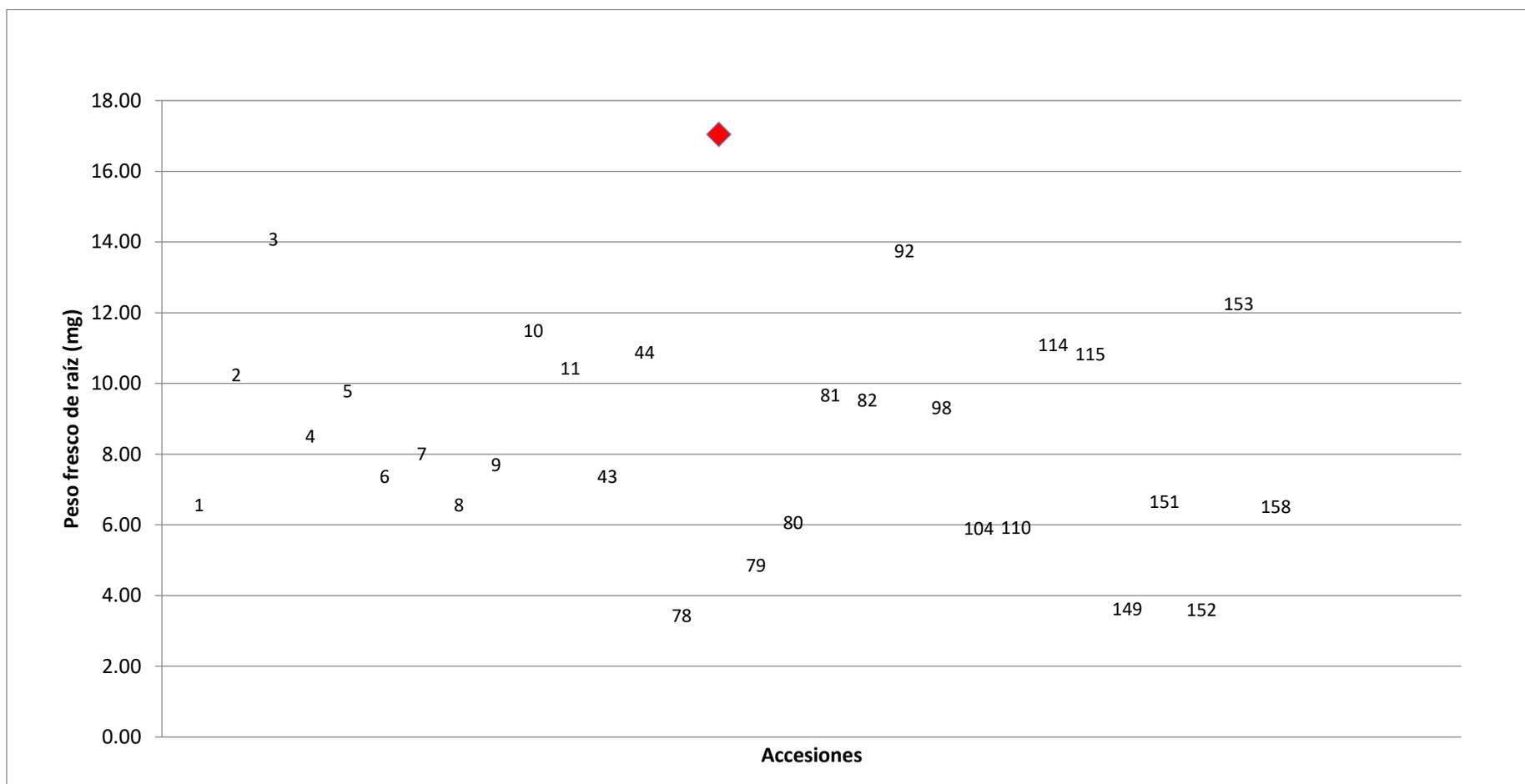
◆ Criterio del experto o máximo valor de la altura del tallo hallado en todo el experimento



