



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Biológicas

Escuela Profesional de Ciencias Biológicas

**Evaluación del comportamiento germinativo y vigor de
las semillas bajo condiciones de estrés salino en la
variedad de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var.
cerasiforme)**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Biólogo con mención en
Botánica

AUTOR

Elsa Vanessa ALVARADO LA HOZ

ASESOR

Dr. Rafael Simón Oswaldo LA ROSA LOLI

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Alvarado, E. (2023). *Evaluación del comportamiento germinativo y vigor de las semillas bajo condiciones de estrés salino en la variedad de tomate cherry (Solanum lycopersicum var. Cerasiforme)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Ciencias Biológicas]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Elsa Vanessa Alvarado La Hoz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71454525
URL de ORCID	No aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Rafael Simón Oswaldo La Rosa Loli
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06134564
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-5619-9811
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	César Augusto Arana Bustamante
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09348713
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Giovana Patricia Vadillo Gálvez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07268590
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Yakov Mario Quinteros Gómez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41147993
Miembro del jurado 3	
Nombres y apellidos	Rafael Simón Oswaldo La Rosa Loli
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	06134564
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.1.2.3. Biotecnología en Recursos Genéticos
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Genebank – Centro Internacional de la Papa País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: La Molina Latitud: -12.076944 Longitud: -76.946111
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2021 – 2023
URL de disciplinas OCDE	Ciencias de las plantas, Botánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.00 Otros temas de Biología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.00



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**ACTA DE SESIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGA CON MENCIÓN EN BOTÁNICA
(MODALIDAD: SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS)**

Siendo las 8:39 horas del 19 de mayo de 2022, en el Salón de Grados Virtual de la Facultad de Ciencias Biológicas cuya dirección electrónica fue <https://meet.google.com/mqx-wvdt-jrx> y en presencia del Jurado formado por los profesores que suscriben, se inició la sesión para optar al **Título Profesional de Bióloga con mención en Botánica** de **ELSA VANESSA ALVARADO LA HOZ**.

Luego de dar lectura y conformidad al expediente N° UNMSM-20230016964, la titulando expuso su tesis: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO GERMINATIVO Y VIGOR DE LAS SEMILLAS BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS SALINO EN LA VARIEDAD DE TOMATE CHERRY (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)**, y el Jurado efectuó las preguntas del caso calificando la exposición con la nota **15**, calificativo: **Aprobado**.

Finalmente, el expediente será enviado a la Escuela Profesional de Ciencias Biológicas y al Consejo de Facultad para que se apruebe otorgar el **Título Profesional de Bióloga con mención en Botánica** a **ELSA VANESSA ALVARADO LA HOZ** y se eleve lo actuado al Rectorado para conferir el respectivo título, conforme a ley.

Siendo las 10:05 horas se levantó la sesión.

Ciudad Universitaria, 19 de mayo de 2022.

Mg. CESAR ARANA BUSTAMANTE
(PRESIDENTE)

Dr. RAFAEL LA ROSA LOLI
(ASESOR)

Dr. YAKOV QUINTEROS GOMEZ
(MIEMBRO)

Mg. GIOVANA VADILLO GALVEZ
(MIEMBRO)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

INFORME DE EVALUACION DE ORIGINALIDAD

ESCUELA PROFESIONAL : CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL : MG. SILVIA YSABEL AGUILAR LUNA
OPERADOR DEL PROGRAMA INFORMATICO DE SIMILITUDES: Feedback Studio

DOCUMENTO EVALUADO* : **Evaluación del comportamiento germinativo y vigor de las semillas bajo condiciones de estrés salino en la variedad de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme)**

AUTOR DEL DOCUMENTO** : ALVARADO LA HOZ ELSA VANESSA
FECHA DE RECEPCIÓN DEL DOCUMENTO : 04/mayo/2023
FECHA DE APLICACIÓN DEL SISTEMA INFORMATICO : 04/mayo/2023
SOFTWARE UTILIZADO :
TURNITIN (X)
ITHENTICATE ()
OTRO

CONFIGURACION DEL PROGRAMA DE SIMILITUDES
Excluye textos entrecomillados (X)
Excluye bibliografía (X)
Excluye cadenas menores a 40 palabras (X)
Otro criterio () (especificar)

PORCENTAJE DE SIMILITUDES *** : CUATRO (04%)

FUENTES ORIGINALES DE LAS SIMILITUDES ENCONTRADAS **** :

Evaluación del comportamiento germinativo y vigor de las semillas bajo condiciones de estrés salino en la variedad de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme)

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%	4%	4%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

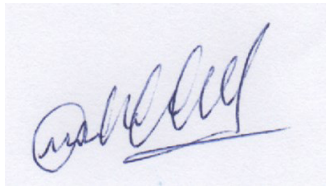
1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Lugo Perez Roque. "Separación del pedicelo en semillas de maíz y su influencia en la calidad fisiológica", TESIUNAM, 1995 Publicación	<1%

OBSERVACIONES: Ninguna

CALIFICACION DE ORIGINALIDAD:

- Documento cumple criterios de originalidad sin observaciones (x)
- Documento cumple criterios de originalidad con observaciones ()
- Documento no cumple criterios de originalidad ()

FECHA DEL INFORME 04/mayo/2023



FIRMA DEL EVALUADOR



FIRMA DEL DIRECTOR EP

- * Tesis para grado o título de pregrado
- ** Apellidos y nombres completos
- *** En letras y números
- **** Indicarlas en orden decreciente y su respectivo porcentaje

DEDICATORIA

A mi madre, por su apoyo incondicional, su comprensión, su amor y sus enseñanzas. A mi hijo Ramón, por ser mi motor y motivo, y por estar siempre conmigo dándome fuerzas. A mi familia y amigos, por su apoyo, ayuda y consejos.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor Dr. Rafael La Rosa, por la buena intención, el apoyo, los conocimientos y la amistad durante toda la investigación.

A la bióloga Fredesvinda Carrillo del banco de germoplasma del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), por la amabilidad y gentileza con la que proporcionó el material biológico.

A la dra. Vania Azevedo del Genebank, por los espacios brindados durante la fase experimental y al técnico Carlos Ramírez del área de Copias de Seguridad, por la consideración y atención en la metodología del proyecto, ambas áreas del Centro Internacional de la Papa (CIP).

Finalmente, quiero agradecer a mis amigos y familia, quienes siempre estuvieron alentando y dando ánimos durante el proceso y culminación de este. En especial, a mi amigo y biólogo Luis Fernando, que nunca dudó en guiarme y ayudarme ante cualquier consulta y sugerencia en la redacción.

Muchas gracias a todos.

RESUMEN

Para tener éxito en cualquier cultivo, es importante tener en cuenta la calidad de las semillas en la agricultura, la cual puede evaluarse a través de la respuesta fisiológica. Una de las principales limitaciones que afecta a la agricultura es la salinidad. El presente trabajo se desarrolló en el laboratorio de Procesamiento de Semillas del área de Semillas del Genebank del Centro Internacional de la Papa (CIP). El objetivo general fue evaluar la germinación y vigor de las semillas de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) bajo el efecto del estrés inducido por cloruro de sodio a diferentes concentraciones molares (0 mM, 35 mM, 70 mM, 105 mM y 140 mM). Asimismo, se buscó determinar la viabilidad y vigor de las semillas mediante variables cuantitativas del proceso germinativo. Se evaluaron cuatro variables: Capacidad Germinativa, Índice de Velocidad de Germinación, Tiempo Promedio de Germinación y Tiempo de Inicio de germinación. Los datos fueron analizados mediante la prueba de normalidad, análisis de varianza, comparación múltiple y análisis correlacional. Los resultados mostraron que todas las variables analizadas son afectadas por la salinidad. A medida que se aumentó la concentración salina, se redujo el número de semillas germinadas y la velocidad de germinación; sin embargo, se aumentó el tiempo de inicio y duración de la germinación. Ello se debe a la imbibición limitada de agua que provoca el factor osmótico y a la toxicidad iónica ejercida por los iones del cloruro de sodio. El análisis correlacional demostró un coeficiente de correlación fuerte y significativo entre cada par de variables analizadas. Se concluye finalmente que la especie de estudio sí puede germinar bajo condiciones de estrés salino hasta 70mM sin afectar críticamente el desempeño de las semillas, y que representa una opción promisoriosa para el fitomejoramiento del tomate.

Palabras clave: germinación, viabilidad, vigor, tomate Cherry, cloruro de sodio, fitomejoramiento.

ABSTRACT

In order to be successful in any crop, it is important to consider the quality of seeds, which can be evaluated through physiological response. One of the main abiotic stresses affecting agriculture is salinity. Present work was carried out, in the Seed Processing laboratory of the Seed area of Genebank of the International Potato Center (CIP). The objective was to evaluate the germination and vigor of Cherry tomato seeds (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) under different molar concentrations of sodium chloride (0 mM, 35 mM, 70 mM, 105 mM, and 140 mM). For this reason, we determined the viability and vigor of seeds through quantitative variables of germination process. Four variables were evaluated: Germination Capacity, Germination Speed Index, Mean Germination Time and Onset Germination Time. The data were analyzed using the normality test, variance analysis, multiple comparison and correlational analysis. Results showed that all variables were affected by salinity. While salt concentration was increased, the number of germinated seeds and the germination speed decreased; however, the time of onset and duration of germination were increased. This is due to limited imbibition of water caused by the osmotic factor and ionic toxicity exerted by sodium chloride ions. The correlational analysis showed a strong and significant correlation coefficient between each pair of variables analyzed. Finally, it is concluded that the seeds of tomatoes var. Cherry can germinate under saline stress conditions up to 70mM without critically affecting the performance of seeds, and it represents an option for tomato breeding.

Keywords: germination, viability, vigor, cherry tomato, sodium chloride, plant breeding.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
I.1.	Introducción	1
I.2.	Planteamiento del problema.....	2
I.3.	Objetivos.....	2
I.4.	Importancia y alcance de la investigación	3
II.	REVISIÓN LITERARIA	4
II.1.	Marco teórico	4
II.1.1.	GENERALIDADES DEL TOMATE.....	4
II.1.2.	SALINIDAD.....	8
II.1.3.	ESTRÉS	10
II.1.4.	FISIOLOGÍA DE LA GERMINACIÓN	13
II.1.5.	MEJORAMIENTO GENÉTICO Y BIOTECNOLOGÍA	17
II.2.	Antecedentes del estudio	19
II.3.	Definición de términos.....	21
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	23
III.1.	Hipótesis	23
III.2.	Variables.....	24
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	27
IV.1.	Materiales	27
IV.2.	Diseño de investigación	28
IV.3.	Procedimiento	29
IV.4.	Análisis estadístico	33
V.	RESULTADOS.....	34
V.1.	Viabilidad	35
V.2.	Vigor	36
V.3.	Análisis Correlacional.....	40
VI.	DISCUSIÓN.....	44
VI.1.	Determinación de la Viabilidad	44
VI.2.	Determinación del Vigor.....	44
VI.3.	Análisis Correlacional.....	46
VII.	CONCLUSIONES.....	49
VIII.	RECOMENDACIONES	50
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
X.	ANEXOS.....	59

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Introducción

En condiciones normales, los suelos agrícolas presentan una concentración de sales baja; pero cuando empiezan a acumularse las sales en el perfil del suelo, el desarrollo de los cultivos puede verse afectado por la salinización de los suelos (Alva *et al.*, 1976). La salinización de suelos ya sea por las sales presentes a nivel edafológico o por el agua de regadío que se usa, es un proceso que continúa sucediendo y que seguirá inutilizando suelos agrícolas (Pineda, 1997). El Perú es un país que no se encuentra ajeno a esa realidad. La situación de salinización en nuestro país se viene presentando especialmente en la región costera desde años anteriores (Hurtado Delgado, 2019), la cual ha ido agravándose (Quezada, 2021). Por ello, la salinidad es una limitación que cada vez cobra más importancia por las consecuencias que provoca a diferentes niveles, tanto físicos como bioquímicos (Cuartero *et al.*, 2006), afectando tanto en regiones áridas, semiáridas y costeras del mundo (Ebert y Schafleitner, 2015) y reduciendo generalmente la calidad y cantidad de producción en la agricultura (Karan y Subudhi, 2012).

La sal más abundante que se encuentra afectando a las plantas por estrés salino es el cloruro de sodio (NaCl), siendo sus iones bastante perjudiciales, ya que no solo dañan a las plantas, sino también la estructura del suelo (Taiz y Zeiger, 2002). Durante los últimos 30 años, varios autores han pretendido estimar la extensión de los suelos afectados por salinidad, donde la FAO (s.f.) estimó que, la superficie total de suelos salinos a nivel mundial era de 397 millones de ha y la de suelos sódicos de 434 millones de ha, lo cual representa más del 6% de la superficie terrestre total del mundo. Sin embargo, esta condición no solo se debe en gran parte a una causa natural, las tierras agrícolas también se han vuelto salinas debido al desmonte o riego (Munns,

2005), al uso indiscriminado de fertilizantes químicos y sobreexplotación de acuíferos (Tadeo y Gómez-Cadenas, 2013), entre otros. De esta manera, este tipo de estrés abiótico compromete la seguridad alimentaria, siendo más vulnerables los cultivos de especies sensibles a la salinidad.

I.2. Planteamiento del problema

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una hortaliza de la familia Solanaceae procedente del oeste de América del Sur. Su fruto es uno de los más importantes cultivos alimentarios, siendo uno de los vegetales más ampliamente consumidos a nivel mundial. Datos de la FAO, indican que en los últimos años la producción de tomate en todo el mundo continúa aumentando; no obstante, en nuestro país, se ha visto una disminución en la producción de tomate con áreas cosechadas reducidas de 5539 a 4861 ha y una cantidad de 253449 a 202242 toneladas en el año 2019 (FAOSTAT, 2021). Esto podría deberse a problemas de salinización (Pineda, 1997; Shrivastava y Kumar, 2015). Para el caso del tomate domesticado (*Solanum lycopersicum*), la mayoría de sus cultivares comerciales han sido considerados susceptibles a la salinidad (Foolad, 2004; Foolad, 2007; Singh *et al.*, 2012).

Un aspecto para abordar este problema sería mejorar la tolerancia a la salinidad de los cultivos. Por ello, es necesario proponer y evaluar especies que puedan ayudar a incrementar dicha tolerancia, teniendo como finalidad el fitomejoramiento de especies glicófitas.

I.3. Objetivos

Objetivo general

- Evaluar el efecto de la salinidad inducido por cloruro de sodio sobre la germinación y vigor de las semillas de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*).

Objetivos específicos

- Determinar la viabilidad de las semillas mediante prueba de germinación (Capacidad Germinativa) en condiciones de estrés salino.
- Determinar el vigor de las semillas (Índice de Velocidad de Germinación, Tiempo Promedio de Germinación y Tiempo de Inicio de germinación) en condiciones de estrés salino.

I.4. Importancia y alcance de la investigación

La importancia del tomate radica en ser un buen promotor de la salud (Ellinger *et al.*, 2006), por lo que es un gran constituyente en la dieta humana (León-García *et al.*, 2017). y, por otro lado, representar una fuente económica tanto para los mercados de productos frescos como para las industrias de procesamiento (Pavan *et al.*, 2009). Además, es una especie que también permite hacer diferentes investigaciones en el campo de la fisiología y citogenética, sirviendo como especie modelo (Rick, 1980).

Solanum lycopersicum var. *cerasiforme* es una variedad de tomate que no ha sido estudiada ampliamente en comparación con otros parientes silvestres (Martínez- Cuenca *et al.*, 2020). Comúnmente conocido como tomate cherry, es una variedad botánica que es considerada probablemente el antepasado directo del tomate cultivado (Tanksley, 2004; Ranc *et al.*, 2008; Lin *et al.*, 2014). Esta variedad ha mostrado una cantidad intermedia de diversidad genética entre el tomate domesticado (*S.lycopersicum*) y el pariente silvestre más cercano (*S. pimpinellifolium*), abarcando un continuo genético entre formas silvestres y domesticadas (Ranc *et al.*, 2008). Esta condición dentro del curso de la germinación representaría un genotipo más utilizable, ya que tendría una relación más estrecha con los cultivares a mejorar (Cuartero *et al.*, 1992). Además, se ha encontrado que ciertos biotipos de esta variedad

resisten condiciones de sequías de los desiertos occidentales del Perú (Rick, 1973).

Por consiguiente, en este trabajo se pretendió evaluar el potencial del germoplasma de las semillas de tomate cherry bajo condiciones estresantes salinas sódicas a través del análisis de su capacidad germinativa y vigor para fines de fitomejoramiento del tomate, de manera que esta variedad pueda representar una opción prometedora como material de partida en el futuro desarrollo de cultivares con un rendimiento germinativo superior.

