

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**Escuela Profesional de Agronomía**



**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TOLERANCIA A LA SALINIDAD EN CUATRO VARIEDADES MEJORADAS DE  
PAPA (*Solanum tuberosum* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN  
CAJAMARCA**

**PRESENTADO POR**

**BACHILLER**

**: Percy Omar Guevara Vásquez**

**ASESOR (ES)**

**: Dr. Isidro Rimarachín Cabrera**

**Ing. Agr. M.Sc. Angel Esteban Santa Cruz Padilla**

**Ing. Agr. Rosmeri Pando Gómez**

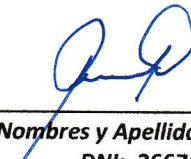
**Cajamarca – Perú**

**-2024-**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Percy Omar Guevara Vásquez  
**DNI:** 74544310  
**Escuela Profesional/Unidad UNC:** Agronomía
  
2. **Asesor:** Dr. Isidro Rimarachín Cabrera  
  
**Facultad/Unidad UNC:** Ciencias Agrarias
  
3. **Grado académico o título profesional**  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
  
4. **Tipo de Investigación:**  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
  
5. **Título de Trabajo de Investigación:**  
TOLERANCIA A LA SALINIDAD EN CUATRO VARIEDADES MEJORADAS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN CAJAMARCA
  
6. **Fecha de evaluación:** 13/06/2024.
  
7. **Software antiplagio:**  TURNITIN       URKUND (ORIGINAL) (\*)
  
8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 20%
  
9. **Código Documento:** oid: 3117:360980581
  
10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 20 %  
 APROBADO       PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 13/06/2024

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 <hr/> <b>Nombres y Apellidos : Dr. Isidro Rimarachin Cabrera</b> <b>DNI: 26676820</b>

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

Secretaría Académica



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los seis días del mes de junio del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente **2C - 202** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 178-2024-FCA-UNC, de fecha 18 de marzo del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"TOLERANCIA A LA SALINIDAD EN CUATRO VARIEDADES MEJORADAS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN CAJAMARCA"**, realizada por el Bachiller **PERCY OMAR GUEVARA VÁSQUEZ** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las once horas y veinte minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las doce horas y veinte minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Wilfredo Poma Rojas  
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Jesús Hipólito De La Cruz Rojas  
SECRETARIO

MBA Ing. Santiago Demetrio Medina Miranda  
VOCAL

Dr. Isidro Rimarachín Cabrera  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a mi querida esposa Yovana Vásquez Sánchez y mis adorados hijos Leo Renzo Seith y Piero Alessandro Guevara Vásquez por ser el soporte e inspiración para seguir adelante y alcanzar nuestras metas trazadas.

A mis queridos padres Italo Guevara Fustamante y María Teresa Vásquez Idrogo por sus lecciones sabias, apoyo incondicional y ganas de verme formado profesionalmente.

A mi hermano José Elvis Guevara Vásquez por ser el compañero y amigo apoyándome en todo momento.

A mi hermana Yanina Jaqueli Sempertegui Vásquez por los consejos y motivación durante mi formación profesional.

A mi abuelo Armando Guevara Ramírez que desde el cielo cuida de la familia y es un ejemplo a seguir como ser humano y agricultor representativo de la provincia de Chota.

**El autor**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por darme el valor para seguir superándome y no desmayar ante las adversidades, brindándome siempre ese valor para salir adelante.

A mis padres Italo Guevara Fustamante y María Teresa Vasquez Idrogo; a mi esposa Yovana Vasquez Sanchez y mis pequeños hijos Leo Renzo Seith y Piero Alessandro Guevara Vasquez por su apoyo incondicional.

A la Ing. Rosmeri Pando Gómez responsable del Programa Nacional de Raíces y Tuberosas de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca, por la oportunidad para desarrollar el trabajo de investigación, ser una extraordinaria persona, por darme el soporte técnico y profesional culminar eficientemente con lo proyectado.

Al Programa Nacional de Innovación Agraria (PINIA) mediante el proyecto “Desarrollo de la tecnología para la edición génica para el mejoramiento del cultivo de papa a través de la herramienta CRISPR-Cas9” por la oportunidad y el apoyo financiero, logístico necesario para ejecutar el proyecto de investigación.

Al ingeniero y docente Angel Esteban Santa Cruz Padilla por esas enseñanzas y apoyarme como asesor de mi tesis.

Al Ing. Juan Vásquez Sánchez por ser un pilar fundamental y apoyarme en el desarrollo adecuado de la investigación.

A mis compañeros, amistades de la Escuela Profesional de Agronomía que, mediante sus sapiencias y acciones favorecieron el perfeccionamiento de esta tesis.