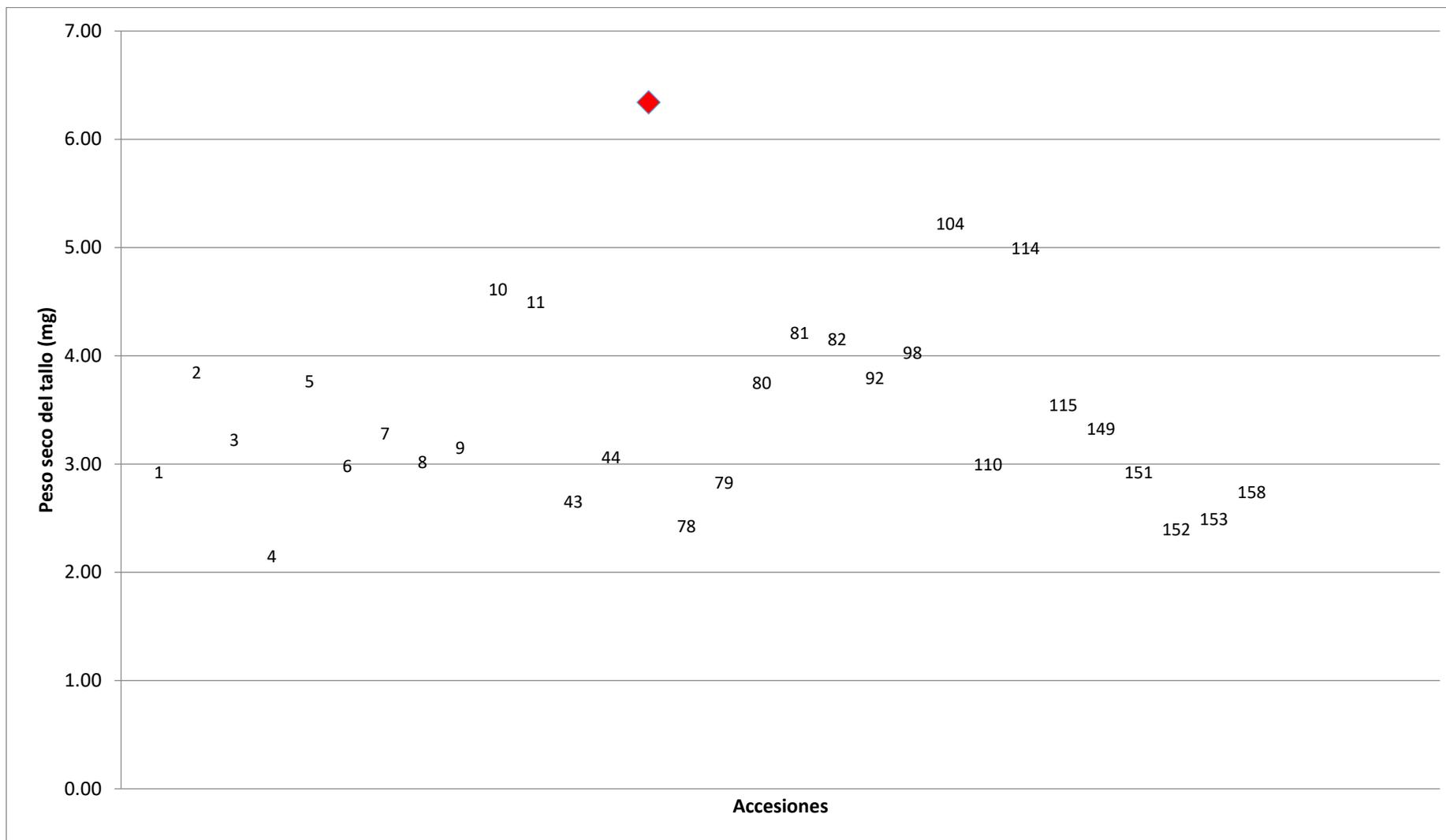
◆ Criterio del experto o máximo valor de la longitud de raíz hallado en todo el experimento