II. REVISIÓN LITERARIA

II.1. Marco teórico

II.1.1. GENERALIDADES DEL TOMATE

Clasificación taxonómica

Peralta *et al.* (2008) considerando una taxonomía que se basa en características morfológicas y moleculares, clasificaron al tomate y a sus parientes silvestres dentro de la sección *Lycopersicon* perteneciente al género *Solanum*. Esta sección se encuentra conformada por 13 especies, que incluye 12 especies de parientes silvestres y al tomate cultivado. Se presenta la siguiente clasificación según el sistema Angiosperm Phylogeny Group (APG) IV de acuerdo con Stevens (2001):

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Tribu: Solaneae

Género: *Solanum*

Especie: *S. lycopersicum*

Descripción botánica

Peralta *et al.* (2008) detallan la descripción botánica de la especie en mención. Es una planta herbácea, anual o perenne. Autógama. Tiene un porte erecto, de tallos erguidos y cilíndricos cuando joven; a medida que crece se torna anguloso. Presenta vellosidades. Las hojas son compuestas, imparipinnadas, con folíolos 7-11 por hoja. Presenta pseudoestípulas. Las inflorescencias pueden ser del tipo racimos o cimas. Las flores son pentámeras. El cáliz tiene cinco sépalos profundamente lobulados. La corola es amarilla y está compuesta por cinco pétalos. Las flores son hermafroditas, con estambres que se juntan para formar un tubo en torno al gineceo. El fruto es tipo baya de coloración roja, con tamaño cambiante y de forma oblonga, globosa y deprimida o piriforme. Tiene numerosas semillas de distintas tonalidades, desde grisácea hasta el color *beige*, de forma aplanada, cubiertas de vellosidades, embebidas en una masa mucilaginosa y ubicadas dentro de un pericarpio carnososo.

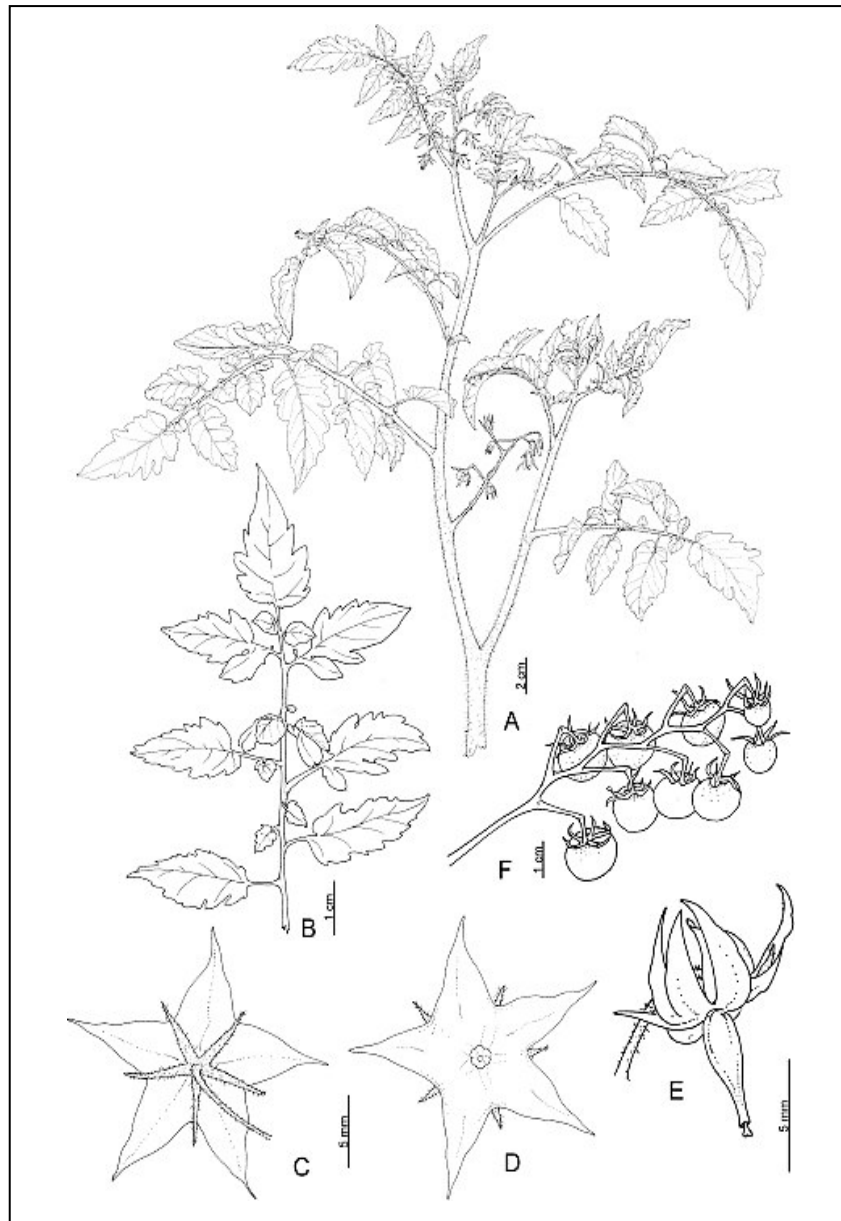


Figura 1. *Solanum lycopersicum*. A. Tallo. B. Hoja. C. Vista abaxial de la flor. D. Vista adaxial de la flor. E. Vista lateral de la flor. F. Infrutescencia. (Tomado de Peralta *et al.*,2008).

Importancia

Valor económico: Es producido y consumido en el mundo entero, siendo una de las hortalizas más consumidas. Actualmente, el tomate no solo se vende fresco, también de manera procesada bajo distintas presentaciones como pasta, sopa, jugo, salsa, polvo, concentrado o entero (Bergougnoux, 2014).

MIDAGRI (2021) señala que el consumo per cápita de tomate en el Perú tiene una tendencia a incrementarse en ambas formas (fresco y derivados a base de la hortaliza) y que como la cosecha es casi estable y fija, presenta una oferta relativamente regular en el año, siendo destinada principalmente al consumo interno y luego a la exportación bajo su forma fresca.

Valor nutricional: León-García *et al.* (2017) indican que el tomate contiene diferentes e importantes moléculas bioactivas, como carotenoides, polifenoles y vitamina C, y que estos compuestos tienen diferentes beneficios que aportan sustanciosamente a la dieta humana.

Organismo modelo: Rick (1980) menciona que, gracias a la facilidad del cultivo, la alta tasa de reproducción y uniformidad genética resultante de la autogamia, el tomate es una especie apta para investigaciones fisiológicas y citogenéticas. Lozano *et al.* (2009) de la misma manera, señalan que constituye una especie modelo para estudiar diferentes mecanismos biológicos en las plantas.

Otros usos: En el campo de la Biofarmacia, ejemplos de ingeniería genética del tomate con fines terapéuticos son cada vez más numerosos, siendo ya utilizado para la producción de diferentes vacunas (Bergougnoux, 2014). Por otro lado, como promotor de la salud, se ha sugerido que la ingesta de tomates reduce el riesgo de enfermedades, ya que el licopeno, un compuesto característico del tomate, puede contribuir a la protección del daño del ADN (Ellinger *et al.*, 2006).

Cultivo del tomate en el Perú

MIDAGRI (2021) informa que el cultivo del tomate se desarrolla principalmente en los valles de Lima, Ica, Arequipa, Loreto, Ancash y La Libertad, donde se

cultivan diversas variedades. Ica es el departamento que ocupa el primer lugar de producción con 23%, seguido en orden de importancia por Lima con un 14% y luego Arequipa con un 15% de la producción nacional de tomate.

II.1.2. SALINIDAD

Salinización

Gheyi *et al.* (2016) lo definen como el proceso que consiste en la concentración de sales más solubles que el yeso en los horizontes o capas del perfil del suelo, siendo las principales sales solubles los cloruros, sulfatos y bicarbonatos de sodio, calcio y magnesio.

Según el USSLS (1954), se pueden definir tres tipos de suelos afectados por sal (suelos halomórficos): suelos salinos, salino-sódicos y sódicos. Los suelos salinos son considerados como tal cuando la conductividad eléctrica del extracto de saturación es mayor o igual que 4 dS/m y el porcentaje de sodio intercambiable es menor de 15%. Normalmente el pH de estos suelos es menor que 8,5.

Para medir la salinidad de una solución de suelo se utiliza la conductividad eléctrica (C.E.), la cual es una medida únicamente de los solutos (iones) cargados. Las unidades normalmente usadas son dS/m que equivalen a mS/cm o 0,1S/m. Para el caso del agua de irrigación, las unidades suelen calcularse en $\mu\text{S/cm}$ (Ferreira *et al.*, 2016).

Okorogbona *et al.* (2015) concluyen que la salinidad es un agente ambiental que causa la pérdida progresiva del suelo porque afecta la dinámica de las aguas subterráneas y que los niveles de salinidad tanto en suelo como en el agua empleada para el riego disminuyen el desarrollo de los cultivos a

diferentes niveles como la germinación, la emergencia de plántulas y el crecimiento.

Suelos salinos en el Perú

El tema de la salinidad no es ajeno a la realidad nacional, ya que el Perú presenta regiones áridas y semiáridas que tienen la salinización como fenómeno común. La salinización de los suelos es un proceso de degradación que se seguirá expandiendo a lo largo de toda nuestra costa peruana (Quezada Zavala, 2021). Masson (1973) señala que en nuestro país gran parte de los suelos costeros se encuentran afectados, siendo estos los de mayor potencial agrícola. Los valles de la costa peruana sufren principalmente de este fenómeno que reduce la capacidad productiva de los suelos (Fox, 2013). El MINAM (2011) determina que, en el caso de la Costa, la degradación de la tierra se debe esencialmente a este fenómeno que perjudica alrededor del 40% de la superficie cultivada, teniendo como causales un nivel freático alto, una escasa disponibilidad de agua de riego y la deficiente calidad de agua de riego (Alva *et al.*, 1976).

Pese a que existen varios enfoques para la recuperación de los suelos, se pueden resumir principalmente en dos criterios, uno que implica acelerar el proceso de desalinización por lixiviación de sales en el perfil del suelo, y otro que es mejorar la tolerancia de los cultivos con variedades mejoradas (Hernández Araujo, 2012).

Cloruro de sodio

Compuesto iónico que se representa con la fórmula NaCl. También se le conoce como "cloruro sódico" y "sal común". Está conformado químicamente por la unión de un catión Na⁺ (sodio) y un anión Cl⁻ (cloruro). Es una de las sales responsables de la salinidad del mar y es la sal más abundante que se

encuentra afectando a las plantas por estrés salino.

Tabla 1. Propiedades físicas del cloruro de sodio (NaCl).

Cloruro de Sodio	
fórmula	NaCl
aparición	Sólido cristalino
masa molar	58,44g/mol
punto de fusión	801°C (1074 K)
punto de ebullición	1465°C (1738 K)

II.1.3. ESTRÉS

Definición

Tadeo y Gómez-Cadenas (2013) indican que el estrés en plantas es una situación medioambiental de la que la planta no puede escapar por su incapacidad para moverse. Este factor externo que ejerce una influencia nociva sobre el desarrollo idóneo se denomina "estrés". Sin embargo, este concepto es relativo, porque lo que una situación estresante puede significar para una planta, no lo es para otras. La respuesta de la planta será cualquier alteración estructural o funcional como consecuencia del estrés.

Respuesta de las plantas al estrés

Tadeo y Gómez-Cadenas (2013) señalan cuatro fases de respuesta de las plantas ante una situación de estrés. Son las siguientes:

Fase de alarma: Esta es la primera fase y se da cuando comienza la manifestación del estrés, de manera que las plantas van a reaccionar volviendo más lento o deteniendo sus funciones fisiológicas. Si la planta no presenta mecanismos adecuados suficientes para responder frente a esta adversidad,

termina muriendo.

Fase de resistencia: En esta fase se producen cambios que le aseguran a la planta lograr un nuevo estado fisiológico para las circunstancias reinantes.

Fase de agotamiento: Sin embargo, si la situación de estrés se prolonga excesivamente, la planta vuelve más lenta o paraliza sus funciones una vez más, agotando su capacidadde resistencia. Y terminando en la muerte del organismo si la situación no desapareciera.

Fase de regeneración: Una vez que desaparece el estrés, se regeneran de nuevo las funciones fisiológicas para las condiciones presentes.

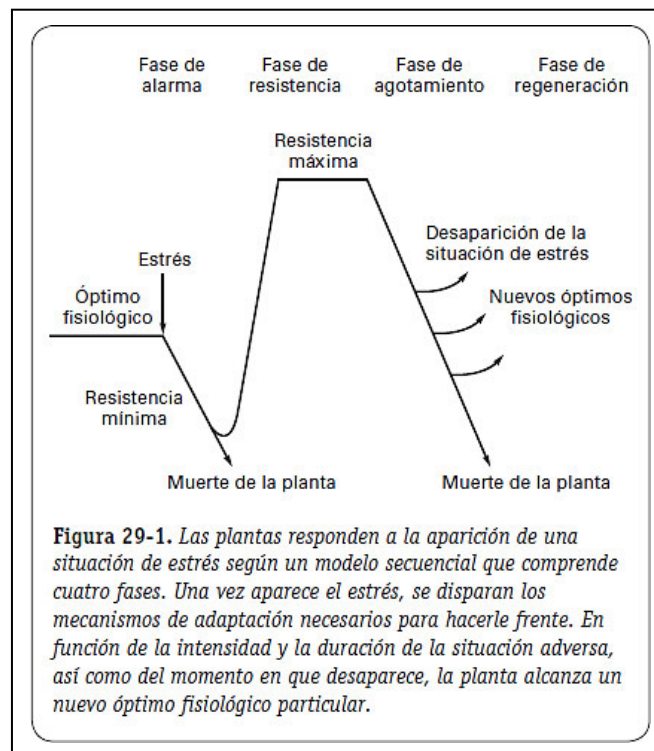


Figura 2. Fases de la respuesta de la planta al estrés. (Tomado de Tadeo y Gómez-Cadenas, 2013).

Estrés salino

Las plantas pueden dividirse en dos grupos según su tolerancia a la salinidad.

Las halófitas, que pueden crecer en suelos salinos y completar su ciclo vital en

tal condición; y las glicófitas, o también llamadas no halófitas, que no pueden resistir las condiciones salinas de la misma manera como las halófitas (Taiz y Zieger, 2002).

El estrés salino es un estrés complejo y compuesto porque está conformado por varios factores que actúan de manera sinérgica y a su vez inducen otros tipos de estrés.

Los dos factores principales que conforman el estrés salino son el factor osmótico que conlleva a un estrés osmótico, y el factor iónico que produce un estrés iónico (Tadeo y Gómez-Cadenas, 2013). El factor osmótico vuelve el potencial hídrico del suelo más negativo, y ello dificulta la absorción de agua para las plantas. Esta condición de déficit hídrico que toma la forma de una sequía fisiológica también deriva en un estrés nutricional, ya que se inhibe la absorción de agua y la de nutrientes (Mahajan y Tuteja, 2005). Parida y Das (2005) destacan que el déficit hídrico causado por el efecto osmótico produce un estrés oxidativo porque forma especies reactivas de oxígeno (ROS) como los superóxidos y los radicales hidroxilo y peroxi. Esta sobreproducción de ROS conduce al daño oxidativo, como a la peroxidación lipídica de las membranas celulares o a la muerte celular (Mantri *et al.*, 2012).

El factor iónico se rige primordialmente por la toxicidad de los iones, los cuales provocan un ambiente iónico en el que muchas enzimas no funcionan correctamente por las concentraciones altas de sales como el sodio (Taiz y Zeiger, 2002). Mahajan y Tuteja (2005) exponen que los daños causados por iones específicos del estrés salino a nivel celular son los siguientes: alteración del equilibrio iónico, desorganización de la membrana, inhibición de la división y expansión celular, reducción de la fotosíntesis.

Mecanismos de tolerancia a la salinidad

Munns y Tester (2008) resumen lo siguiente:

En general, las plantas deben emplear mecanismos que les permitan enfrentarse a la salinidad, asegurando la homeostasis osmótica e iónica. Es así, que estas adaptaciones de las plantas son de tres tipos distintos:

1. La tolerancia al estrés osmótico, que resulta más evidente cuando la planta continúa la producción de hojas nuevas. Ante un súbito aumento de salinidad, las plantas tendrán que recuperar su volumen y turgencia celular realizando un ajuste osmótico a través de la acumulación de compuestos orgánicos conocidos como “solutos compatibles” u “osmolitos”, los cuales no alteran la bioquímica intracelular y reestablecen el potencial hídrico para evitar la pérdida de agua intracelular.

2. La exclusión de Na^+ o Cl^- , que permite a la planta evitar o posponer el problema de la toxicidad iónica.

3. La tolerancia del tejido a acumular Na^+ o Cl^- , que se manifiesta por la supervivencia de las hojas más maduras.

II.1.4. FISIOLÓGÍA DE LA GERMINACIÓN

Antes de comenzar a conceptualizar la germinación, es importante tener en cuenta la definición y la estructura de las semillas para una mejor comprensión de los eventos ocurridos durante dicho proceso. ISTA (2018) señala que una semilla es el producto de la fecundación de un óvulo y que está conformada por una planta embrionaria que se convertirá en una plántula durante la germinación, nutrientes almacenados y una cubierta de semilla protectora o también llamada “testa”.

Definición

Varias definiciones se han propuesto para el término “germinación” a lo largo del tiempo y desde diferentes enfoques. No obstante, todas intentan guardar relación al reconocer la importancia del embrión de la semilla. Sin importar que definición se adopte, se debe tener en cuenta que realmente no puede visualizarse el desarrollo de dicho proceso y que lo único visible es la fase posterior al evento de germinación, cuando ya culmina (Copeland y McDonald, 2012). A continuación, se presentan diversos conceptos propuestos por diferentes autores:

Moreno (1984) define a la germinación como la emergencia y el desarrollo de aquellas estructuras esenciales provenientes del embrión, y que a su vez pueden producir una planta normal bajo condiciones favorables.