A los catedráticos de la Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca por sus conocimientos y transmitir sus enseñanzas para mi formación profesional.

**El autor**

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE GENERAL .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE ANEXOS .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT.....	viii
CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Justificación .....	5
1.3. Objetivos .....	6
1.3.1. Objetivo general.....	6
1.3.2. Objetivos específicos .....	6
1.3.3. Hipótesis .....	7
CAPÍTULO II.....	8
REVISIÓN DE LITERATURA .....	8
2.2. Antecedentes.....	8
2.3. Bases teóricas.....	10
2.3.1. Respuesta fisiología de las plantas a la salinidad.....	10
2.3.2. Genética y heredabilidad de la tolerancia a la salinidad en papa.....	12
2.3.3. Fisiología de la papa .....	14
2.3.4. Bioquímica de la papa.....	17
2.4. Definición de términos.....	18
CAPÍTULO III.....	25
MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
3.1. Ubicación .....	25
3.2. Materiales.....	27
3.3. Tipo y diseño de investigación.....	28
3.4. Metodología .....	30
3.4.10 Evaluaciones .....	32
CAPÍTULO IV.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	34
CAPÍTULO V.....	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
CAPÍTULO V.....	51
BIBLIOGRAFÍA .....	51
ANEXOS .....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de la salinidad según Decreto Supremo 005-2022 del MIDAGRI.....	23
Tabla 2 Tratamientos en estudio .....	29
Tabla 3 Análisis de varianza (ANOVA) para la emergencia.....	35
Tabla 4 Prueba de Tukey para los niveles del factor Variedad.....	36
Tabla 5 Prueba de Tukey para los niveles del factor Sales.....	36
Tabla 6 Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de planta .....	39
Tabla 7 Prueba de Tukey para el efecto de la interacción en la altura de planta.....	39
Tabla 8 Análisis de varianza (ANOVA) el número de tubérculos .....	42
Tabla 9 Prueba de Tukey para los niveles del factor Variedad.....	43
Tabla 10 Prueba de Tukey para los niveles del factor Sales.....	43
Tabla 11 Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de raíz .....	46
Tabla 12 Prueba de Tukey para el efecto de la interacción en la longitud de raíz.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del experimento.....	25
Figura 2 Aleatorización y distribución de los tratamientos en tres repeticiones .....	30
Figura 3 Medias del porcentaje de emergencia por cada variedad de papa.....	36
Figura 4 Medias del porcentaje de emergencia por cada dosis de sales .....	37
Figura 5 Comportamiento de la altura de planta de cada variedad según dosis de sales.....	40
Figura 6 Medias del número de tubérculos para cada variedad de papa .....	43
Figura 7 Medias del número de tubérculos por cada dosis de sales .....	44
Figura 8 Comportamiento de la longitud de raíz de cada variedad según dosis de sales .....	48



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> Conducción del experimento y evaluaciones realizadas.....	67
<b>ANEXO 2.</b> Análisis de suelos .....	72

## RESUMEN

¿Cuál es la tolerancia de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) a la salinidad bajo condiciones de invernadero? la salinidad del suelo y agua limita la productividad de la papa al causar estrés hídrico por la disminución del potencial osmótico y dificultad para absorber agua. La investigación plantea evaluar la tolerancia a la salinidad de cuatro variedades mejoradas de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo condiciones controladas de invernadero. El análisis estadístico se realizó para un diseño completamente al azar (DCA) factorial de 4 x 4, con 3 repeticiones y 16 tratamientos. Los resultados indicaron diferencias significativas entre variedades de papa en cuanto al porcentaje de emergencia, siendo INIA-303 Canchan la de mayor emergencia (90 %). La dosis más baja de sales (0.24 dS / m) permitió un 100 % de emergencia. La altura de planta mostró interacción entre variedad y salinidad, con INIA-303 Canchan alcanzando la mayor altura (42.52 cm) a baja salinidad, pero disminuyendo en todas las variedades al aumentar la salinidad. Las variedades INIA-303 Canchan e INIA 326 Shulay presentaron el mayor número de tubérculos (3), aunque este número se redujo con el aumento de la salinidad en todas las variedades. La longitud de raíz también mostró interacción, siendo INIA-303 Canchan la de mayor longitud en todas las dosis de sales, pero disminuyendo en general al aumentar la salinidad, especialmente en INIA 302 Amarilis y Yungay. La salinidad provocó efectos negativos en el desarrollo fenológico de plantas de las cuatro variedades de papa, reflejados en una reducción de la altura, longitud de raíces y producción de tubérculos al incrementar los niveles de sales.