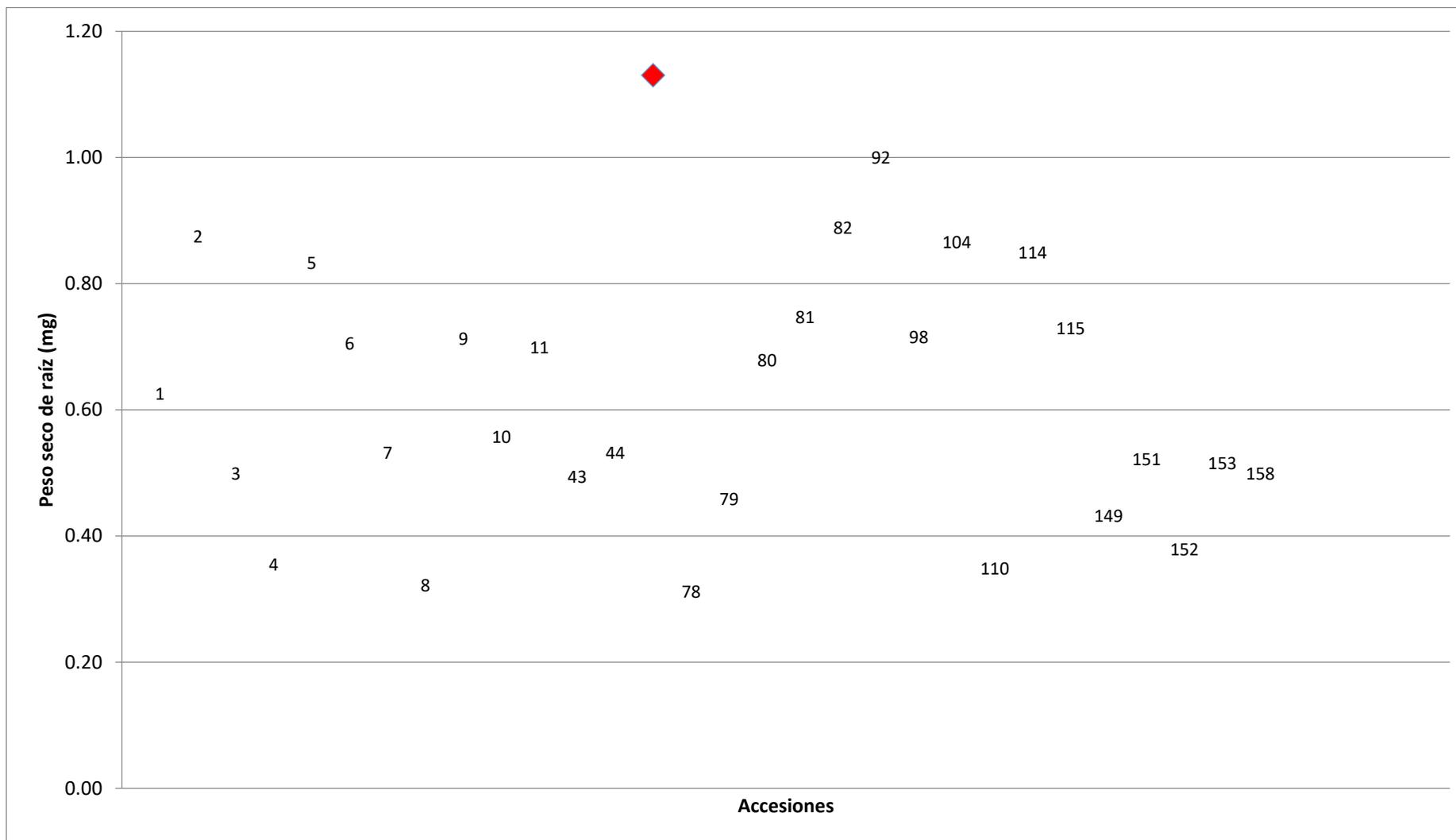
◆ Criterio del experto o máximo valor del peso fresco del tallo hallado en todo el experimento



◆ Criterio del experto o máximo valor del peso fresco de la raíz hallado en todo el experimento



◆ Criterio del experto o máximo valor del peso seco de la raíz hallado en todo el experimento