Copeland y McDonald (2012) definen la germinación como la emergencia de la radícula a través de la testa de las semillas según el punto de vista desde los fisiólogos; por otro lado, menciona que otros consideran al proceso como el reinicio del crecimiento activo del embrión que como resultado produce la ruptura de la cubierta de la semilla y la emergencia de una plántula joven.

Bewley *et al.* (2013) denominan a la germinación de las semillas como el proceso fisiológico que finaliza con la emergencia del embrión a partir de las cubiertas envolventes como el endospermo, perispermo, la testa o pericarpio. La germinación *sensu stricto* no abarca el crecimiento de plántulas, ya que esto comienza justo después de completada la germinación.

ISTA (2014) se refiere a la germinación de una semilla en una prueba ISTA como la emergencia y desarrollo de la plántula hasta una etapa en la que el aspecto de sus estructuras esenciales determina la capacidad de producir una planta normal bajo condiciones favorables.

ISTA (2018) da una definición escueta de la germinación como el proceso que transforma el embrión de una semilla en una planta fotosintetizadora independiente (autótrofa).

Proceso germinativo

Existe una secuencia específica que ocurre durante el proceso germinativo. Bewley *et al.* (2013) señalan lo siguiente:

El punto de partida es la imbibición, la cual se refiere a la absorción de agua en una semilla y representa una etapa crucial para todo el proceso. Este evento inicia la germinación y sigue un patrón trifásico. En la fase I, empieza la absorción de agua necesaria que reanuda el metabolismo y el inicio de los subsiguientes eventos celulares. En la fase II (fase de retraso), los componentes y paredes celulares se hidratan y el gradiente de absorción disminuye, de modo que en esta fase se alcanza una meseta o periodo de aumento lento del contenido de agua. En las dos primeras fases (fase I y fase II), se activan las enzimas preexistentes, pero es en la fase II donde ocurren otros eventos como el aumento de la respiración y la transferencia de nutrientes gracias a la descomposición del tejido almacenado en los cotiledones o en el endospermo. Esto va a permitir la síntesis de nuevos materiales. Por último, la fase III (finalización de la germinación) ocurre debido a la expansión celular que se atribuye a la protrusión de la radícula. En esta última fase, se logra observar la radícula, la cual emerge por la elongación celular y es seguida por la división celular y posterior elongación de las células recién formadas.

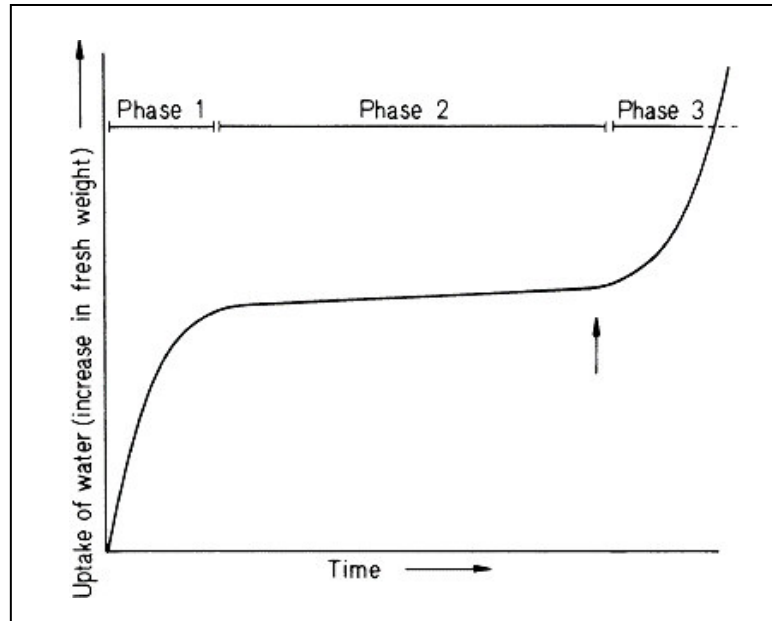


Figura 3. Patrón trifásico de absorción de agua por las semillas en germinación. La flecha marca el momento en que ocurren los primeros signos de protrusión de la radícula. (Tomado de Bewley y Black, 1985).

Factores que afectan la germinación

Para que ocurra la germinación, es necesario que se cumplan determinados requerimientos que pueden ser tanto factores externos (ambientales) como factores internos vinculados a la “historia” de la semilla (ISTA, 2018).

Según Copeland y McDonald (2012), los factores ambientales son:

- **Agua:** un requisito primordial para la germinación porque permite la activación de las enzimas, ruptura, translocación y uso de la reserva de material de almacenamiento.
- **Aire:** hace mención en particular por el oxígeno y el dióxido de carbono. Si la concentración de oxígeno se reduce considerablemente por debajo de la del aire, entonces se retrasa la germinación de la mayoría de las semillas. Por otro lado, las semillas no germinan si se aumenta la presión parcial de dióxido de carbono por encima del 0.03% del aire, pero una

disminución de este gas no impide la germinación.

- **Temperatura:** este factor implica muchas reacciones y fases individuales. Hay una temperatura mínima, óptima y máxima. Se define a la temperatura óptima como aquella en la que se alcanza el mayor porcentaje de germinación en un corto tiempo.
- **Luz:** solo ciertas especies necesitan luz. Tanto la intensidad de la luz como la calidad de la luz influyen en la germinación.
- **Fotoperiodo:** varias especies exhiben una respuesta de germinación controlada por las horas del fotoperiodo. Hay especies de día largo que necesitarán de más horas luz como especies de día corto con menores requerimientos. Las necesidades de días largos disminuyen progresivamente a medida que se incrementan las temperaturas; y en altas temperaturas, la germinación puede desarrollarse en ausencia de luz.

En cuanto a los factores internos, ISTA (2018) menciona los siguientes:

- **Inmadurez:** las semillas no maduran de manera sincronizada y la presencia de semillas inmaduras con alto contenido de humedad puede fomentar el crecimiento de la microflora de almacenamiento.
- **Longevidad:** como se sabe, la semilla tiene una longevidad limitada. El envejecimiento se encuentra ligado al número creciente de plántulas anormales y semillas muertas en las pruebas de germinación.

II.1.5. MEJORAMIENTO GENÉTICO Y BIOTECNOLOGÍA

Cuartero *et al.* (1992) mencionan que un enfoque alternativo es acumular

caracteres fisiológicos que contribuyan a la tolerancia dentro de un genotipo y concluyen que tanto la succulencia como la selectividad del potasio sobre el sodio son cualidades relevantes para la tolerancia a la salinidad en el tomate, los cuales pueden ser transferidos dentro de un programa de mejoramiento.

Cuartero y Fernández-Muñoz (1999) resumen cuatro estrategias que permiten a la planta de tomate resistir mejor los efectos perniciosos de la salinidad:

El cebado de semillas, que se basa en la suposición de que las plantas pueden sobrevivir en condiciones salinas expresando información genética preexistente para la tolerancia. A partir de semillas cebadas se obtiene un crecimiento más rápido de las plantas de tomate porque conlleva a una mayor capacidad de ajuste osmótico cuando hay más iones de sodio y cloro en las raíces, y más azúcares y ácidos orgánicos en las hojas en las plantas con semillas cebadas.

El acondicionamiento de plántulas, dado que las plántulas de tomate condicionadas con sequía o sal aparentan crecer mejor que las plántulas no condicionadas, al menos durante el primer mes después del trasplante.

Las micorrizas, de las que podrían seleccionarse aislados de éstas que mejoren el crecimiento del tomate en condiciones salinas, ya que los hongos micorrízicos vesiculares – arbusculares parecen aumentar la tolerancia a la salinidad en algunos cultivos.

Y el mejoramiento de plantas, en el cual la mayoría de los trabajos se basa al relacionar la tolerancia a la sal a partir de especies silvestres como acervos genéticos. Sin embargo, ya han aparecido genotipos de esas mismas características dentro de especies cultivadas que demuestran variabilidad. Una fuente adicional de variabilidad podría ser la introducción de genes a través de la ingeniería genética, ya que el tomate se puede transformar a

través de *Agrobacterium*.

Zhang y Blumwald (2001) informan que las plantas transgénicas que sobreexpresan un antiportador vacuolar Na^+/H^+ pudieron crecer, florar y fructificar en presencia de salinidad. Se ha sugerido que la sobreexpresión de antiportadores vacuolares podría servir para la ingeniería de cultivos tolerantes a la sal, es decir que, si las plantas se modifican genéticamente para tener una mayor capacidad de secuestrar sodio en sus vacuolas, en tales condiciones estas plantas transgénicas podrían usar agua salada para procesos como la expansión y el crecimiento celular.

Díez y Nuez (2008) destacan que la transformación genética es una herramienta que se ha empleado para incrementar la tolerancia a la salinidad y que se utiliza fundamentalmente en genes que codifican proteínas transportadoras de iones y protones. Finalmente, señalan que solo en un genotipo se tendrán que reunir varias características de tolerancia a la salinidad para el mejoramiento de los cultivares de tomate.

II.2. Antecedentes del estudio

El cultivo de tomate en condiciones salinas (ya sea por suelos o aguas salinas) se encuentra afectado por la naturaleza glicófito de la especie, sobre todo durante sus primeras etapas fenológicas, por lo que diferentes estudios se han concentrado principalmente en analizar las etapas que comprenden la germinación y el establecimiento cuando plántula (Martínez-Cuenca *et al.*, 2020).

El efecto de la salinidad no solo se ha evaluado en especies silvestres, también se han sometido a prueba diferentes cultivares de tomate. Por ejemplo, en el trabajo de Jones(1986) se evaluó la germinación a 0 y 100 mM de NaCl en

especies silvestres y accesiones de *L. esculentum* Mill. (sinónimo de *Solanum lycopersicum* L.), donde se encontró que, dentro de las variedades cultivadas, la accesión la PI174263 (cultivada) fue la que mostró mayor porcentaje y velocidad de germinación.

Por el contrario, Foolad y Lin (1997), trabajando con sal marina sintética, evaluaron la tolerancia a la salinidad en una prueba de germinación a 0 y 100mM, obteniéndose mayor tiempo de germinación en todos los genotipos, aunque los valores porcentuales de germinación fueron mayores en las accesiones de la especie silvestre que en las accesiones cultivadas de *L. esculentum*.

Evaluando solo cultivares, Ruiz Espinoza *et al.* (2014) probaron ocho genotipos de cultivares comerciales de tomate durante la germinación a diferentes concentraciones de NaCl (0, 50, 100, 150 y 200mM), donde determinaron que los genotipos "Missouri" y "Tropic" fueron los que mostraron mayor tolerancia a 50 y 100mM, concluyendo que la salinidad afecta de forma diferenciada según el cultivar. De la misma manera, otros trabajos enfocados solo en cultivares (Cavatte *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2014), demostraron que a medida que el potencial osmótico se vuelve más negativo, disminuyen los valores de germinación y vigor; y que usar concentraciones salinas de NaCl que produzcan un potencial osmótico menor a -0.4MPa, resulta crítico, no solo reduciendo significativamente los valores mencionados (Silva *et al.*, 2014), sino inhibiendo el proceso germinativo (Cavatte *et al.*, 2004).

Por otro lado, a pesar del gran interés comercial de los frutos de esta variedad, no ha sido estudiado a profundidad (Al Hassan *et al.*, 2015). Son pocos los estudios que han estimado la calidad de sus semillas en la etapa de germinación bajo estrés salino (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999). Sin embargo, hay investigaciones del efecto de la salinidad en plantas jóvenes de

tomate cherry, ya sea estudiando el ajuste osmótico que produce la variedad ante las concentraciones crecientes de NaCl (Al Hassan *et al.*, 2015), o evaluando el rendimiento bajo condiciones salinas (Martínez *et al.*, 2012; Martínez-Cuenca *et al.*, 2020).

Uno de los pocos trabajos que hace mención del efecto del estrés salino durante la germinación del genotipo de tomate cherry es el de Cuartero y Fernández-Muñoz (1999), quienes evaluaron concentraciones salinas de NaCl (80, 190, 265 y 330mM) tanto en especies silvestres como cultivadas (Mex-112 y PE-64), a 80mM se observó una disminución en el porcentaje de germinación en todas las accesiones estudiadas, siendo 190mM de NaCl donde se observó una caída drástica en la germinación, a excepción de las variedades Edkawy, Volgogradiskij y PE-64, por lo que los autores concluyeron que el hecho de que existan diferencias dentro de *L. esculentum*, es evidencia de que incluso a concentraciones moderadas de sal es posible la selección dentro de especies cultivadas.

II.3. Definición de términos

Viabilidad

Según Rao *et al.* (2007), la viabilidad se define como la medida del número de semillas vivas que pueden llegar a convertirse en plantas capaces de reproducirse en condiciones de campo adecuadas, y una prueba de germinación nos permite estimarla porque determina qué proporción de las semillas de una accesión va a germinar.

Plántulas normales

Moreno (1984) define a las plántulas normales como aquellas que poseen estructuras esenciales para producir, en un suelo de buena calidad preparado en el laboratorio, plantas normales bajo condiciones favorables de agua, luz y

temperatura.

ISTA (2014) da una descripción más detallada de la definición de plántulas normales: una plántula normal debe ser una plántula intacta, con todas sus estructuras bien desarrolladas y completas, proporcionadas y sanas. A su vez, las plantas con defectos leves en sus estructuras esenciales pero que muestran un desarrollo equilibrado y satisfactorio que se comparan al de las plántulas intactas, también se consideran plántulas normales. Y lo mismo acontece con las plántulas con infección secundaria, plantas que han sido afectadas por hongos o bacterias de fuentes distintas a la semilla original, también son consideradas plántulas normales.

Plántulas anormales

Rao *et al.* (2007) indican que las plántulas anormales son incapaces de desarrollarse y sufren deficiencia, descomposición o debilidad en sus sistemas de raíces y brotes. Los siguientes defectos que exhiben son: raíces primarias atrofiadas, cortas, sin punta, demasiado delgadas, atrapadas en la testa o en descomposición por infección primaria; un brote corto y grueso, ausente, torcido o en descomposición por infección primaria; hojas deformes, dañadas, ausentes o en descomposición por infección primaria; y cotiledones hinchados, deformes, necróticos, ausentes y en descomposición por una infección primaria.

Vigor

Sin embargo, ya se ha reconocido que la prueba de germinación a menudo sobreestima la emergencia real de los lotes de semillas en el campo, porque este concepto etiquetado prevalece y enfatiza la morfología de las plántulas, además de ser una prueba que ya está estandarizada para ser reproducible siempre y cuando se utilicen condiciones favorables. Ello aunado a que esta

definición de germinación no tiene escalas, es decir, una semilla germina o no, representa la incapacidad para documentar la calidad de la semilla porque no toma en cuenta la naturaleza progresiva del deterioro de la semilla (Copeland y McDonald, 2012). Entonces, se necesitan pruebas adicionales que puedan predecir mejor el establecimiento de las plántulas. Es así como se revaloriza el concepto de vigor.

ISTA (2014) define el concepto de vigor como la sumatoria de las propiedades que determinan la actividad y el desempeño describiendo aspectos del rendimiento del lote de semillas, tales como:

- Tasa y uniformidad de germinación de semillas y crecimiento de plántulas.
- Capacidad de emergencia de las semillas en condiciones ambientales desfavorables.
- Rendimiento después del almacenamiento (conservación).

Una medida para estimar el vigor de las semillas es la Velocidad de Germinación, uno de los conceptos de vigor más antiguos para el que ya diferentes autores han propuesto diferentes métodos para determinar la tasa de germinación. El más conocido es el de Maguire (1962).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

III.1. Hipótesis

La salinidad inducida por cloruro de sodio afecta negativamente la germinación disminuyendo tanto la viabilidad como el vigor de las semillas en tomate Cherry.

III.2. Variables

El comportamiento germinativo de una población de semillas tiene varios aspectos cuantitativos que deben tomarse en cuenta antes de limitarse a un solo parámetro como el porcentaje o la tasa de germinación (Bewley y Black, 1985). Las medidas de germinación pueden ofrecer una información relevante de la dinámica del proceso (Soltani *et al.*, 2015). Por ello, se analizaron diferentes variables que permitieron estudiar una germinación vigorosa según Brown y Mayer (1988): un inicio temprano, una tasa rápida y una germinación total alta. Además, también se estudiaron los tiempos de germinación porque reflejan la calidad de las semillas (Bradford, 1995). Entonces, se establecieron cuatro variables: Capacidad Germinativa, Índice de Velocidad de Germinación, Tiempo Promedio de Germinación y Tiempo de Inicio de germinación.