**Palabra clave:** Tolerancia, salinidad, variedades de papa, invernadero

## ABSTRACT

What is the tolerance of four potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties to salinity under greenhouse conditions? Soil and water salinity limit potato productivity by causing water stress due to decreased osmotic potential and difficulty to absorb water. The research was carried out to evaluate the salinity tolerance of four improved potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties under controlled greenhouse conditions. The statistical analysis was performed in a 4 x 4 factorial completely randomized design (CRD), with 3 replications and 16 treatments. The results indicated significant differences between potato varieties in terms of the percentage of emergence, with INIA-303 Canchan being the one with the highest emergence (90 %). The lowest dose of salts (0.24 dS / m) allowed 100% emergence. Plant height showed an interaction between variety and salinity, with INIA-303 Canchan reaching the greatest height (42.52 cm) at low salinity, but decreasing in all varieties as salinity increased. INIA-303 Canchan and INIA 326 Shulay showed the highest number of tubers (3), although this number decreased with increasing salinity in all varieties. Root length also showed interaction, with INIA-303 Canchan being the longest at all salt doses, but decreasing in general with increasing salinity, especially in INIA 302 Amarilis and Yungay. Salinity caused negative effects on the phenological development of plants of the four potato varieties, reflected in a reduction in height, root length and tuber production with increasing salt levels.

Key words: Tolerance, salinity, potato varieties, greenhouse.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El estudio de la tolerancia a la salinidad en cuatro variedades mejoradas de papa en Cajamarca es esencial para enfrentar el desafío de suelos salinos en la agricultura; este estudio ofrece información crucial para seleccionar variedades de papa que puedan resistir las condiciones salinas, garantizando la productividad y el sustento de los agricultores locales; los hallazgos tienen permitirán implementar políticas agrícolas y prácticas de cultivo en la región; además ayudara a promover la sostenibilidad agrícola y el desarrollo de estrategias para adaptarse a los efectos severos de la salinidad en el suelo; su enfoque en papa, un cultivo vital en Cajamarca, lo hace relevante para dinamizar la economía de la región.

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un cultivo de gran importancia a nivel mundial, posicionándose en el cuarto lugar en producción detrás del trigo, el arroz y el maíz; con una producción anual de aproximadamente 388 millones de toneladas en 2019; la papa constituye un componente fundamental para la seguridad alimentaria global y la nutrición de millones de personas (Chávez, 2022). Además de su importancia como alimento, la papa también ha adquirido relevancia como cultivo industrial, utilizado en la producción de almidón, alcohol y otros productos (Cruz y Millones, 2014).

En Cajamarca, la papa es un cultivo que dinamiza la economía local y es el sustento de miles de familias sosteniéndose como una región representativa en la producción de papa en el país, con una producción anual de aproximadamente 400,000 toneladas, la papa representa una fuente de alimento básico y un medio de vida esencial para los agricultores de la región, quienes han cultivado este tubérculo durante siglos (Chávez y Chávez, 2021). Además de su importancia económica y alimentaria, la papa es una parte de la cultura y las tradiciones culinarias de la región (Devaux et al., 2010).

La salinidad del suelo y el agua es uno de los principales factores abióticos que limitan la productividad de los cultivos a nivel mundial (Martínez et al., 2020). El exceso de sales solubles en el suelo y el agua de riego conduce a una disminución del potencial osmótico, lo que dificulta la absorción de agua por las plantas y produce estrés hídrico (Barreto, 2019).

Además, la acumulación de iones tóxicos de sodio, cloruro y boro en los tejidos vegetales puede causar daños a nivel celular y fisiológico, afectando el proceso de fotosíntesis, la respiración y la síntesis de proteínas (Benavides, 2002).

Según las estimaciones, aproximadamente el 20% de las tierras agrícolas y el 33% de las tierras irrigadas en el mundo están afectadas por la salinidad, esta problemática ha sido agravada por prácticas de riego deficientes, la sobreexplotación de los recursos hídricos y el cambio climático, lo que ha resultado en un incremento de la salinización de los suelos. (Quichán, 2014). Como resultado, se estima que la salinidad causa pérdidas de rendimiento de hasta un 50 % en diversos cultivos, incluyendo cereales, leguminosas, hortalizas y cultivos industriales (Sanchez et al., 2016).

La tolerancia a la salinidad se refiere a la capacidad de las plantas para sobrevivir y generar rendimientos aceptables bajo condiciones de estrés salino, en la cual influyen una serie de mecanismos complejos a nivel bioquímico, fisiológico y genético, que facilitan la adaptación de las plantas ante los efectos adversos de la salinidad. (Jaramillo, 2013).