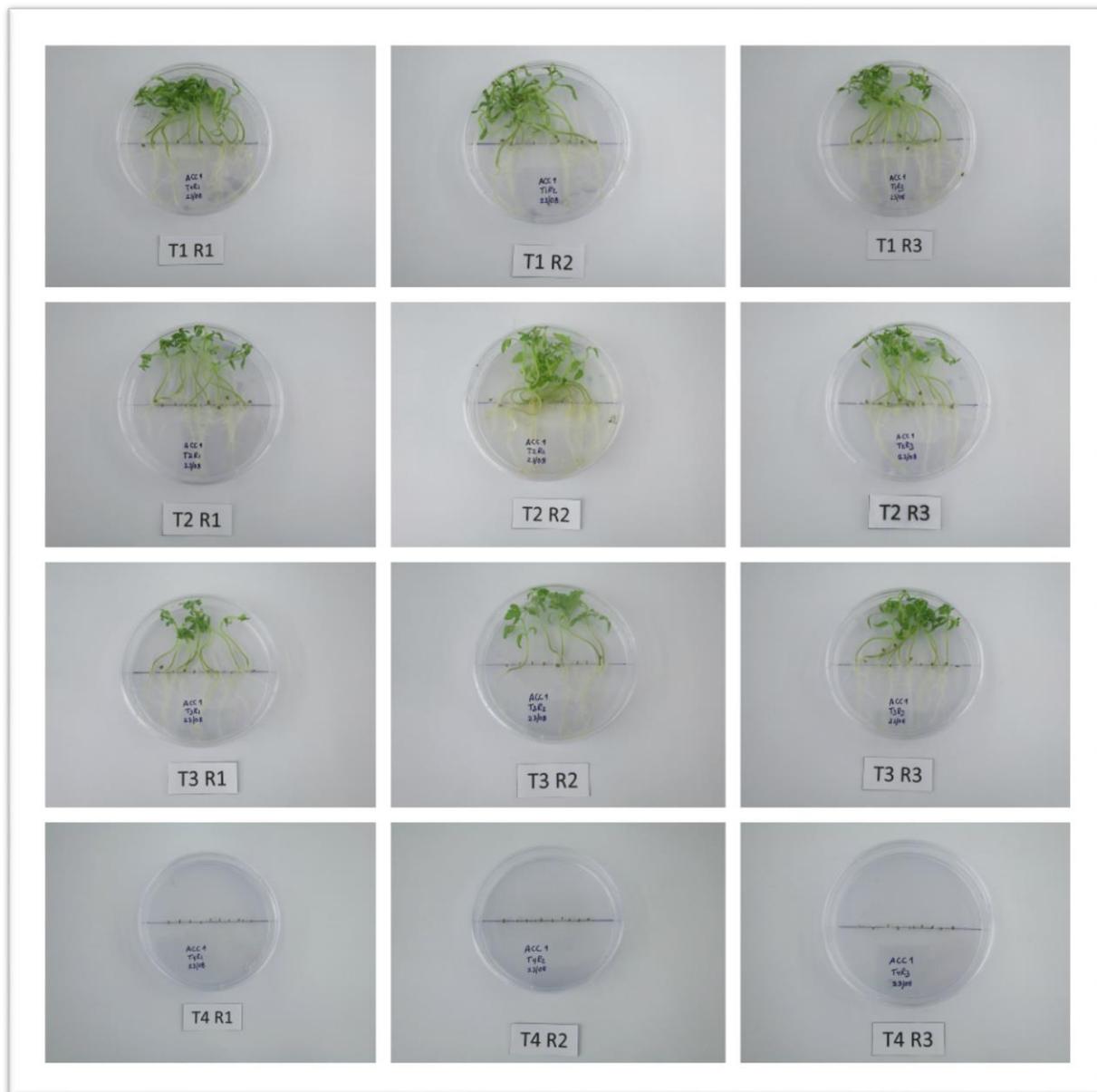
◆ Criterio del experto o máximo valor del peso seco de la raíz hallado en todo el experimento

ANEXO 12

ACCESIONES ORDENADAS DE ACUERDO A SU DISTANCIA EUCLIDIANA

N°	Especie	Accesión	Distancia
1	SL	TS 081	1.106
2	SP	TS 009	1.151
3	SP	TS 010	1.210
4	SL	TS 082	1.223
5	SP	TS 001	1.300
6	SL	TS 114	1.304
7	SL	TS 104	1.307
8	SP	TS 002	1.321
9	SL	TS 092	1.328
10	SP	TS 098	1.334
11	SL	TS 115	1.342
12	SL	TS 151	1.370
13	SP	TS 005	1.371
14	SP	TS 006	1.417
15	SP	TS 008	1.429
16	SL	TS 080	1.447
17	SP	TS 007	1.469
18	SP	TS 003	1.485
19	SP	TS 043	1.509
20	SP	TS 011	1.526
21	SL	TS 158	1.544
22	SP	TS 004	1.553
23	SL	TS 079	1.579
24	SL	TS 153	1.595
25	SP	TS 044	1.640
26	SL	TS 110	1.656
27	SL	TS 078	1.719
28	SL	TS 149	1.744
29	SP	TS 152	1.773