Cálculo de la Viabilidad – objetivo 1

❖ Capacidad Germinativa (CG)

También conocida con el término de “Germinabilidad” (Ranal *et al.*, 2009) e indicador de la viabilidad de las semillas (FAO, 2014). Es el porcentaje de germinación final. Ranal y Santana (2006) definen a la capacidad germinativa como un atributo cualitativo del proceso germinativo convertido en porcentaje. Es la relación del número de semillas germinadas entre la cantidad de semillas sembradas, multiplicado por 100.

$$\frac{\text{semillas germinadas}}{\text{semillas sembradas}} \times 100\%$$

Cálculo del Vigor – objetivo 2

❖ Índice de Velocidad de Germinación (IVG)

De acuerdo con Maguire (1962), se define como la “tasa o velocidad de germinación” y permite evaluar el vigor de las plántulas. Esta medida se calcula desde el inicio de la primera semilla en germinar hasta la germinación de la última semilla, midiendo la cantidad de semillas germinadas en el tiempo. La fórmula del Índice de Velocidad de Germinación (IVG) fue descrita por Maguire(1962) expresado en semillas germinadas o plántulas normales por día:

$$IVG = \frac{\text{número de plántulas normales}}{\text{días del primer conteo}} + \dots + \frac{\text{número de plántulas normales}}{\text{días del conteo final}}$$

❖ Tiempo Promedio de Germinación (TPG)

Matthews y Khajeh Hosseini (2006) indican que esta medida es una alternativa para medir el vigor de las semillas. Nos da una idea del tiempo promedio requerido para la germinación máxima al calcular la media ponderada del tiempo de germinación. La fórmula del Tiempo Promedio de Germinación en días ha sido descrita en Bewley y Black (1985), donde t es el tiempo en días, a partir del día de la siembra, y n es el número de semillas que completan la germinación el día t:

$$\sum (t \times n) / \sum n$$

❖ **Tiempo de Inicio de Germinación (TI)**

Refleja el tiempo mínimo en días para que el proceso de germinación sea iniciado (Come, 1967 como se citó en González-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996), es decir, es el valor del número de días en que se visualiza la primera semilla germinada.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Procesamiento de Semillas del área de Semillas del Genebank del Centro Internacional de la Papa (CIP), ubicado en el distrito de La Molina, departamento de Lima.

IV.1. Materiales

Material biológico

Las semillas de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* fueron obtenidas del banco de germoplasma del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

Materiales de laboratorio

- Placas Petri
- Papel filtro
- Papel aluminio
- Pinzas metálicas
- Estilete
- Vaso de precipitado de 100 y 500ml
- Piseta
- Probetas de 100ml
- Atomizadores
- Colador pequeño
- Plumón indeleble
- Guantes quirúrgicos
- Mascarillas
- Gorros descartables

Reactivos

- Cloruro de sodio (NaCl)
- Hipoclorito de sodio al 0.5%
- Alcohol de 70°
- Agua destilada

Equipos

- Cámara germinadora
- Balanza analítica de precisión
- Agitador magnético
- Estufa de secado
- Medidor Multiparamétrico HANNA HI 255

IV.2. Diseño de investigación

Diseño experimental

El presente estudio fue de tipo experimental, evaluando las semillas bajo condiciones de laboratorio y siguiendo un diseño completamente aleatorio (DCA) generado en Excel. Debido a que los suelos se componen de diversos microambientes en los que la salinidad resulta variable, debe fijarse como mínimo tres concentraciones, de modo que pueda fenotiparse una concentración mínima, intermedia y alta de salinidad (Igartua, 1995). Por ello, se establecieron cinco tratamientos (Tabla 2).

FAO (2014) señala que para los monitoreos de viabilidad en pruebas de germinación que no cuenten con suficientes semillas, se pueden utilizar un mínimo de 200 semillas en al menos dos repeticiones de 50 a 100 semillas. Por esta razón, se establecieron cuatro repeticiones (R1, R2, R3, R4) por tratamiento, con una unidad experimental representada por cada placa Petri compuesta de 50 semillas por placa, ya que los recursos fitogenéticos fueron

limitados. Finalmente, se obtuvieron en total 20 unidades experimentales.

TCR3	T3R1	TCR1	T2R1
TCR4	T3R2	T1R3	T1R4
T2R3	T4R3	T1R2	T3R4
T4R2	TCR2	T3R3	T2R4
T4R4	T2R2	T4R1	T1R1

Figura 4. Posición de las unidades experimentales (placas Petri) dentro de la cámara germinadora. "TxRx": tratamiento X repetición X.

Tratamientos

Se eligieron concentraciones proporcionales a 70mM, ya que no se aconseja seleccionar medidas superiores a dicha concentración porque aminora el rendimiento del cultivo en más del 50% (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999). En base a ello, se probó un rango de concentraciones, delimitando un tratamiento control con agua destilada y cuatro tratamientos salinos con concentraciones crecientes de 35, 70, 105 y 140mM (Tabla 2).

Tabla 2. Descripción de los tratamientos expresados en milimolar (mM).

Tratamiento	Concentración salina
TC (control)	0mM
T1	35mM
T2	70mM
T3	105mM
T4	140mM

IV.3. Procedimiento

El procedimiento siguió la siguiente secuencia:

Esterilización de materiales y sustrato: Previamente al ensayo, se hizo la limpieza respectiva de los utensilios de vidrio (placas petri y demás) y metálicos, siendo correctamente lavados, secados en la estufa y correctamente desinfectados con alcohol de 70° para mantener las condiciones de asepsia en la siembra. El papel filtro también fue esterilizado colocándolo en la estufa para su esterilización por calor seco.

Formulación y preparación de soluciones salinas: Se hicieron los cálculos necesarios de masa a utilizar para la preparación de los tratamientos partiendo del peso molecular del soluto (NaCl) y la molaridad. Se hicieron los pesados respectivos en la balanza analítica, y se procedió a hacer la mezcla con un volumen de 250 ml de agua destilada para cada tratamiento.

Fórmula de la Molaridad descrito en Chang (2013) para calcular las masas a utilizar (g) a partir de la molaridad (M), volumen (L) y peso molecular (g/mol) conocidos:

$$\text{Molaridad} = \text{masa} / (\text{peso molecular} \times \text{volumen})$$

Entonces, conociendo el peso molecular del NaCl (P.M. = 58,44g/mol), se obtuvieron los siguientes valores de masa:

Tabla 3. Masas calculadas en gramos para los tratamientos salinos.

Tratamiento salino	Masa calculada (g)
T1	0.511
T2	1.022
T3	1.534
T4	2.045

Medición de la conductividad eléctrica: Una vez obtenidas las soluciones preparadas, se hizo la medición de la conductividad eléctrica (C.E.) de cada tratamiento con un medidor multiparámetro y se tomó registro de ello. Además, se calculó la C.E. de manera teórica a partir de la equivalencia en partes por millón (ppm) que tiene la concentración molar de cada tratamiento (molaridad). Para ello, se utilizó un enlace de conversión (<https://www.easycalculation.com/unit-conversion/ppm-microsiemens-conversion.php>).

Tabla 4. Mediciones de Conductividad Eléctrica a temperatura ambiente (25°C) con el multiparámetro y valores calculados a partir de la equivalencia ppm.

Tratamiento	Molaridad (mM)	Equivalencia en ppm	C.E. a 25°C (multiparámetro)	C.E. teórico (calculado)
TC	0	--	0.79 μ S/cm	--
T1	35	2045.4	3.53 mS/cm	3.19 mS/cm
T2	70	4090.8	6.71 mS/cm	6.38 mS/cm
T3	105	6136.2	9.71 mS/cm	9.57 mS/cm
T4	140	8181.6	12.54 mS/cm	12.76 mS/cm

Desinfección de semillas: Se utilizó hipoclorito de sodio (lejía) al 0.5%, se remojaron las semillas por cinco minutos. Luego, se enjuagó con agua destilada tres veces para quitar el cloro de las semillas.

Siembra: Una vez desinfectadas las semillas y ya preparadas las placas Petri con el papel filtro para la retención de humedad, se distribuyeron con ayuda de una pinza metálica las semillas en la placa. Según por tratamiento, se atomizó con las soluciones salinas preparadas correspondientes cada dos días para mantener la humedad del sustrato y según los requerimientos del ensayo lo demandaron. Finalmente, se rotuló cada placa y según el diseño

experimental se posicionaron dentro de la cámara germinadora con las siguientes condiciones microambientales: Temperatura: $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$; Humedad Relativa: 75 - 80% y Fotoperiodo: 14 horas de luz/ 10 horas oscuridad. La fuente de luz de la cámara germinadora fueron tubos fluorescentes blancos. Se eligieron y programaron tales condiciones según lo reportado para temperatura y humedad relativa por Chemonics (2008) y Curtis (2013), y para fotoperiodo por Vézina *et al.* (1991) y Demers *et al.* (1998).

Evaluación periódica y registro de datos: Se tomó registro de manera interdiaria, siendo el conteo inicial a los cinco días después de la siembra (DDS) según Rao *et al.* (2007), contando el número de semillas germinadas por cada día de evaluación, hasta el conteo final a los 19 días. La germinación de una semilla se consideró según lo establecido por la Asociación Internacional de Ensayos de Semillas (ISTA, 2014).

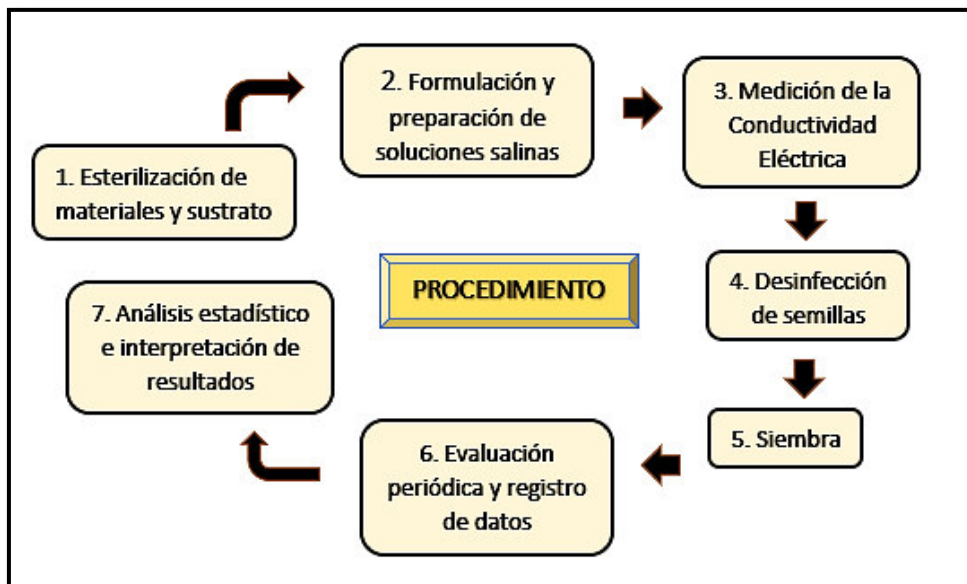


Figura 5. Flujograma del procedimiento mostrando la secuencia de las actividades.

IV.4. Análisis estadístico

Para la tabulación de los datos y las gráficas se usó la estadística descriptiva usando el programa Excel. Para el análisis inferencial se usó el programa estadístico R (R Core Team, 2020) con un nivel de significancia de 0.05. Además, se hizo la transformación angular arcoseno con la finalidad de evaluar los datos con valores porcentuales para la estadística inferencial (Steel y Torrie, 1985; Pimentel, 1990; Ranal *et al.*, 2009). Las pruebas realizadas fueron las de normalidad, análisis de varianza, comparación múltiple y análisis correlacional lineal.

V. RESULTADOS

La estadística descriptiva nos permitió evaluar de manera preliminar los resultados obtenidos para los tratamientos. Se observó el pico de la germinación, el cual representa el día en el que germinaron el mayor número de semillas (Figura 6). Tanto el tratamiento control como el T1 (35mM) alcanzaron el pico de la germinación en la primera evaluación a los 9DDS, representando un inicio de germinación más temprano con un pico de germinación promedio de 39.75 semillas y 30 semillas, respectivamente. En el tratamiento de concentración salina intermedia (T2), observamos que el pico de la germinación se encuentra entre la primera y segunda evaluación (9DDS y 11DDS) con 16 semillas germinadas como máximo en una evaluación; y en el tratamiento T3 se observa que el pico de la germinación alcanzó un valor de 5 semillas germinadas como máximo en la penúltima evaluación, a los 17DDS, haciéndose más notorio el efecto del tratamiento conforme aumenta la salinidad.

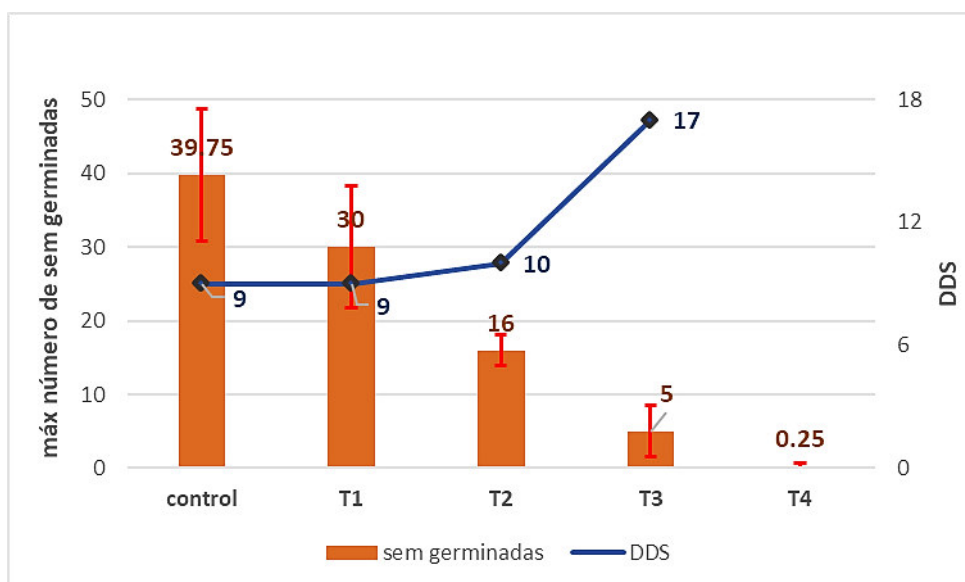


Figura 6. Gráfica de barras del pico de la germinación señalando el máximo número de semillas germinadas y la evaluación en la que se registró (DDS) según los tratamientos (promedios \pm DE).

Estadística inferencial

La prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para todas las variables indicó que no se ajustan a una distribución normal (Anexo 15), por lo que se aplicó pruebas no paramétricas: la prueba de Kruskal Wallis para el análisis de varianza y la prueba de correlación de Spearman para el análisis correlacional.

V.1. Viabilidad

En relación con la variable **Capacidad Germinativa**, se muestra que a medida que la concentración salina aumenta el porcentaje de germinación final disminuye (Figura 7). El tratamiento control (TC) obtuvo valores porcentuales de 97.5% siendo el mayor valor porcentual obtenido. Luego siguen los tratamientos con concentraciones salinas crecientes T1 (95%), T2 (77%), T3 (22.5%) y T4 (1%), en ese mismo orden.

El análisis de varianza demostró que la variable presenta diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con un **p = 0.001671** (Anexo 16). Al hacer una prueba de comparación entre tratamientos, vemos que se forman 3 grupos, donde el tratamiento control (TC) y el tratamiento T1 (35mM) no se diferencian significativamente. El tratamiento T2 (70mM) forma un solo grupo, y el tratamiento T3 (105mM) y T4 (140mM) forman otro único grupo no diferenciándose significativamente.

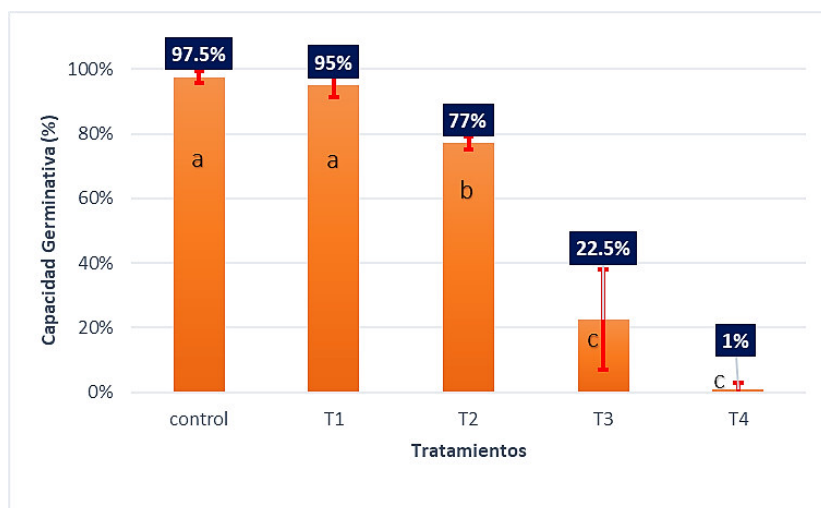


Figura 7. Gráfica de barras de la Capacidad Germinativa de los tratamientos en valores porcentuales (promedios \pm DE).

V.2. Vigor

En relación con la variable **Tiempo de Inicio de germinación**, se muestra que el mayor tiempo se alcanzó en el tratamiento T4 de mayor concentración salina, con un tiempo equivalente a 17 días, seguido por el tratamiento T3 con un tiempo de 12 días, y el resto de los tratamientos (T2, T1 y TC) mostraron el mismo tiempo de inicio de germinación de 9 días, pudiéndose observar una primera semilla germinada al noveno día (Figura 8). De la misma manera, se observan los mismos resultados para el análisis de varianza presentando diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con un $p = 0.004944694$ (Anexo 17). Al hacer una prueba de comparación entre tratamientos, vemos que se forman 3 grupos, donde los tratamientos TC, T1 y T2 no se diferencian significativamente al presentar el mismo valor. El tratamiento T3 forma un solo grupo, y el tratamiento T4 forma otro único grupo, coincidiendo con la gráfica de la figura 8.