A nivel bioquímico, las plantas tolerantes a la salinidad pueden regular la concentración de osmolitos compatibles, como prolina, glicina betanína y azúcares solubles, para mantener la presión osmótica en sus células (Chávez y Ramírez, 2010). Además, las plantas pueden sintetizar enzimas antioxidantes y compuestos fenólicos que contribuyen a la mitigación del estrés oxidativo, el cual es provocado por la acumulación de especies reactivas de oxígeno. (Cuñat, 2022).

En el plano fisiológico, las plantas han desarrollado mecanismos como la exclusión selectiva de iones tóxicos, la compartimentación de sales en vacuolas y la inducción de proteínas transportadoras de iones para mantener la homeostasis iónica y evitar la acumulación excesiva de iones dañinos en los tejidos vegetales (Carrasco, 2002).

A nivel genético, la tolerancia a la salinidad está determinada por una compleja red de genes que regulan la expresión de proteínas y enzimas involucradas en los mecanismos de tolerancia (García et al, 2013). Estudios recientes han identificado varios genes y loci de características cuantitativas (QTLs) asociados con la tolerancia a la salinidad en plantas, lo que ha abierto oportunidades para el desarrollo de variedades mejoradas (Plasencia, 2015).

En las últimas décadas, se han realizado esfuerzos significativos de mejoramiento genético de la papa (*Solanum tuberosum* L.) para desarrollar cultivares más tolerantes a diversos factores de estrés biótico y abiótico, incluyendo la salinidad (Casals et al., 2018). Estos programas de mejoramiento han utilizado técnicas convencionales, como la selección recurrente y el cruzamiento, así como enfoques biotecnológicos, como la transformación genética y la selección asistida por marcadores moleculares (Aguilar, 2013).

En la actualidad, se han desarrollado diversas variedades mejoradas de papa que exhiben mayor tolerancia a la salinidad, sequía, calor, frío y enfermedades, entre otros factores de estrés, algunas de estas variedades han sido evaluadas en condiciones de campo y han demostrado rendimientos superiores en comparación con cultivares tradicionales bajo condiciones de estrés salino (Ponce, 2013).

### **1.1. Planteamiento del problema**

Cajamarca, situada en el norte de Perú, es una región destacada por su importancia agrícola y la diversidad de sus cultivos; la agricultura es esencial para la economía y la subsistencia de la población local. No obstante, un problema significativo que enfrentan los agricultores es el posible incremento del nivel salinidad del suelo, se hace necesario investigar este problema, especialmente en el cultivo de papa, que es un alimento básico en la dieta local y la principal fuente de ingresos económicos para los agricultores.

La región de Cajamarca en Perú se enfrenta a un posible problema de salinización de los suelos y las aguas superficiales, lo que tendrá un impacto negativo en la producción agrícola local, debido a prácticas inadecuadas de riego, la sobreexplotación de los recursos hídricos, uso excesivo de fertilizantes y el cambio climático, la concentración de sales en los suelos ha aumentado drásticamente en las últimas décadas (Vargas, 2009).

Este problema es particularmente preocupante para el cultivo de la papa, uno de los pilares de la economía y la seguridad alimentaria en Cajamarca. La papa tiene una moderada tolerancia al estrés salino en comparación con otros cultivos; sin embargo, los niveles de salinidad han alcanzado un punto crítico en algunas áreas, superando los umbrales de tolerancia

de las variedades de papa cultivadas tradicionalmente por los agricultores locales; causando pérdidas en el rendimiento y en la economía de los agricultores (Vargas, 2009).

La salinidad ha provocado la degradación de las tierras agrícolas, haciendo que vastas áreas sean improductivas o marginales para el cultivo de la papa (Pender y Hazell, 2020). Ante esta situación, los investigadores agrícolas han desarrollado variedades mejoradas de papa que muestran una mayor tolerancia a la salinidad en comparación con los cultivares tradicionales, sin embargo, la mayor parte de los estudios han evaluado estas variedades en condiciones de campo, donde los efectos de la salinidad se combinan con otros factores ambientales variables (Gutiérrez et al., 2021).

Por lo tanto, existe una necesidad urgente de investigar la tolerancia a la salinidad de estas variedades mejoradas en condiciones controladas, como las que ofrece un invernadero. Esto permitiría una evaluación más precisa de las respuestas fisiológicas y genéticas de las plantas al estrés salino, sin la influencia de otros factores ambientales variables (Ribera, 2019).

Comprender mejor las respuestas de estas variedades mejoradas de papa al estrés salino en condiciones controladas de invernadero es crucial para desarrollar estrategias más efectivas de manejo del cultivo. Esto permitiría a los agricultores de Cajamarca seleccionar las variedades más tolerantes resilientes a la salinidad, mejorando así la productividad y la sostenibilidad de la producción de papa en la región.