ANEXO 13
ACCESIÓN TS001



ANEXO 14

DATOS DE PASAPORTE DE TOMATE SILVESTRE

Código de accesoión: TS - 001	
Fecha de ingreso	16/08/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomatillo
Departamento	Lima
Provincia	Huaura
Distrito	Vegueta
Localidad	C.P. Cerro colorado
Altitud	196 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Tundra
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 002	
Fecha de ingreso	16/08/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomatillo de sabor
Departamento	Lima
Provincia	Huaura
Distrito	Vegueta
Localidad	C.P. Cerro colorado
Altitud	200 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Tundra
Uso	Otros

Código de accesoión: TS - 003	
Fecha de ingreso	16/08/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomatillo
Departamento	Lima
Provincia	Huaura
Distrito	Vegueta
Localidad	Predio Santa Isabel
Altitud	226 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Tundra
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 004	
Fecha de ingreso	16/08/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomatillo
Departamento	Lima
Provincia	Huaura
Distrito	Vegueta
Localidad	Irrigación Santa Rosa
Altitud	460 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Tundra
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 005	
Fecha de ingreso	16/08/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomatillo
Departamento	Lima
Provincia	Barranca
Distrito	Barranca
Localidad	Vinto
Altitud	577 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Campo de maíz
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 006	
Fecha de ingreso	16/08/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomatillo
Departamento	Lima
Provincia	Barranca
Distrito	Pativilca
Localidad	Paca
Altitud	400 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Borde de una chacra
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 007	
Fecha de ingreso	17/08/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomatillo
Departamento	Lima
Provincia	Barranca
Distrito	Pativilca
Localidad	Anexo carretera
Altitud	825 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Huerto
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 008	
Fecha de ingreso	17/08/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomatillo
Departamento	Lima
Provincia	Barranca
Distrito	Pativilca
Localidad	Anexo carretera – Junta de usuarios Riego
Altitud	824 msnm
Fisiografía	Poco accidentada
Fuente	Campo
Uso	Alimenticio

Código de accesión: TS - 009	
Fecha de ingreso	17/08/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomate silvestre
Departamento	Lima
Provincia	Barranca
Distrito	Pativilca
Localidad	Planta UPACA
Altitud	594 msnm
Fisiografía	Poco accidentada
Fuente	Campo
Uso	Alimenticio

Código de accesión: TS - 010	
Fecha de ingreso	17/08/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	NN
Departamento	Lima
Provincia	Barranca
Distrito	Supe
Localidad	Santa Rosa de Supe
Altitud	138 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Terreno en descanso
Uso	Otro

Código de accesión: TS - 011	
Fecha de ingreso	18/08/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	NN
Departamento	Lima
Provincia	Barranca
Distrito	Supe
Localidad	Santa Rosa de Supe
Altitud	145 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Terreno en descanso
Uso	Alimenticio

Código de accesión: TS - 017	
Fecha de ingreso	19/08/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomatillo
Departamento	Lima
Provincia	Huaral
Distrito	Huaral
Localidad	Fundo El progreso – Jecúan
Altitud	163 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Campo
Uso	Alimenticio

Código de accesión: TS - 018	
Fecha de ingreso	19/08/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomatillo
Departamento	Lima
Provincia	Huaral
Distrito	Huaral
Localidad	Fundo El progreso – Jecuan
Altitud	162 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Campo
Uso	Alimenticio

Código de accesión: TS - 019	
Fecha de ingreso	14/09/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomatillo
Departamento	Lambayeque
Provincia	Ferreñafe
Distrito	Pitipo
Localidad	Batan grande – Motupillo
Altitud	495 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Campo
Uso	Alimenticio

Código de accesión: TS - 026	
Fecha de ingreso	14/09/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomatillo anaranjado
Departamento	Lambayeque
Provincia	Ferreñafe
Distrito	Incahuasi
Localidad	Laquipampa
Altitud	2621 msnm
Fisiografía	Accidentada
Fuente	Bosque
Uso	Otro