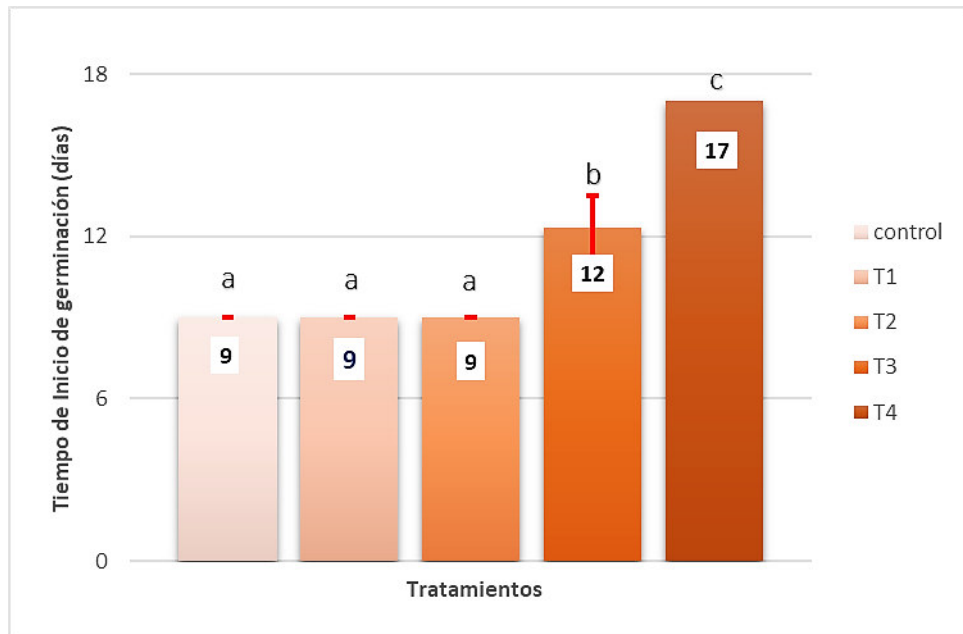


Figura 8. Gráfica de barras del Tiempo de Inicio de germinación (TI) de los tratamientos expresado en días (promedios \pm DE).

En relación con la variable **Índice de Velocidad de Germinación**, la figura 9 muestra que el mayor valor se obtuvo en el tratamiento control con un resultado de 5.12 (semillas germinadas/ día), que se interpreta como el número de semillas que germinan al día. Seguido por los tratamientos T1 (4.81), T2 (3.60), T3 (0.70) y T4 (0.04), en ese mismo orden decreciente. El análisis de varianza mostró diferencia estadística significativa entre los tratamientos con **un $p = 0.001730175$** (Anexo 18). Al hacer una prueba de comparación entre tratamientos, vemos que se forman 3 grupos, donde el tratamiento control TC y el tratamiento T1 no se diferencian significativamente, ya que sus valores numéricos se aproximan mucho a un IVG de 5 semillas germinadas/día. El tratamiento T2 forma un solo grupo, y el tratamiento T3 y T4 forman otro único grupo no diferenciándose significativamente, ya que sus valores fueron los más bajos y casi nulos, significando que germina una o ninguna semilla al día.

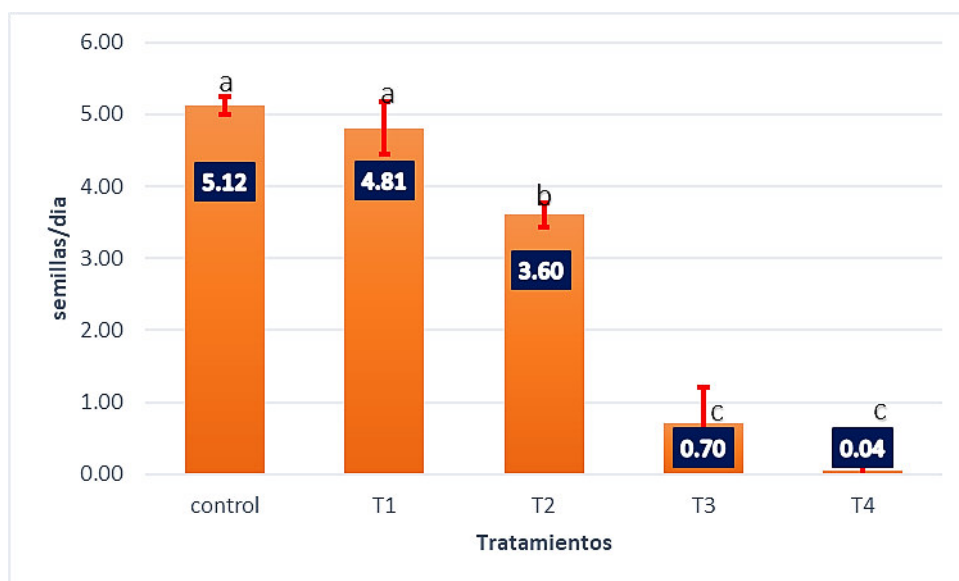


Figura 9. Gráfica de barras del Índice de Velocidad de Germinación (IVG) de los tratamientos expresado en semillas germinadas/día (promedios \pm DE).

En relación con la variable **Tiempo Promedio de Germinación**, la figura 10 muestra que el mayor tiempo se obtuvo en el tratamiento de mayor concentración salina, el tratamiento T4 con 18 días, seguido por el tratamiento T3 (16.24 días), T2 (11.02 días), T1 (10.16 días) y por último el tratamiento control TC (9.76 días), en ese mismo orden decreciente. El análisis de varianza mostró diferencia estadística significativa entre los tratamientos con un $p = 0.01296682$ (Anexo 19). Al hacer una prueba de comparación entre tratamientos, vemos que se forman 3 grupos, donde el tratamiento control TC y el tratamiento T1 no se diferencian significativamente. El tratamiento T2 forma un solo grupo, y el tratamiento T3 y T4 forman otro único grupo no diferenciándose significativamente.

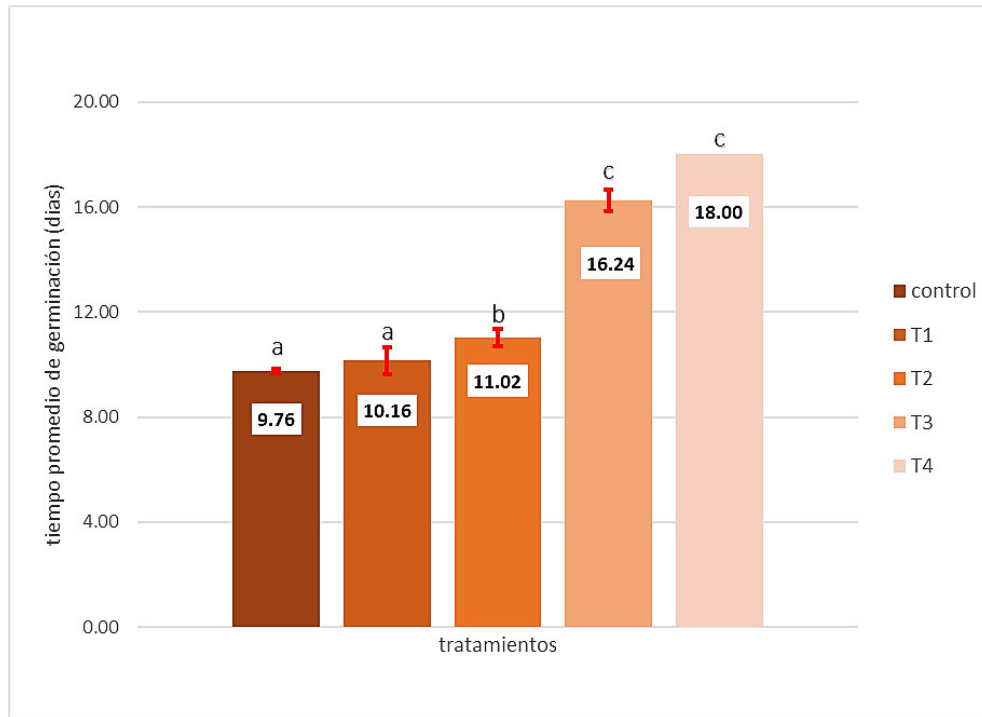


Figura 10. Gráfica de barras del Tiempo Promedio de Germinación (TPG) de los tratamientos expresado en días (promedios \pm DE).

V.3. Análisis Correlacional

Se hizo el análisis correlacional de Spearman para ver el grado de asociación lineal entre las variables en estudio. Los adjetivos para la interpretación del coeficiente de correlación fueron usados de acuerdo con Vieira (2008). En la tabla 5, se observa que todas las relaciones fueron estadísticamente significativas para $p \leq 0.05$, además se muestran los valores de los coeficientes de correlación (r).

Tabla 5. Análisis de Correlación de Spearman entre las variables en estudio. CGt = Capacidad Germinativa; IVG = Índice de Velocidad de Germinación; TPG = Tiempo Promedio de Germinación; TI = Tiempo de Inicio de germinación. * = significativo ($p \leq 0.05$)

Coeficientes de correlación (Spearman)				
Variables	CGt	IVG	TPG	TI
CGt	1	0.993 *	-0.942 *	-0.76 *
IVG		1	-0.963 *	-0.754 *
TPG			1	0.756 *
TI				1

Se presentan los siguientes gráficos obtenidos a partir de la asociación entre las variables:

La figura 11 muestra el diagrama de dispersión entre las variables Capacidad Germinativa e Índice de Velocidad de Germinación, la cual muestra una correlación positiva fuerte ($r = 0.993$, $p = 3.136e-14$).

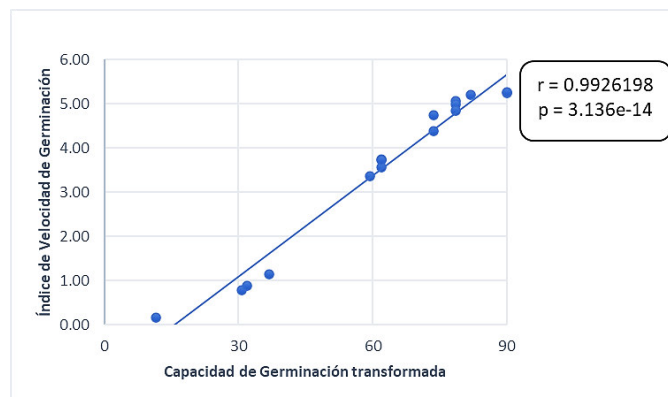


Figura 11. Diagrama de dispersión entre las variables Capacidad Germinativa (CGt) e Índice de Velocidad de Germinación (IVG).

La figura 12 muestra el diagrama de dispersión entre las variables Capacidad Germinativa y Tiempo Promedio de Germinación, la cual muestra una correlación negativa fuerte ($r = -0.942$, $p = 4.984e-08$).

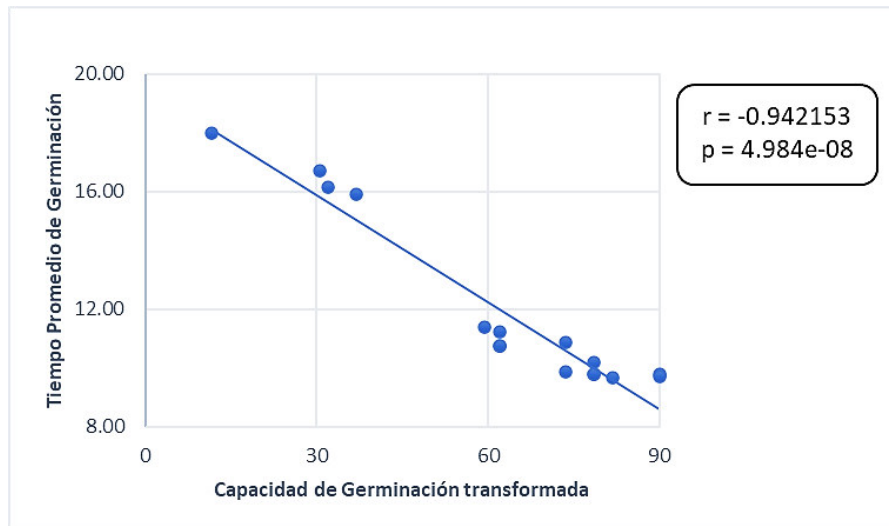


Figura 12. Diagrama de dispersión entre las variables Capacidad Germinativa (CGt) y Tiempo Promedio de Germinación (TPG).

La figura 13 muestra el diagrama de dispersión entre las variables Capacidad Germinativa y Tiempo de Inicio de germinación, la cual muestra una correlación negativa fuerte ($r = -0.76$, $p = 0.0006337$).

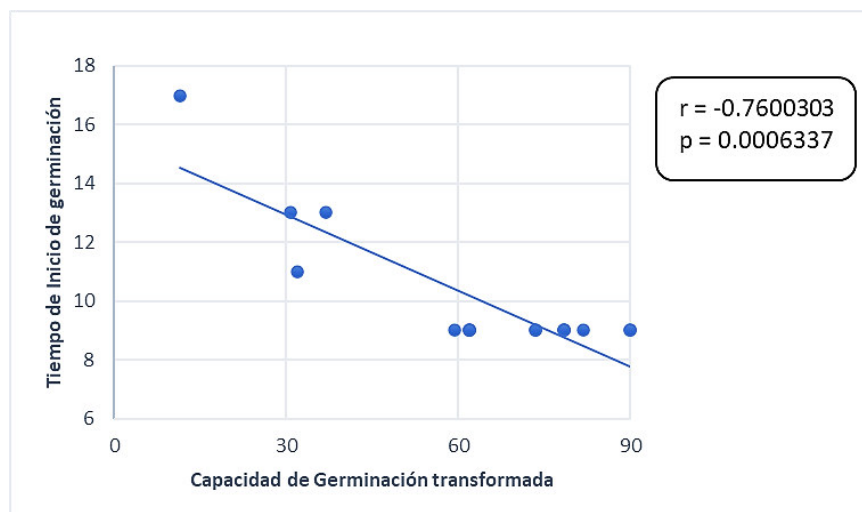


Figura 13. Diagrama de dispersión entre las variables Capacidad Germinativa (CGt) y Tiempo de Inicio de germinación (TI).

La figura 14 muestra el diagrama de dispersión entre las variables Tiempo Promedio de Germinación e Índice de Velocidad de Germinación, la cual muestra una correlación negativa fuerte ($r = -0.963$, $p = 2.231e-09$).

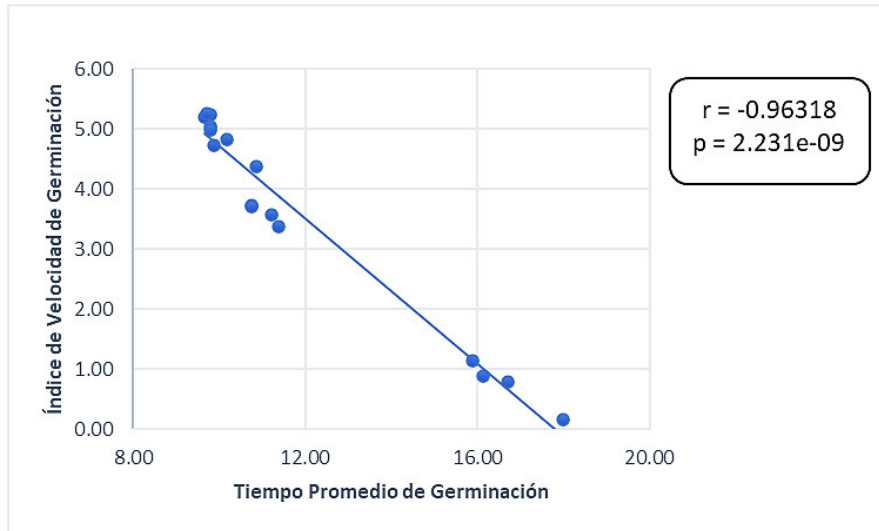


Figura 14. Diagrama de dispersión entre las variables Tiempo Promedio de Germinación (TPG) e Índice de Velocidad de Germinación (IVG).

La figura 15 muestra el diagrama de dispersión entre las variables Tiempo Promedio de Germinación y Tiempo de Inicio de germinación, la cual muestra una correlación positiva fuerte ($r = 0.756$, $p = 0.0007123$).

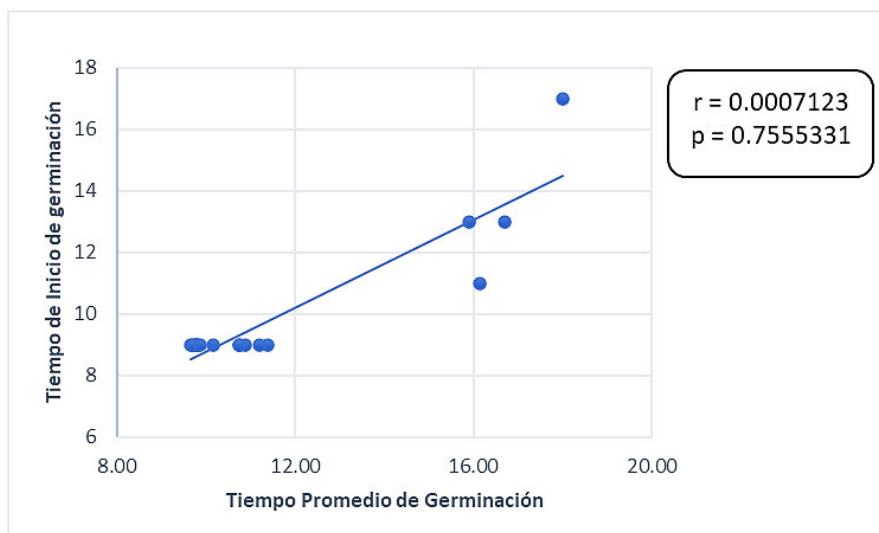


Figura 15. Diagrama de dispersión entre las variables Tiempo Promedio de Germinación (TPG) y Tiempo de Inicio de germinación (TI).