### **1.1.1. Formulación del problema**

¿Cuál es la tolerancia de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) a la salinidad bajo condiciones de invernadero?

## 1.2. Justificación

La producción agrícola en Cajamarca, Perú, se enfrenta a múltiples desafíos ambientales, incluida la salinidad creciente de los suelos y el agua; la papa es un cultivo esencial para la economía y la seguridad alimentaria en la región, su rendimiento se ve comprometido por el estrés salino, esta situación amenaza la sostenibilidad de la producción de papa y afecta la calidad de vida de los agricultores (López y rojas, 2020).

La salinidad del suelo y el agua es un factor ambiental que restringe severamente la productividad de los cultivos en todo el mundo, se estima que alrededor del 20% de suelos cultivables y el 33 % de suelos irrigados se han visto afectadas por la acumulación de sales (Quichán, 2014). La acumulación de iones tóxicos de sodio, cloruro en el suelo y en las plantas puede provocar daños a nivel celular, inhibir la fotosíntesis y alterar la homeostasis iónica (Orosco, 2018).

Para abordar este desafío, los investigadores han desarrollado nuevas variedades de papa tolerantes a niveles altos de salinidad a través del mejoramiento genético; estas variedades han sido evaluadas en condiciones de campo y han demostrado un mejor rendimiento en comparación con los cultivares tradicionales bajo estrés salino (Andrade et al., 2017). Sin embargo, los estudios realizados hasta ahora se han centrado principalmente en las condiciones de campo, sin considerar las condiciones controladas de un invernadero.

El estudio de la tolerancia a la salinidad en condiciones de invernadero puede proporcionar información complementaria sobre el comportamiento fisiológico y genético de las variedades de papapa frente al estrés salino. Los invernaderos ofrecen un entorno controlado donde se pueden manipular factores abióticos como la temperatura, la humedad y la intensidad de luz, lo que permite evaluar eficientemente las respuestas de las plantas al estrés salino sin la influencia de otros factores variables (Paz, 2011).

Por lo tanto, este estudio justifica la necesidad de evaluar la tolerancia a la salinidad de cuatro variedades mejoradas de papa bajo condiciones de invernadero en Cajamarca. Esto permitirá identificar variedades resistentes que puedan ser cultivadas en áreas afectadas por la salinidad, brindando una opción viable para los agricultores de la región.



Además, los resultados de este estudio podrían permitir conocer los mecanismos fisiológicos y genéticos que influyen en la tolerancia a la salinidad en estas variedades de papa. Esta investigación podría ser utilizada para el mejoramiento genético para desarrollar cultivares aún más resilientes que puedan enfrentar múltiples estreses ambientales, incluyendo la salinidad, y mantener un rendimiento estable en condiciones adversas.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Evaluar la tolerancia a la salinidad de cuatro variedades mejoradas de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo condiciones controladas de invernadero en la región de Cajamarca, Perú.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de diferentes niveles de salinidad en el crecimiento y desarrollo de las cuatro variedades mejoradas de papa bajo condiciones de invernadero.
- Comparar la tolerancia a la salinidad entre las cuatro variedades mejoradas de papa e identificar la(s) variedad(es) más resistente(s) al estrés salino.
- Analizar la relación entre las respuestas fisiológicas y los parámetros de rendimiento para comprender los mecanismos de tolerancia a la salinidad en las variedades más resilientes.

### 1.3.3. Hipótesis

- **Hipótesis alterna (H1)**

Existen diferencias significativas en la tolerancia a la salinidad entre las cuatro variedades mejoradas de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo condiciones de invernadero en Cajamarca.

- **Hipótesis nula (H0)**

No existen diferencias significativas en la tolerancia a la salinidad entre las cuatro variedades mejoradas de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo condiciones de invernadero en Cajamarca.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.2. Antecedentes

Suvra et al. (2017), realizaron el trabajo “Rendimiento, materia seca y gravedad específica de la papa exportable: respuesta a la sal” para evaluar la influencia del cloruro en la producción de los tubérculos de principales zonas afectadas por la sal donde la gente quiere cultivar papas en sus campos, el ensayo se desarrolló utilizando macetas con un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones, aplicando cuatro dosis de sal (N0 = no salina, N1 = 5, N2 = 15 y N3 = bote de 25 g de NaCl -1 ) y tres variedades (V1 = Granula, V2 = Lady Rosetta y V3 = Astérix). El resultado reveló que el rendimiento, la materia seca y la gravedad específica disminuyeron con el aumento de los niveles de salinidad; los resultados demostraron que la condición no salina del suelo de maceta es favorable para obtener el máximo rendimiento de los parámetros estudiados; Granula y Lady Rosetta obtuvieron resultados significativamente similares en el caso de los parámetros estudiados. Aunque Granula mostró la gravedad específica más alta en la parcela de 5 g de NaCl-1, que fue estadísticamente similar a la condición no salina, Granula exhibió el mayor rendimiento y materia seca en condiciones no salinas de tierra para macetas. También se encontró una tendencia similar en el caso de Lady Rosetta, mientras que Astérix obtuvo el peor desempeño en las condiciones más altas de salinidad del suelo.