Código de accesión: TS - 032	
Fecha de ingreso	16/09/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	NN
Departamento	Lambayeque
Provincia	Ferreñafe
Distrito	Ferreñafe
Localidad	Casa Blanca
Altitud	2621 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Desierto
Uso	Alimenticio

Código de accesión: TS - 043	
Fecha de ingreso	17/09/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomatillo
Departamento	Lambayeque
Provincia	Chiclayo
Distrito	Chongoyape
Localidad	Chongoyape
Altitud	134 msnm
Fisiografía	Accidentada
Fuente	Arbustos
Uso	Leña

Código de accesión: TS - 044	
Fecha de ingreso	17/09/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomate cimarrón
Departamento	Lambayeque
Provincia	Chiclayo
Distrito	Chongoyape
Localidad	San Juan
Altitud	185 msnm
Fisiografía	Poco accidentada
Fuente	Pastura
Uso	Otro

Código de accesión: TS - 045	
Fecha de ingreso	17/09/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomate silvestre
Departamento	Lima
Provincia	Huaral
Distrito	Huaral
Localidad	Pueblo joven Caserío 3
Altitud	214 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Huerto
Uso	Alimenticio

Código de accesión: TS - 057	
Fecha de ingreso	17/09/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomate cimarrón
Departamento	Cajamarca
Provincia	Cutervo
Distrito	Socota
Localidad	El Castillo – Salida a Socota
Altitud	2787 msnm
Fisiografía	Poco accidentada
Fuente	Pastura
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 078	
Fecha de ingreso	14/10/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomate
Departamento	Cajamarca
Provincia	Jaén
Distrito	Jaén
Localidad	Santa Fe
Altitud	1652 msnm
Fisiografía	Accidentada
Fuente	Bosque
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 079	
Fecha de ingreso	14/10/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomate enano
Departamento	Cajamarca
Provincia	Jaén
Distrito	Jaén
Localidad	Santa Fe
Altitud	1652 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Bosque
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 080	
Fecha de ingreso	14/10/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomate enano
Departamento	Cajamarca
Provincia	Jaén
Distrito	Jaén
Localidad	Santa Fe
Altitud	1755 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Bosque
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 081	
Fecha de ingreso	14/10/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomatito
Departamento	Cajamarca
Provincia	Jaén
Distrito	Jaén
Localidad	Santa Fe
Altitud	1568 msnm
Fisiografía	Accidentada
Fuente	Pastura
Uso	Alimenticio

Código de accesión: TS - 082	
Fecha de ingreso	14/10/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomatito
Departamento	Cajamarca
Provincia	Jaén
Distrito	Jaén
Localidad	Santa Fe
Altitud	1568 msnm
Fisiografía	Poco accidentada
Fuente	Bosque
Uso	Alimenticio

Código de accesión: TS - 087	
Fecha de ingreso	24/10/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Pisco tomate
Departamento	Cusco
Provincia	La Convención
Distrito	Santa Ana
Localidad	Juan Velazco Alvarado
Altitud	1052 msnm
Fisiografía	Poco accidentada
Fuente	Jardín
Uso	Alimenticio

Código de accesión: TS - 091	
Fecha de ingreso	25/10/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomatillo
Departamento	Cusco
Provincia	La Convención
Distrito	Santa Ana
Localidad	Mandor bajo
Altitud	1089 msnm
Fisiografía	Poco accidentada
Fuente	Campo
Uso	Alimenticio