La figura 16 muestra el diagrama de dispersión entre las variables Índice de Velocidad de Germinación y Tiempo de Inicio de germinación, la cual muestra una correlación negativa fuerte ($r = -0.754$, $p = 0.0007329$).

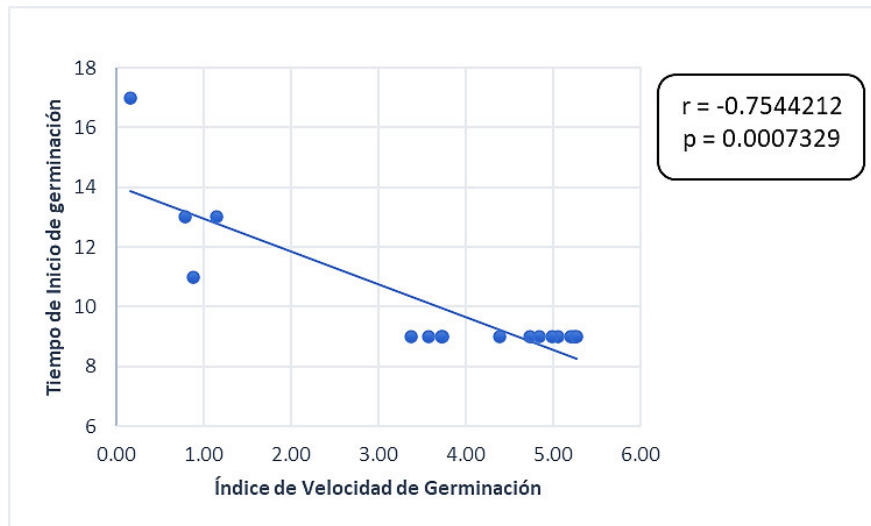


Figura 16. Diagrama de dispersión entre las variables Índice de Velocidad de Germinación (IVG) y Tiempo de Inicio de germinación (TI).

VI. DISCUSIÓN

VI.1. Determinación de la Viabilidad

Capacidad Germinativa (CG)

Diferentes autores (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999; Goykovic Cortés y Saavedra del Real, 2007; Cortés *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2014; Benavides Sadaka, 2015) reportan la misma relación inversa entre el aumento de la concentración salina y la disminución del porcentaje de germinación final, debido a que a medida que el estrés salino crece se dificulta la absorción de agua por el factor osmótico que ejerce la sal y el factor iónico de esta última. Bradford (1995) señala que las sales pueden ser absorbidas por las semillas pero que reflejan un gradiente de potencial alterado y efectos tóxicos en algunos casos, tal como se visualiza principalmente en los tratamientos de concentraciones salinas mayores probados en este experimento, 105mM y 140mM (T3 y T4, respectivamente), porque se observa que hay una aparente emergencia de la radícula en la semilla con la presencia de radículas atrofiadas; sin embargo, la toxicidad de los iones de la sal limita más el crecimiento y el curso de la germinación por lo que no se concreta el establecimiento de una plántula normal. Este estrés iónico implica una acumulación excesiva e infrecuente de iones que derivan en un desbalance nutricional, además de causar un desequilibrio de las especies reactivas de oxígeno ROS, conocido como estrés oxidativo (Chinnusamy *et al.*, 2005).

VI.2. Determinación del Vigor

Tiempo de Inicio de germinación (TI)

Estos resultados coinciden con los obtenidos en trabajos anteriores (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999; Goykovic Cortés y Saavedra del Real, 2007), los

cuales también confirman la dilatación del proceso germinativo con el aumento de la concentración salina en tomate cherry. Así como también lo obtenido por Cuartero y Fernández-Muñoz (1999), en donde las semillas puestas en la máxima concentración salina (140 mM) germinaron en el doble de días de las que germinaron en un medio sin sal. Asimismo, este incremento en el número de días que se necesita para observar la germinación en los tratamientos refleja una disminución del vigor de las semillas (Brown y Mayer, 1988; González-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996), porque retarda el inicio del proceso en gran medida (Foolad, 1996; Foolad y Lin, 1997). Por ello, las semillas en presencia de sales necesitan generar suficiente potencial osmótico para mejorar el estado del agua del embrión (Jones, 1986).

Índice de Velocidad de Germinación (IVG)

A medida que aumenta la concentración salina, se reduce la velocidad de germinación de las semillas (Foolad, 1996; Foolad y Lin, 1997; Cavatte, *et al.*, 2004; Kappes *et al.*, 2009; Singh *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2014; La Rosa *et al.*, 2016). Y ello se debe a que el factor osmótico limita tanto la disponibilidad del agua al hacer más dificultoso la absorción de esta en presencia de sales (Tadeo y Gómez-Cadenas, 2013). Sin embargo, a partir del tratamiento T3, se observa que la presencia de sales a tal concentración impide casi por completo la absorción de agua, por ende, el número de semillas germinadas al día es muy bajo o casi nulo para el tratamiento de mayor concentración salina (T4).

Tiempo Promedio de Germinación (TPG)

Los resultados demuestran que la concentración salina afecta el Tiempo Promedio de Germinación, no solo porque retrasa su inicio, sino porque aumenta la dispersión con la que se dan los eventos de germinación durante el tiempo de evaluación (Foolad, 1996; Foolad y Lin, 1997). Y ello coincide con

trabajos anteriormente realizados en la misma especie de estudio, en los que se concluye que el tiempo para llevar a cabo este proceso germinativo se prolonga a medida que la concentración salina aumenta (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999; Goykovic Cortés y Saavedra del Real, 2007).

VI.3. Análisis Correlacional

CGt vs IVG

Esta relación coincide con Dorneles *et al.* (2005), quienes también encontraron correlaciones significativas y muy altas entre la germinabilidad (porcentaje de germinación final) y algunas medidas de velocidad (como el Índice de Velocidad de Germinación). Lo mismo respaldó Martínez Solís *et al.* (2010), encontrando correlación positiva entre ambas medidas cuando evaluaron el vigor en diferentes tamaños de muestra en líneas de maíz. Esto significa que a medida que aumenta la Capacidad Germinativa aumenta el Índice de Velocidad de Germinación, es decir que existe asociación entre la cantidad total de semillas que germinan y la velocidad con la que ocurre el proceso.

CGt vs TPG

Esto significa que a medida que aumenta la Capacidad Germinativa disminuye el Tiempo Promedio de Germinación, es decir que placas con mayores porcentajes de semillas germinadas muestran menores tiempos requeridos para alcanzar la germinación máxima. Y ello coincide con el trabajo de Santana y Ranal (2006), que indica una asociación lineal entre estas dos variables cuando aplicaron diseños experimentales a la germinación de semillas en *Brassica* y *Matayba*.

CGt vs TI

La Capacidad Germinativa aumenta a medida que disminuye el Tiempo de Inicio de germinación, y ello se observó cuando las placas con mayor cantidad de semillas germinadas registraron menores tiempos para dar inicio al proceso germinativo, es decir, con tiempos más tempranos.

TPG vs IVG

Esto significa que a medida que aumenta el Tiempo Promedio de Germinación disminuye el Índice de Velocidad de Germinación, es decir que las placas con semillas con menor velocidad de germinación consecuentemente tardarán más tiempo en culminar el proceso de germinación, lo cual también fue corroborado en el trabajo de Dorneles *et al.* (2005).

TPG vs TI

Esto significa que a medida que el Tiempo Promedio de Germinación aumenta el Tiempo de Inicio de germinación también aumenta, es decir que aquellas placas con semillas que demoran más en alcanzar su máxima germinación se relacionan con inicios más tardíos del proceso de germinación, debido a que se dilata más el tiempo en el inicio y por ende la culminación.

IVG vs TI

Por último, esta relación indica que a medida que aumenta el Índice de Velocidad de Germinación disminuye el Tiempo de Inicio de germinación, esto quiere decir que las placas con semillas con mayores velocidades de germinación tuvieron una germinación más temprana. Ello es señalado por Matthews y Khajeh Hosseini (2006), quienes indican que una germinación temprana puede ser el resultado de una tasa de crecimiento más rápido, porque la velocidad influyó en el inicio del proceso.

Entonces, luego de analizar la correlación entre las variables, se interpreta que una muestra con semillas con un alto porcentaje de germinación final esta correlacionado con una mayor velocidad de germinación, un inicio más temprano del proceso germinativo y una menor propagación de la germinación en el tiempo.

VII. CONCLUSIONES

- La germinación de las semillas de tomate Cherry bajo condiciones de salinidad (NaCl) se ve afectada negativamente a partir de concentraciones mayores a 70mM, reflejado en la disminución de la viabilidad y el vigor.
- La viabilidad de las semillas calculada con la Capacidad Germinativa se ve afectada con el incremento de la concentración salina.
- El vigor de las semillas calculado a través del Índice de Velocidad de Germinación, el Tiempo Promedio de Germinación y el Tiempo de Inicio de germinación, disminuye cuando aumenta la concentración salina, por lo que las semillas tendrán una menor velocidad, una mayor propagación en el tiempo y un inicio tardío.
- Existe una relación entre la cantidad de semillas que germinan con la velocidad del proceso, el tiempo de inicio y la duración de la germinación, por lo que la viabilidad y el vigor son conceptos que se encuentran muy ligados y que nos permiten estudiar el comportamiento germinativo.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se sugiere seleccionar las plántulas obtenidas bajo tratamientos salinos y cultivarlas hasta que alcancen el estado fenológico que permita la cosecha de los frutos y la obtención de semillas para replicarles el experimento y evaluar su viabilidad y el vigor.
- Se sugiere realizar un estudio posterior al experimento acondicionando las semillas que no germinaron en condiciones que favorezcan el proceso germinativo para conocer más al detalle la respuesta fisiológica después del estrés salino.
- Se sugiere realizar la instalación del experimento en condiciones de invernadero y campo para comparar los rendimientos en diferentes condiciones ambientales.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AL HASSAN, M., FUERTES, M.M., SÁNCHEZ, F.J.R., VICENTE, O. y BOSCAIU, M., 2015. Effects of Salt and Water Stress on Plant Growth and on Accumulation of Osmolytes and Antioxidant Compounds in Cherry Tomato. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, vol. 43, no. 1, p. 1-11. ISSN 1842-4309. Disponible en: <https://doi.org/10.15835/nbha4319793>
2. ALVA, C.A., ALPHEN, J. van y DE LA TORRE, A., 1976. Problemas de drenaje y salinidad en la costa peruana. S.I.: ILRI.
3. BENAVIDES SADAKA, P.I., 2015. "Capacidad germinativa del genotipo de tomate floradade (*Lycopersicon esculentum* MILL.) en condiciones de estrés salino en diferentes fotoperiodos". B.S. thesis. S.I.: La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015.
4. BERGOUGNOUX, V., 2014. The history of tomato: from domestication to biopharming. *Biotechnology advances*, vol. 32, no. 1, p. 170-189.
5. BEWLEY, J.D. y BLACK, M., 1985. Seeds. Physiology of Development and Germination. S.I.: Springer Science & Business Media.
6. BEWLEY, J.D., BRADFORD, K.J., HILHORST, H.W.M. y NONOGAKI, H., 2013. Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy, 3rd Edition [en línea]. New York, NY: Springer. [consulta: 1 febrero 2023]. ISBN 978-1-4614-4692-7. Disponible en: <https://link.springer.com/10.1007/978-1-4614-4693-4>.
7. BRADFORD, K.J., 1995. Water Relations in Seed Germination. En: J. KIGEL y G. GALILI (eds.), *Seed Development and Germination*. S.I.: Marcel Dekker, p. 351-396. ISBN 978-1-351-41732-7.
8. BROWN, R.F. y MAYER, D.G., 1988. Representing cumulative germination. 1. A critical analysis of single-value germination indices. *Annals of Botany*, vol. 61, no. 2, 117-125.
9. CAVATTE, Paulo Cesar; LOPES, José Carlos; LIMA, Edílson de Araújo. Efeito do estresse salino e da temperatura na germinação, no vigor de sementes e no desenvolvimento de plântulas de tomate. *Viii Encontro Latino Americano De Iniciação Científica*, 2004, p. 562-564.
10. CHANG, Raymond, 2013. *Química (11a. ed. edición)*. China: MacGraw-Hill. p. 145. ISBN 978- 607-15-0928-4.
11. CHEMONICS, I., 2008. Programa de Diversificación Hortícola Proyecto de Desarrollo de la Cadena de Valor y Conglomerado Agrícola. *Manual del Cultivo de Tomate*, 1 (1), p. 1-32.
12. CHINNUSAMY, V., JAGENDORF, A. y ZHU, J.-K., 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop science*, vol. 45, no. 2, p. 437-448.

13. COPELAND, L.O. y MCDONALD, M.F., 2012. *Principles of Seed Science and Technology*. S.l.: Springer Science & Business Media. ISBN 978-1-4615-1619-4.
14. CORTÉS, V.G., ALANOCA, P.N. y LLAVE, M.C., 2014. Efecto de la salinidad sobre la germinación y crecimiento vegetativo de plantas de tomate silvestres y cultivadas. *Interciencia*, vol. 39, no. 7, p. 511-514.
15. COURTIS, A.C., 2013. Cátedra de Fisiología Vegetal. *Fisiología Vegetal*, vol. 1, p. 1-22.
16. CUARTERO, J. y FERNÁNDEZ-MUÑOZ, R., 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae*, vol. 78, no. 1, ISSN 0304-4238. DOI 10.1016/S0304-4238(98)00191-5.
17. CUARTERO, J., BOLARÍN, M.C., ASÍNS, M.J. y MORENO, V., 2006. Increasing salt tolerance in the tomato. *Journal of Experimental Botany*, vol. 57, no. 5, ISSN 0022-0957. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jxb/erj102>
18. CUARTERO, J., YEO, A.R. y FLOWERS, T.J., 1992. Selection of donors for salt-tolerance in tomato using physiological traits. *New Phytologist*, vol. 121, no. 1, ISSN 1469-8137. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1992.tb01093.x>.
19. DEMERS, D.-A., DORAIS, M., WIEN, C.H. y GOSSELIN, A., 1998. Effects of supplemental light duration on greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants and fruit yields. *Scientia Horticulturae*, vol. 74, no. 4, p. 295-306.
20. DÍEZ, María José y NUEZ, Fernando. Tomato. *Vegetables II: fabaceae, liliaceae, solanaceae, and umbelliferae*, 2008, p. 249-323.
21. DORNELES, M.C., RANAL, M.A. y SANTANA, D.G., 2005. Germinação de diásporos recém-colhidos de Myracrodruon urundeuva Allemão (Anacardiaceae) ocorrente no cerrado do Brasil Central. *Brazilian Journal of Botany*, vol. 28, p. 399-408.
22. EBERT, A.W. y SCHAFLEITNER, R., 2015. Utilization of Wild Relatives in the Breeding of Tomato and Other Major Vegetables. En: R. ROBERT, Y. S. S., M. N., D. M.E., G. L. y S. P. (eds.), *Crop Wild Relatives and Climate Change* [en línea]. S.l.: John Wiley & Sons, Ltd, pp. 141-172. [consulta: 21 marzo 2021]. ISBN 978-1-118-85439-6. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118854396.ch9>.
23. ELLINGER, S., ELLINGER, J. y STEHLE, P., 2006. Tomatoes, tomato products and lycopene in the prevention and treatment of prostate cancer: do we have the evidence from intervention studies? *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, vol. 9, no. 6, ISSN 1363-1950. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/01.mco.0000247470.64532.34>
24. FAO STATISTICAL DATABASES, 2021. FAOSTAT. *Food and Agriculture Organization of the United Nations* [en línea]. [consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>.