Pérez (2015) en su tesis “Cultivo orgánico de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) sometidas a estrés salino”. Chiapas, México; el marco de plantación fue de tres hileras (20 cm entre hileras) de 15 plantas por hilera, se utilizó el diseño experimental en bloques al azar con tres tratamientos (lixiviado de vermicomposta, vermicomposta y estrés salino) y tres repeticiones; los resultados en cuanto al estrés sometido a la planta, se observó que las plantas con tratamientos de 15, 20 y 25 mM, fueron capaces de revertir el efecto gracias a las concentraciones diferentes de lixiviado de vermicomposta y la misma vermicomposta; no se encontraron efectos del estrés durante el desarrollo de las plantas y durante el desarrollo de los tubérculos de papa; la producción de tubérculos de papa fue muy significativa, ya que se obtuvieron plantas con 5 hasta 7 tubérculos de papa, una producción importante comparando con la producción de papa comercial, siendo de 3 a 6 tubérculos de papa por planta, aunque

son de mayor tamaño; los análisis de pH, azúcares (sólidos solubles), conductividad eléctrica y sólidos totales, presentaron resultados muy cercanos a la referencia bibliográfica significando esto, que las plantas de papa del proyecto se desarrollaron en las condiciones más similares en control como las que se presentan en campo.

Samy, M. M. (2015). Realizó el estudio “Efecto del riego con agua salina en el crecimiento y la producción de algunos cultivares de papa”, se realizaron dos experimentos en macetas para estudiar la respuesta diferencial de algunas variedades de papa (Diamant, Lady Rosetta y Spunta) al riego con diferentes niveles de agua salina; tras completar la emergencia (30 días después de la plantación), las variedades de papa se regaron con agua salina a concentraciones de 1.5, 3.0, 4.5 y 6.0 dS/m, junto con el control 0,4 dS/m (agua del grifo); sus resultados mostraron que todas las características de crecimiento medidas disminuyeron gradualmente cuando las plantas de papa se regaron con agua salina hasta 6,0 dS/m; afectando significativamente la longitud del tallo, el número de hojas, el peso seco de hojas, el peso seco del tubérculo, el peso seco total de la planta y el área foliar por planta; para el caso de niveles salinos más altos, es decir, 4.5 o 6.0 dS/m causaron una reducción significativa en el número de tubérculos, el peso medio de los tubérculos y el peso fresco total de los tubérculos por planta en ambas temporadas de verano. En cuanto a la variedad de papa analizada, la variedad Diamant fue la más tolerante al riego con agua salina, Lady Rosetta fue la segunda variedad tolerante y Spunta fue la variedad menos tolerante en ambas estaciones.

Sanchez y Ortega (2011) investigando “Emergencia de brotes de tubérculos de papa en condiciones salinas”, Oaxaca, México; se evaluó la emergencia de brotes de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. cv. Alpha en condiciones salinas inducidas por NaCl, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub> 2H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>6H<sub>2</sub>O y MgSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O y por las salinidades sulfático-clorhídrica, clorhídrico-sulfática y sulfático-sódica, con concentraciones de 0 a 9.60 g L<sup>-1</sup>; los resultados indicaron que cada nivel de salinidad generó un efecto osmótico-tóxico que retardó el periodo de emergencia disminuyendo la tasa de emergencia de brotes con relación al testigo, inhibiendo el crecimiento de yemas terminales; la mayor disminución se presentó en NaHCO<sub>3</sub> y salinidad sulfático-sódica, con concentraciones superiores a 2.48 g L<sup>-1</sup>, en la cual se observó yemas promotoras de la emergencia de brotes dañadas por hidrólisis alcalina; una disminución intermedia se produjo con Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> salinidad clorhídrico-sulfática, salinidad sulfático-clorhídrica y NaCl, la menor afectación se registró en tubérculos expuestos a MgSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>6H<sub>2</sub>O = CaCl<sub>2</sub>2H<sub>2</sub>O, en un intervalo de 5.19 a 9.60 g L<sup>-1</sup>, esto denota niveles de

tolerancia a sales por los tubérculos de papa; todos los tratamientos, excepto  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  a concentraciones de  $3.84 \text{ g L}^{-1}$  a  $9.60 \text{ g L}^{-1}$  produjeron un incremento anormal de brotes raquíuticos de escaso crecimiento: la disminución de la emergencia y posterior pérdida de dominancia apical, son causadas por el efecto osmótico de  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ , salinidades clorhídricosulfática y sulfático-clorhídrica, el efecto tóxico de  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaHCO}_3$  y salinidad sulfático-sódica; la tasa de emergencia se desarrolló con normalidad en la salinidad de  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