Código de accesión: TS - 092	
Fecha de ingreso	25/10/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Pisco tomate
Departamento	Cusco
Provincia	La Convención
Distrito	Santa Ana
Localidad	Mandor bajo – Parcela Santa Rosa
Altitud	1160 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Campo
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 098	
Fecha de ingreso	25/10/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomate silvestre
Departamento	Cusco
Provincia	La Convención
Distrito	Echarate
Localidad	Sector Saji Yuroc
Altitud	910 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Bosque
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 104	
Fecha de ingreso	25/10/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Pisco tomate
Departamento	Cusco
Provincia	La Convención
Distrito	Quello Uno
Localidad	Putucusi Sector San Martín
Altitud	944 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Bosque
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 110	
Fecha de ingreso	07/11/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomatito
Departamento	Cusco
Provincia	Quispicanchi
Distrito	Camanti
Localidad	Sector San Miguel
Altitud	1199 msnm
Fisiografía	Accidentado
Fuente	Bosque
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 111	
Fecha de ingreso	28/10/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomatito
Departamento	Cusco
Provincia	Calca
Distrito	Pisac
Localidad	Carretera de Pisac a Calca
Altitud	2994 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Jardín
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 112	
Fecha de ingreso	07/11/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomate silvestre
Departamento	Lima
Provincia	Lima
Distrito	San Mateo
Localidad	San Mateo – Cocachacra
Altitud	1383 msnm
Fisiografía	Poco accidentado
Fuente	Bosque
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 114	
Fecha de ingreso	07/11/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Gapichin
Departamento	Huánuco
Provincia	Huánuco
Distrito	Churubamba
Localidad	Churubamba
Altitud	1878 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	huerto
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 115	
Fecha de ingreso	09/11/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomatito de campo
Departamento	Huánuco
Provincia	Huánuco
Distrito	Churubamba
Localidad	Macuay
Altitud	1875 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	huerto
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 119	
Fecha de ingreso	10/11/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomatito
Departamento	Huánuco
Provincia	Ambo
Distrito	Tomayquichua
Localidad	Lenderos-Granja ecológica Lindero
Altitud	2077 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	huerto
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 144	
Fecha de ingreso	16/11/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomate regional
Departamento	Ucayali
Provincia	Padre Abad
Distrito	Curimaná
Localidad	Nueva alianza
Altitud	187 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	huerto
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 146	
Fecha de ingreso	16/11/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomatito regional
Departamento	Ucayali
Provincia	Padre Abad
Distrito	Curimaná
Localidad	Caserío 16 de noviembre
Altitud	165 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Jardín
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 149	
Fecha de ingreso	17/11/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomatito regional
Departamento	Ucayali
Provincia	Coronel Portillo
Distrito	Masisea
Localidad	Masisea – Barrio amargura
Altitud	160 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	huerto
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 151	
Fecha de ingreso	13/12/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomatito común
Departamento	Ayacucho
Provincia	Huanta
Distrito	Luricocha
Localidad	Yuraccraccay
Altitud	2538 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	huerto
Uso	Alimenticio

Código de accesión: TS - 152	
Fecha de ingreso	13/12/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomatillo
Departamento	Ayacucho
Provincia	Huanta
Distrito	Luricocha
Localidad	Yuraccraccay
Altitud	2531 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	huerto
Uso	Alimenticio

Código de accesión: TS - 153	
Fecha de ingreso	13/12/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomate común
Departamento	Ayacucho
Provincia	Huanta
Distrito	Luricocha
Localidad	Yuraccraccay
Altitud	2533 msnm
Fisiografía	Plano
Fuente	Jardín
Uso	Alimenticio

Código de accesión: TS - 154	
Fecha de ingreso	14/12/2011
Especie	<i>S. pimpinellifolium</i>
Nombre local	Tomate silvestre
Departamento	Ayacucho
Provincia	La Mar
Distrito	San Miguel
Localidad	Illaura – Carretera
Altitud	2562 msnm
Fisiografía	Accidentada
Fuente	Bosque
Uso	Alimenticio

Código de accesión: TS - 158	
Fecha de ingreso	14/12/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Ñuccho
Departamento	Ayacucho
Provincia	La Mar
Distrito	San Miguel
Localidad	Magnopampa
Altitud	2310 msnm
Fisiografía	Accidentada
Fuente	Bosque
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 159	
Fecha de ingreso	14/12/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomate
Departamento	Ayacucho
Provincia	La Mar
Distrito	San Miguel
Localidad	Magnopampa
Altitud	2309 msnm
Fisiografía	Poco accidentada
Fuente	Campo
Uso	Alimenticio

Código de accesoión: TS - 160	
Fecha de ingreso	14/12/2011
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre local	Tomate de la región
Departamento	Ayacucho
Provincia	La Mar
Distrito	San Miguel
Localidad	Magnopampa
Altitud	2309 msnm
Fisiografía	Poco accidentada
Fuente	Campo
Uso	Alimenticio