25. FAO. 2014. *Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura*. Edición revisada. Roma.
26. FAO, [sin fecha]. More information on Salt-affected soils | FAO SOILS PORTAL. *Food and Agriculture Organization of the United Nations* [en línea]. [consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/management-of-some-problem-soils/salt-affected-soils/more-information-on-salt-affected-soils/en/>.
27. FERREIRA, Paulo A.; SILVA, J. B. L.; RUIZ, Hugo A. Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas. *Manejo da salinidade na agricultura*, 2016, vol. 2, p. 17-34.
28. FOOLAD, M.R., 2007. Current Status Of Breeding Tomatoes For Salt And Drought Tolerance. En: M.A. JENKS, P.M. HASEGAWA y S.M. JAIN (eds.), *Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops* [en línea]. Dordrecht: Springer Netherlands, p. 669-700. [consulta: 22 marzo 2021]. ISBN 978-1-4020-5578-2. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5578-2_27.
29. FOOLAD, M.R., 2004. Recent Advances in Genetics of Salt Tolerance in Tomato. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, vol. 76, no. 2, ISSN 1573-5044. Disponible en: <https://doi.org/10.1023/B:TICU.0000007308.47608.88>
30. FOOLAD, M.R., 1996. Response to selection for salt tolerance during germination in tomato seed derived from PI 174263. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, vol. 121, no. 6, p. 1006-1011.
31. FOOLAD, M.R. y LIN, G.Y., 1997. Genetic Potential for Salt Tolerance During Germination in Lycopersicon Species. *HortScience*, vol. 32, no. 2, ISSN 0018-5345, 2327-9834. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.32.2.296>
32. FOX, E., 2013. "Evaluación de pérdida de suelo por salinización en la parte baja de la cuenca del Jequetepeque: San Pedro de Lloc (1980-2003)". PhD Thesis. S.I.: Tesis de Licenciatura en Geografía y Medio Ambiente, Facultad de Letras y Ciencias Humanas. PUCP, Lima.
33. GHEYI, H.R., DA SILVA DIAS, N. y DE LACERDA, C.F., 2016. *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. S.I.: INCTSal Fortaleza.
34. GONZÁLEZ-ZERTUCHE, L. y OROZCO-SEGOVIA, A., 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, vol. 58, p. 15-30. Disponible en: <https://doi.org/10.17129/botsci.1484>
35. GOYKOVIC CORTÉS, V. y SAAVEDRA DEL REAL, G., 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *Idesia (arica)*, vol. 25, no. 3, p. 47-58.
36. HERNÁNDEZ ARAUJO, J.A., 2012. "Bio recuperación de suelos salinos con el uso de materiales orgánicos". [en línea]. phd. S.I.: E.T.S.I. Agrónomos (UPM).

[consulta: 1 febrero 2023]. Disponible en: <https://oa.upm.es/14869/>.

37. HURTADO DELGADO, Dilmer Alexander. “Eficiencia de biorrecuperación mediante enmienda orgánica incorporada en el suelo salino de la ladera del Establo Agropecuaria Villa Asís SRL comunidad autogestionaria Huaycán–Ate Vitarte”. 2019. UPEU, Lima.
38. IGARTUA, E., 1995. Choice of selection environment for improving crop yields in saline areas. *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 91, no. 6, p. 1016-1021. ISSN 1432-2242. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF00223914>
39. ISTA. 2018. *ISTA handbook on seedling evaluation*. Int. Seed Testing Assoc., Bassersdorf, Switzerland.
40. ISTA. 2014. *International Rules for Seed Testing, 2014 edition*; ISTA: Zürich, Switzerland.
41. JONES, R.A., 1986. High salt tolerance potential in *Lycopersicon* species during germination. *Euphytica*, vol. 35, no. 2, p. 575-582. ISSN 1573-5060. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF00021866>
42. KAPPES, C., DA COSTA ANDRADE, J.A., HAGA, K.I., FERREIRA, J.P. y ARF, M.V., 2009. Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico. *Scientia agraria*, vol. 11, no. 2, p. 125-134.
43. KARAN, R. y SUBUDHI, P.K., 2012. Approaches to Increasing Salt Tolerance in Crop Plants. En: P. AHMAD y M.N.V. PRASAD (eds.), *Abiotic Stress Responses in Plants: Metabolism, Productivity and Sustainability* [en línea]. New York, NY: Springer, pp. 63-88. [consulta: 21 marzo 2021]. ISBN 978-1-4614-0634-1. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0634-1_4.
44. LA ROSA, R., ANAYA, E., FLORES, Z., BEJARANO, M., BRITO, L. y PÉREZ, E., 2016. Germinación de *Chenopodium pallidicaule* Aelle “kañiwa” bajo diferentes condiciones de salinidad y temperatura. *The Biologist (Lima)*, vol. 14, no. 1, p. 5-10. Disponible en: <https://doi.org/10.24039/rbt201614180>
45. LEÓN-GARCÍA, E., DEL ÁNGEL CORONEL, O.A., VELA-GUTIÉRREZ, G., DE LA CRUZ MEDINA, J. y GARCÍA, H.S., 2017. Tomato (*Solanum lycopersicum*). En: E.M. YAHIA (ed.), *Fruit and Vegetable Phytochemicals* [en línea]. 2. S.I.: John Wiley & Sons, Ltd, pp. 1259-1278. [consulta: 21 marzo 2021]. ISBN 978-1-119-15804-2. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781119158042.ch68>.
46. LIN, Tao, et al. Genomic analyses provide insights into the history of tomato breeding. *Nature genetics*, 2014, vol. 46, no 11, p. 1220-1226.
47. LOZANO, R., GIMÉNEZ, E., CARA, B., CAPEL, J. y ANGOSTO, T., 2009. Genetic analysis of reproductive development in tomato. *International Journal of Developmental Biology*, vol. 53, no. 8-9-10, p. 1635-1648.
48. MAGUIRE, James D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 1962, vol. 2, p. 176-177.

49. MAHAJAN, S. y TUTEJA, N., 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of biochemistry and biophysics*, vol. 444, no. 2, p. 139-158.
50. MANTRI, N., PATADE, V., PENNA, S., FORD, R. y PANG, E., 2012. Abiotic Stress Responses in Plants: Present and Future. En: P. AHMAD y M.N.V. PRASAD (eds.), *Abiotic Stress Responses in Plants: Metabolism, Productivity and Sustainability* [en línea]. New York, NY: Springer, pp. 1-19. [consulta: 16 mayo 2021]. ISBN 978-1-4614-0634-1. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0634-1_1.
51. MARTÍNEZ SOLIS, J., VIRGEN VARGAS, J., PEÑA ORTEGA, M. G., y SANTIAGO ROMERO, A. Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2010, vol. 1, no 3, p. 289-304.
52. MARTÍNEZ, J., ANTÚNEZ, A., PERTUZÉ, R., ACOSTA, M., PALMA, X., FUENTES, L., AYALA, A., ARAYA, H. y LUTTS, S., 2012. Effects of saline water on water status, yield and fruit quality of wild (*solanum chilense*) and domesticated (*solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) tomatoes. *Experimental Agriculture*, vol. 48, no. 4, p. 573-586. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/S001447971200066X>
53. MARTÍNEZ-CUENCA, Mary-Rus, et al. Adaptation to Water and Salt Stresses of *Solanum pimpinellifolium* and *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*. *Agronomy*, 2020, vol. 10, no 8, p. 1169. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agronomy10081169>
54. MASSON, M. L. (1973). Evaluación de la Salinidad en el Perú. Evaluación y control de degradación de tierras en zonas áridas de América Latina. *Boletín Latinoamericano sobre Fomento de Tierras y Aguas*, 6, p. 363-384.
55. MATTHEWS, S. y KHAJEH HOSSEINI, M., 2006. Mean germination time as an indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed science and technology*, vol. 34, no. 2, p. 339-347.
56. MINAM. 2011. La desertificación en el Perú: Cuarta Comunicación Nacional del Perú a la Convención de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. Disponible en: <http://repositoriodigital.minam.gob.pe/xmlui/handle/123456789/200>
57. MIDAGRI. 2021. TOMATE Semana Nacional de Frutas y Verduras 2021. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1828921/Dossier%20Tomate.pdf>
58. MORENO, Ernesto. *Análisis físico y biológico de semillas agrícolas*. UNAM, 1984.
59. MUNNS, R., 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, vol. 167, no. 3, ISSN 1469-8137. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01487.x>.
60. MUNNS, R. y TESTER, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev.*

Plant Biol., vol. 59, p. 651-681.

61. OKOROGBONA, A.O.M., MANAGA, L.R., ADEBOLA, P.O., NGOBENI, H.M. y KHOSA, T.B., 2015. Salinity and crop productivity. *Sustainable Agriculture Reviews*, vol. 17, p. 89-120.
62. PARIDA, A.K. y DAS, A.B., 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and environmental safety*, vol. 60, no. 3, p. 324-349.
63. PAVAN, S., VAN HEUSDEN, A.W. y BAI, Y., 2009. Solanum lycopersicum (Tomato). *Encyclopedia of Life Sciences* [en línea]. [consulta: 21 marzo 2021]. ISBN 978-0-470-01590-2. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9780470015902.a0003686>.
64. PERALTA, I.E., SPOONER, D.M. y KNAPP, S., 2008. Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (Solanum sect. Lycopersicoides, sect. Juglandifolia, sect. Lycopersicon; Solanaceae). *Systematic botany monographs*, vol. 84, pp. 186.
65. PIMENTEL GOMES, F., 1990. *CURSO DE ESTATISTICA EXPERIMENTAL* [en línea]. 13. Piracicaba: Livraria Nobel. [consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.passeidireto.com/arquivo/6026215/livro-curso-de-estatistica-experimental-pimentel-gomes>.
66. PINEDA MILICICH, Ricardo. Salinización de los suelos agrícolas. *Informativo Regional de Prensa*, 1997, vol. 1, no Suplemento 107, p. 11.
67. QUEZADA ZAVALA, Ximena. “Evaluación de la pérdida de suelo por salinización en la costa peruana—el caso de los distritos de San Antonio y Mala, departamento de Lima”. Repositorio de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2021. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/17864>
68. R CORE TEAM (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <https://www.R-project.org/>.
69. RANAL, M.A. y SANTANA, D.G. de, 2006. How and why to measure the germination process?. *Brazilian Journal of Botany*, vol. 29, p. 1-11.
70. RANAL, M.A., SANTANA, D.G. de, FERREIRA, W.R. y MENDES-RODRIGUES, C., 2009. Calculating germination measurements and organizing spreadsheets. *Brazilian Journal of Botany*. 2009. vol. 32, p. 849-855.
71. RANC, N., MUÑOS, S., SANTONI, S. y CAUSSE, M., 2008. A clarified position for solanum lycopersicum var. cerasiforme in the evolutionary history of tomatoes (solanaceae). *BMC Plant Biology*, vol. 8, no. 1, ISSN 1471-2229. DOI 10.1186/1471-2229-8-130.
72. RAO, N.K., HANSON, J., DULLOO, M.E., GHOSH, K., NOVELL, D. y LARINDE, M., 2007. *Manual para el Manejo de Semillas en Bancos de Germoplasma*

(*Manuales para Bancos de Germoplasma*) No. 8. S.I.: Bioersivity International. ISBN 978-92-9043-757-4.

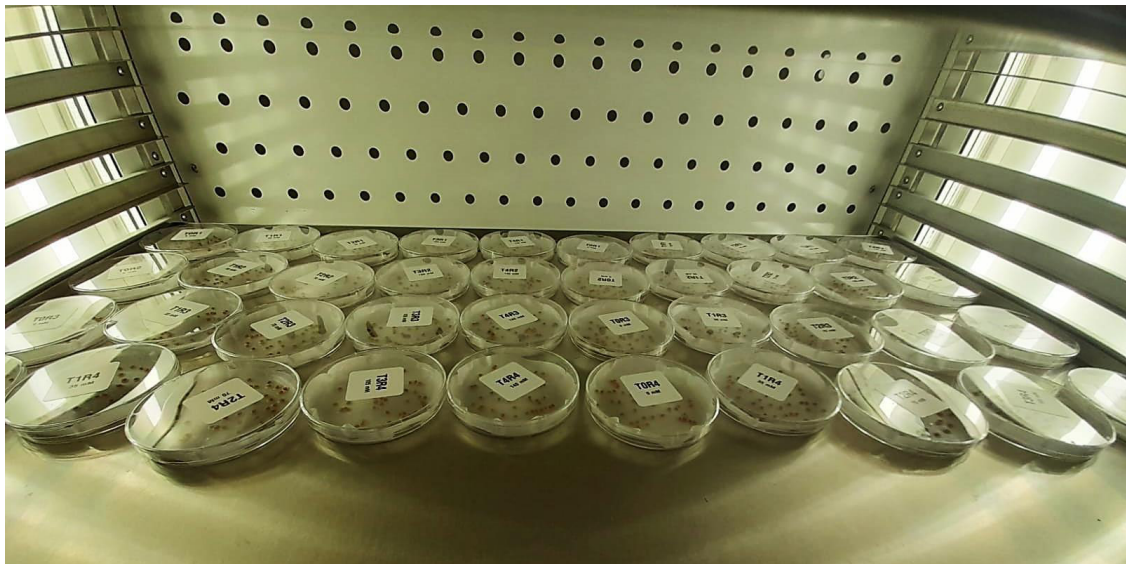
73. RICK, C.M., 1980. Tomato. Hybridization of Crop Plants [en línea]. S.I.: John Wiley & Sons, Ltd, pp. 669-680. [consulta: 20 marzo 2021]. ISBN 978-0-89118-566-6. Disponible en: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/1980.hybridizationofcrop.s.c48>.
74. RICK, C.M., 1973. Potential Genetic Resources in Tomato Species: Clues from Observations in Native Habitats. En: A.M. SRB (ed.), *Genes, Enzymes, and Populations* [en línea]. Boston, MA: Springer US, pp. 255-269. [consulta: 20 marzo 2021]. Basic Life Sciences, ISBN 978-1-4684-2880-3. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2880-3_17.
75. RUIZ ESPINOZA, F.H., VILLALPANDO GUTIÉRREZ, R.L., MURILLO AMADOR, B., BELTRÁN MORALES, F.A. y HERNÁNDEZ MONTIEL, L.G., 2014. Differential response to salinity in tomato genotypes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in early phenological stages. *Terra Latinoamericana*, vol. 32, no. 4, p. 311-323. ISSN 0187-5779.
76. SANTANA, D.G. y RANAL, M.A., 2006. Linear correlation in experimental design models applied to seed germination. *Seed Science and Technology*, vol. 34, no. 1, p. 233-239.
77. SHRIVASTAVA, P. y KUMAR, R., 2015. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, vol. 22, no. 2, p. 123-131. ISSN 1319-562X. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001>
78. SILVA JR, J.F., KLAR, A.E., TANAKA, A.A., SILVA, I.P.F.E., CARDOSO, A.E.I. y PUTTI, F.F., 2014. VIGOR DE SEMENTES DE TOMATE SUBMETIDOS A ESTRESSE HÍDRICO OU SALINO / TOMATO SEEDS VIGOR UNDER WATER OR SALT STRESS. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, vol. 8, no. 1, p. 65-72. ISSN 2359-6724. Disponible en: <https://doi.org/10.18011/bioeng2014v8n1p65-72>
79. SINGH, J., SASTRY, E.V.D. y SINGH, V., 2012. Effect of salinity on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) during seed germination stage. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, vol. 18, no. 1, p. 45-50. ISSN 0974-0430. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12298-011-0097-z>
80. SOLTANI, E., GHADERI-FAR, F., BASKIN, C.C. y BASKIN, J.M., 2015. Problems with using mean germination time to calculate rate of seed germination. *Australian Journal of Botany*, vol. 63, no. 8, p. 631-635.
81. STEEL, Robert GD y TORRIE, James H. *Bioestadística: principios y procedimientos*. McGraw-Hill, 1985.
82. STEVENS, P. F. (2001 onwards). Angiosperm Phylogeny Website. Version 14, July 2017. Disponible en: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>

83. TADEO, F.R. y GÓMEZ-CADENAS, A., 2013. Fisiología de las plantas y el estrés. En: J. AZCÓN-BIETO y M. TALÓN, *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. 2. S.l.: McGraw-Hill-Interamericana de España, pp. 577-597.
84. TAIZ, L. y ZEIGER, E., 2002. *Plant Physiology*. 3. S.l.: Sinauer Associates.
85. TANKSLEY, S.D., 2004. The Genetic, Developmental, and Molecular Bases of Fruit Size and Shape Variation in Tomato. *The Plant Cell*, vol. 16, no. suppl 1, p. S181-S189. ISSN 1040-4651, 1532-298X. Disponible en: [10.1105/tpc.018119](https://doi.org/10.1105/tpc.018119).
86. USSLS. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. S.l.: Soil and Water Conservative Research Branch, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture. pp. 176.
87. VÉZINA, F., TRUDEL, M.J. y GOSSELIN, A., 1991. Influence du mode d'utilisation de l'éclairage d'appoint sur la productivité et la physiologie de la tomate de serre. *Canadian journal of plant science*, vol. 71, no. 3, p. 923-932.
88. VIEIRA, S. (2008). *Introdução à Bioestatística*. (4th ed.). Editora Elsevier.
89. ZHANG, H.-X. y BLUMWALD, E., 2001. Transgenic salt-tolerant tomato plants accumulate salt in foliage but not in fruit. *Nature biotechnology*, vol. 19, no. 8, p. 765-768.

X. ANEXOS



Anexo 1. Viales con las semillas contabilizadas antes de la desinfección con hipoclorito de sodio.



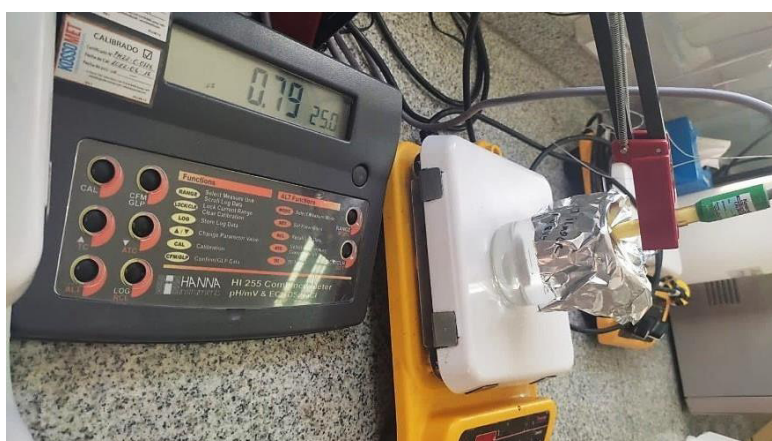
Anexo 2. Condiciones microambientales y espaciales de la instalación del experimento dentro de la cámara germinadora.