Sánchez et al. (2008) en su investigación “*Crecimiento de plantas de papa (Solanum tuberosum L.) Cv. Alfa, inducido por diversas soluciones salinas*”; en Caracas, Venezuela, evaluaron el desarrollo de plantas de papa (*Solanum tuberosum L.*) cv. Alpha, en condiciones de estrés con sales de  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  y salinidades sulfático-clorhídrica, clorhídrico-sulfática y sulfático-sódica, a concentraciones de  $0,00$  a  $9,60 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ ; los resultados indicaron que cada tipo de sal y salinidad generó un retraso diferencial en la emergencia de brotes, correlacionado estrechamente con el porcentaje de brotación observado en la fase experimental previa; dicho retraso obedece al efecto osmótico de  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , salinidades clorhídrico-sulfática, sulfático-clorhídrica, al efecto tóxico de  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaHCO}_3$  y salinidad sulfático-sódica; ambos efectos aumentaron el periodo de latencia de los tubérculos, siendo más pronunciado el efecto tóxico de las salinidades sódico-alcalinas; el estrés salino prolongó las etapas de crecimiento vegetativo y retrasó la iniciación de la tuberización, el escaso desarrollo del área foliar durante la tuberización generó una lenta tasa de crecimiento de tubérculos, siendo estos de menor tamaño; este fenómeno fue más acentuado en plantas expuestas a salinidad sulfático-sódica y  $\text{NaHCO}_3$  a concentraciones superiores a  $3.84 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ , donde se observaron plantas enanas y sin formación de tubérculos.

## **2.3. Bases teóricas**

### **2.3.1. Respuesta fisiología de las plantas a la salinidad**

La salinidad es un factor abiótico que afecta la producción de los cultivos a nivel global, se calcula que más del 20% de las tierras agrícolas se encuentran afectadas por altas concentraciones de sales (Mesa, 2003).

Según Navarro y Navarro (2013), cuando el hombre realiza un deficiente manejo al suelo, riegos con aguas inadecuadas, empleo excesivo de fertilizantes, actividades industriales inadecuadas, puede causar la salinización de los suelos; además, señala que la toxicidad depende de la solubilidad de las sales en el suelo están constituidas principalmente por cationes  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$ ; y aniones,  $\text{SO}_4^-$  y  $\text{Cl}^-$ .

Para Albadalejo (2018), el comportamiento fisiológico de las plantas frente a la salinidad comprende dos fases: una respuesta osmótica rápida debido a la disminución del potencial hídrico del suelo y una respuesta iónica específica más lenta por la acumulación de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  en las células; en la fase osmótica, el déficit hídrico induce el cierre estomático, reduce la expansión celular y disminuye el crecimiento foliar; en la fase iónica la acumulación de los iones tóxicos  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  inhibe procesos enzimáticos, interfiere con la nutrición mineral y puede provocar la muerte celular.

Las plantas han perfeccionado mecanismos de tolerancia para sobrevivir bajo condiciones salinas, entre ellos incluyen: la exclusión de iones tóxicos de los tejidos foliares, compartimentalización de iones en vacuolas, síntesis de osmolitos compatibles como glicina-betaína y prolina para el ajuste osmótico y regulación del transporte iónico a través de membranas plasmáticas (Lamz y Gonzales 2013).

#### - **Efectos osmóticos y tóxicos de las sales**

La presencia de sales en el suelo en altas cantidades disminuye su potencial osmótico, dificultando la absorción de agua por las raíces, esto induce cierre estomático, reducción de la turgencia y expansión celular, disminución de la actividad fotosintética y alteración del balance hormonal; por otra parte, la acumulación de iones como  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  provoca efectos tóxicos, inhibiendo procesos enzimáticos e interfiriendo con la nutrición mineral (Terrazas, 2019).

#### - **Mecanismos de tolerancia a la salinidad**

Según Terrazas (2019) las plantas halófitas y glicófitas tolerantes a sales presentan adaptaciones fisiológicas y bioquímicas para contrarrestar la salinidad. Entre los principales mecanismos se encuentran:

### **Exclusión de Na<sup>+</sup>**

Impedir la entrada de Na<sup>+</sup> a la parte aérea mediante baja expresión de transportadores en la membrana plasmática de células radicales (Lamz y Gonzales 2013).