Anexo 3. Unidad experimental conformada por una placa petri con 50 semillas distribuidas equidistantemente.



Anexo 4. Prueba con hipoclorito de sodio para visualizar el efecto del desinfectante en las plántulas.



Anexo 5. Medición de la Conductividad Eléctrica con el equipo multiparamétrico.



Anexo 6. Lectura de la conductividad eléctrica del tratamiento T1 (35mM) a 25°C en el equipo.



Anexo 7. Lectura de la conductividad eléctrica del tratamiento T2 (70mM) a 25°C en el equipo.



Anexo 8. Lectura de la conductividad eléctrica del tratamiento T3 (105mM) a 25°C en el equipo.



Anexo 9. Lectura de la conductividad eléctrica del tratamiento T4 (140mM) a 25°C en el equipo.



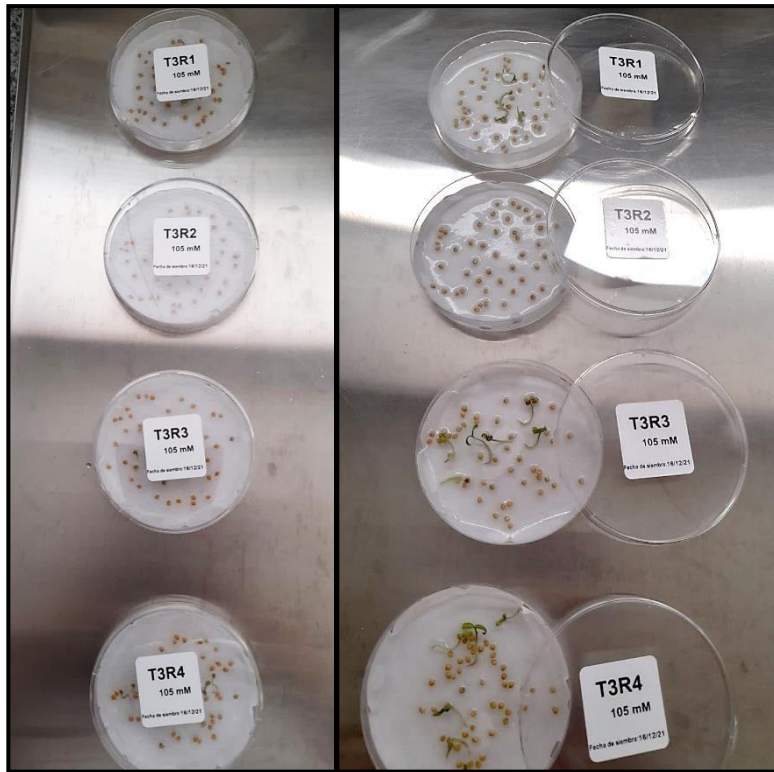
Anexo 10. Placa petri con plántulas de estructuras esenciales atrofiadas e incompletas.



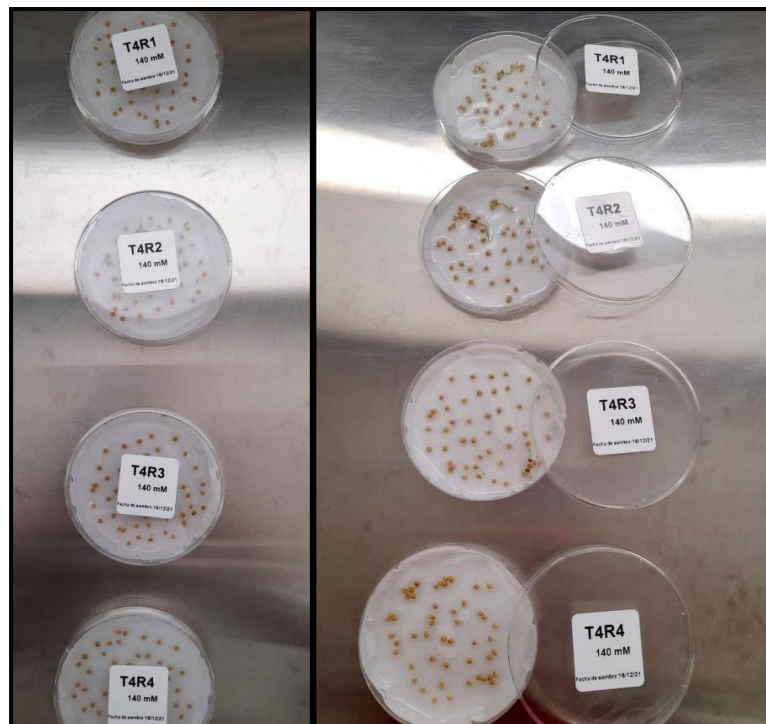
Anexo 11. Placas petri de los tratamientos Control (fila derecha) y T1 (fila izquierda) en el conteo final de la evaluación.



Anexo 12. Placas petri del tratamiento T2 en el conteo final de la evaluación.



Anexo 13. Placas petri del tratamiento T3 (placas abiertas en la imagen derecha y placas cerradas en la imagen izquierda) en el conteo final de la evaluación.



Anexo 14. Placas petri del tratamiento T4 (placas abiertas en la imagen derecha y placas cerradas en la imagen izquierda) en el conteo final de la evaluación.

Anexo 15. Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) de las variables en estudio ($p \leq 0.05$).

Shapiro-Wilk normality test		
variable	W	p-value
CGt	0.86338	0.009007
IVG	0.8184	0.001647
TPG	0.73062	0.0003747
TI	0.57234	8.978E-06

Anexo 16. Análisis de la Varianza (Prueba de Kruskal Wallis) de la variable Capacidad Germinativa (CGt) y comparación entre los tratamientos.

```

data: CGt by Tratamiento
Kruskal-Wallis chi-squared = 17.325, df = 4, p-value = 0.001671
$parameters
  test p.adjusted   name.t ntr alpha
Kruskal-Wallis  none data$Tratamiento  5 0.05
$groups
data$CGt groups
control      17.375      a
  T1          15.625      a
  T2          10.500      b
  T3           5.875      c
  T4           3.125      c
    
```

*Grupos con la misma letra no son diferentes significativamente ($p \leq 0.05$).

Anexo 17. Análisis de Varianza (prueba de Kruskal Wallis) de la variable Tiempo de Inicio de germinación (TI) y comparación entre los tratamientos.

```

data: data$TI
Kruskal wallis:      $statistics
                        Chisq  Df  p.chisq
                        14.8855 4  0.004944694
$parameters
  test p.adjusted   name.t ntr alpha
Kruskal-Wallis  none data$Tratamiento  5 0.05
$groups
data$TI groups
T4      16.0      a
T3      14.0      b
control  6.5      c
T1       6.5      c
T2       6.5      c
    
```

*Grupos con la misma letra no son diferentes significativamente ($p \leq 0.05$).

Anexo 18. Análisis de Varianza (prueba de Kruskal Wallis) de la variable Índice de Velocidad de Germinación (IVG) y comparación entre los tratamientos.

data: data\$IVG				
Kruskal wallis: \$statistics				
	Chisq	Df	p.chisq	t.value
	17.24754	4	0.001730175	2.13145
				MSD
				3.036225
\$parameters				
	test	p.adjusted	name.t	ntr alpha
	Kruskal-Wallis	none	data\$Tratamiento	5 0.05
\$groups				
	data\$IVG groups			
	control	17.500		a
	T1	15.500		a
	T2	10.500		b
	T3	5.875		c
	T4	3.125		c

*Grupos con la misma letra no son diferentes significativamente ($p \leq 0.05$).

Anexo 19. Análisis de Varianza (prueba de Kruskal Wallis) de la variable Tiempo Promedio de Germinación (TPG) y comparación entre los tratamientos.

data: data\$TPG				
Kruskal wallis: \$statistics				
	Chisq	Df	p.chisq	
	12.67699	4	0.01296682	
\$parameters				
	test	p.adjusted	name.t	ntr alpha
	Kruskal-Wallis	none	data\$Tratamiento	5 0.05
\$groups				
	data\$TPG groups			
	T4	16.00		a
	T3	14.00		a
	T2	10.00		b
	T1	6.25		c
	control	3.25		c

*Grupos con la misma letra no son diferentes significativamente ($p \leq 0.05$).

Anexo 20. Base de datos generada en Excel a partir de los resultados,

DDS	Tratamiento	Rep	sem sembr	sem germinadas	PG	PROPORCION	RAIZ DE p	TRASNF. ANGULAR (rad)	grados
9	control	R1	50	42	84	0.84	0.916515	1.159279	66.42182
9	control	R2	50	41	82	0.82	0.905539	1.132647	64.89591
9	control	R3	50	34	68	0.68	0.824621	0.969532	55.5501
9	control	R4	50	42	84	0.84	0.916515	1.159279	66.42182
9	T1	R1	50	21	42	0.42	0.648074	0.705053	40.39655
9	T1	R2	50	41	82	0.82	0.905539	1.132647	64.89591
9	T1	R3	50	30	60	0.6	0.774597	0.886077	50.76848
9	T1	R4	50	28	56	0.56	0.748331	0.845543	48.44605
9	T2	R1	50	18	36	0.36	0.6	0.643501	36.8699
9	T2	R2	50	11	22	0.22	0.469042	0.488205	27.9721
9	T2	R3	50	12	24	0.24	0.489898	0.511973	29.33387
9	T2	R4	50	17	34	0.34	0.583095	0.622533	35.66854
9	T3	R1	50	0	0	0	0	0	0
9	T3	R2	50	0	0	0	0	0	0
9	T3	R3	50	0	0	0	0	0	0
9	T3	R4	50	0	0	0	0	0	0
9	T4	R1	50	0	0	0	0	0	0
9	T4	R2	50	0	0	0	0	0	0
9	T4	R3	50	0	0	0	0	0	0
9	T4	R4	50	0	0	0	0	0	0
11	control	R1	50	43	86	0.86	0.927362	1.187299	68.02724
11	control	R2	50	42	84	0.84	0.916515	1.159279	66.42182
11	control	R3	50	44	88	0.88	0.938083	1.217055	69.7321
11	control	R4	50	45	90	0.9	0.948683	1.249046	71.56505
11	T1	R1	50	36	72	0.72	0.848528	1.013198	58.05194
11	T1	R2	50	45	90	0.9	0.948683	1.249046	71.56505
11	T1	R3	50	44	88	0.88	0.938083	1.217055	69.7321
11	T1	R4	50	44	88	0.88	0.938083	1.217055	69.7321
11	T2	R1	50	28	56	0.56	0.748331	0.845543	48.44605
11	T2	R2	50	27	54	0.54	0.734847	0.825441	47.29428
11	T2	R3	50	25	50	0.5	0.707107	0.785398	45
11	T2	R4	50	27	54	0.54	0.734847	0.825441	47.29428
11	T3	R1	50	0	0	0	0	0	0
11	T3	R2	50	0	0	0	0	0	0
11	T3	R3	50	1	2	0.02	0.141421	0.141897	8.130102
11	T3	R4	50	0	0	0	0	0	0
11	T4	R1	50	0	0	0	0	0	0
11	T4	R2	50	0	0	0	0	0	0
11	T4	R3	50	0	0	0	0	0	0
11	T4	R4	50	1	2	0.02	0.141421	0.141897	8.130102
13	control	R1	50	45	90	0.9	0.948683	1.249046	71.56505

13	control	R2	50	45	90	0.9	0.948683	1.249046	71.56505
13	control	R3	50	46	92	0.92	0.959166	1.28404	73.57006
13	control	R4	50	47	94	0.94	0.969536	1.323329	75.82118
13	T1	R1	50	40	80	0.8	0.894427	1.107149	63.43495
13	T1	R2	50	47	94	0.94	0.969536	1.323329	75.82118
13	T1	R3	50	44	88	0.88	0.938083	1.217055	69.7321
13	T1	R4	50	46	92	0.92	0.959166	1.28404	73.57006
13	T2	R1	50	38	76	0.76	0.87178	1.058824	60.66613
13	T2	R2	50	33	66	0.66	0.812404	0.948263	54.33146
13	T2	R3	50	37	74	0.74	0.860233	1.035726	59.3427
13	T2	R4	50	39	78	0.78	0.883176	1.082591	62.0279
13	T3	R1	50	0	0	0	0	0	0
13	T3	R2	50	1	2	0.02	0.141421	0.141897	8.130102
13	T3	R3	50	1	2	0.02	0.141421	0.141897	8.130102
13	T3	R4	50	4	8	0.08	0.282843	0.286757	16.42994
13	T4	R1	50	0	0	0	0	0	0
13	T4	R2	50	0	0	0	0	0	0
13	T4	R3	50	0	0	0	0	0	0
13	T4	R4	50	2	4	0.04	0.2	0.201358	11.53696
15	control	R1	50	50	100	1	1	1.570796	90
15	control	R2	50	46	92	0.92	0.959166	1.28404	73.57006
15	control	R3	50	48	96	0.96	0.979796	1.369438	78.46304
15	control	R4	50	47	94	0.94	0.969536	1.323329	75.82118
15	T1	R1	50	44	88	0.88	0.938083	1.217055	69.7321
15	T1	R2	50	49	98	0.98	0.989949	1.428899	81.8699
15	T1	R3	50	46	92	0.92	0.959166	1.28404	73.57006
15	T1	R4	50	46	92	0.92	0.959166	1.28404	73.57006
15	T2	R1	50	38	76	0.76	0.87178	1.058824	60.66613
15	T2	R2	50	33	66	0.66	0.812404	0.948263	54.33146
15	T2	R3	50	39	78	0.78	0.883176	1.082591	62.0279
15	T2	R4	50	39	78	0.78	0.883176	1.082591	62.0279
15	T3	R1	50	0	0	0	0	0	0
15	T3	R2	50	3	6	0.06	0.244949	0.247467	14.17882
15	T3	R3	50	6	12	0.12	0.34641	0.353742	20.2679
15	T3	R4	50	8	16	0.16	0.4	0.411517	23.57818
15	T4	R1	50	0	0	0	0	0	0
15	T4	R2	50	0	0	0	0	0	0
15	T4	R3	50	0	0	0	0	0	0
15	T4	R4	50	2	4	0.04	0.2	0.201358	11.53696
17	control	R1	50	50	100	1	1	1.570796	90
17	control	R2	50	47	94	0.94	0.969536	1.323329	75.82118
17	control	R3	50	48	96	0.96	0.979796	1.369438	78.46304
17	control	R4	50	48	96	0.96	0.979796	1.369438	78.46304
17	T1	R1	50	46	92	0.92	0.959166	1.28404	73.57006
17	T1	R2	50	50	100	1	1	1.570796	90
17	T1	R3	50	46	92	0.92	0.959166	1.28404	73.57006

17	T1	R4	50	48	96	0.96	0.979796	1.369438	78.46304
17	T2	R1	50	39	78	0.78	0.883176	1.082591	62.0279
17	T2	R2	50	37	74	0.74	0.860233	1.035726	59.3427
17	T2	R3	50	39	78	0.78	0.883176	1.082591	62.0279
17	T2	R4	50	39	78	0.78	0.883176	1.082591	62.0279
17	T3	R1	50	0	0	0	0	0	0
17	T3	R2	50	11	22	0.22	0.469042	0.488205	27.9721
17	T3	R3	50	12	24	0.24	0.489898	0.511973	29.33387
17	T3	R4	50	16	32	0.32	0.565685	0.601264	34.4499
17	T4	R1	50	0	0	0	0	0	0
17	T4	R2	50	0	0	0	0	0	0
17	T4	R3	50	0	0	0	0	0	0
17	T4	R4	50	2	4	0.04	0.2	0.201358	11.53696
19	control	R1	50	50	100	1	1	1.570796	90
19	control	R2	50	48	96	0.96	0.979796	1.369438	78.46304
19	control	R3	50	48	96	0.96	0.979796	1.369438	78.46304
19	control	R4	50	49	98	0.98	0.989949	1.428899	81.8699
19	T1	R1	50	46	92	0.92	0.959166	1.28404	73.57006
19	T1	R2	50	50	100	1	1	1.570796	90
19	T1	R3	50	46	92	0.92	0.959166	1.28404	73.57006
19	T1	R4	50	48	96	0.96	0.979796	1.369438	78.46304
19	T2	R1	50	39	78	0.78	0.883176	1.082591	62.0279
19	T2	R2	50	37	74	0.74	0.860233	1.035726	59.3427
19	T2	R3	50	39	78	0.78	0.883176	1.082591	62.0279
19	T2	R4	50	39	78	0.78	0.883176	1.082591	62.0279
19	T3	R1	50	0	0	0	0	0	0
19	T3	R2	50	13	26	0.26	0.509902	0.535071	30.6573
19	T3	R3	50	14	28	0.28	0.52915	0.557599	31.94806
19	T3	R4	50	18	36	0.36	0.6	0.643501	36.8699
19	T4	R1	50	0	0	0	0	0	0
19	T4	R2	50	0	0	0	0	0	0
19	T4	R3	50	0	0	0	0	0	0
19	T4	R4	50	2	4	0.04	0.2	0.201358	11.53696