### **Compartimentalización de Na<sup>+</sup>**

Retener Na<sup>+</sup> en vacuolas evitando su acumulación tóxica en el citosol, requiere expresión de antiportadores Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> (García, 2017).

### **Síntesis de osmolitos**

Producción de compuestos orgánicos compatibles (glicina-betaina, prolina) que permiten el ajuste osmótico sin interferir con el metabolismo (Núñez, 2020).

## **2.3.2. Genética y heredabilidad de la tolerancia a la salinidad en papa**

La papa (*Solanum tuberosum*) a nivel mundial es el cuarto cultivo sembrado. Sin embargo, su productividad se ve amenazada por el incremento de niveles de salinidad de suelos agrícolas, estimándose que más de 20 millones de hectáreas tienen problemas de salinidad; en este contexto, comprender aspectos genéticos de la tolerancia a sales en papa y su modo de herencia es esencial para desarrollar variedades mejoradas (García, 2023).

### **- Genética de la tolerancia a la salinidad**

Estudios de mapeo genético han permitido identificar regiones cromosómicas (QTL) asociadas a rasgos de tolerancia a salinidad en papa (Luciani, 2017). Se han reportado QTL (locus de rasgo cuantitativo) en los cromosomas, que explican entre 12-22 % de la variación fenotípica en biomasa y concentración iónica bajo estrés salino (Lara, 2013). Los alelos que incrementan la biomasa en condiciones salinas son predominantemente aditivos, mientras que los alelos que reducen la absorción de Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> muestran efectos no aditivos (Acuña, 2019).

La compartimentalización de iones en vacuolas mediada por antiportadores parece estar controlada por un locus en el cromosoma; por otra parte, se identificó que los genes regulan la síntesis de osmolitos protectores como prolina y reduce los efectos tóxicos del Na<sup>+</sup> (Pérez, 2023).

#### - **Heredabilidad**

Estudios reportan que la tolerancia a salinidad, determinada como rendimiento relativo bajo estrés, presenta una heredabilidad media (Palacios, 2023). Sin embargo, los componentes fisiológicos como concentración de Na<sup>+</sup> o prolina muestran heredabilidades altas, sugiriendo que son fuertemente controlados genéticamente (Albaladejo, 2018).

La selección para incrementar la tolerancia a salinidad en papa puede ser efectiva, ya que presenta variabilidad genética para esta característica; el uso de marcadores moleculares para los QTL y genes identificados facilitará la selección asistida para desarrollar genotipos superiores (Fuentes et al. 2009).

#### - **Fuentes de germoplasma tolerantes**

El germoplasma constituye la base genética de las especies cultivadas y sus parientes silvestres, contiene una gran diversidad para características agronómicas de interés, incluyendo tolerancia a factores adversos de salinidad, sequía y temperaturas extremas; por ello, la identificación de fuentes de germoplasma que presenten rasgos de tolerancia resulta esencial para los programas de fitomejoramiento (Bazile et al., 2014).

#### - **Especies tolerantes**

Diversos estudios han reportado especies silvestres que muestran adaptación y tolerancia superior a estreses abióticos en comparación con los cultivos elite. Por ejemplo, en el género Triticeae se ha encontrado mayor tolerancia a salinidad, acidez y aluminio tóxico en parientes silvestres como *Thinopyrum ponticum* y *Thinopyrum bessarabicum* (Díaz y Chaparro, 2012).



Asimismo, el tomate silvestre *Solanum pimpinellifolium* exhibe mejor respuesta fisiológica y productividad que el tomate cultivado cuando se somete a estrés hídrico y salino, estas especies constituyen fuentes de genes de tolerancia para la introgresión en cultivos sensibles vía cruzamientos en condiciones salinas (Campos, 2015).

### **2.3.3. Fisiología de la papa**

#### **- Crecimiento y desarrollo del tubérculo**

El tubérculo de papa se forma de rizomas subterráneos y constituye el órgano de almacenamiento de esta especie, su crecimiento y desarrollo adecuado determinan el rendimiento del cultivo y la calidad de la cosecha (Rodríguez, 2011).

#### **- Morfogénesis**

Inicialmente se produce la inducción de tuberización por factores ambientales y endógenos, lo que genera un engrosamiento subapical del rizoma se diferencian los primordios de hojas que luego originan las yemas y ojos del tubérculo. Simultáneamente ocurre la división y expansión celular que conforma el parénquima del tubérculo (Seabrook, 2005).

#### **- Acumulación de materia seca**

Luego de la tuberización tiene lugar un rápido incremento de materia seca, principalmente en forma de almidón; el almidón se sintetiza a partir de sacarosa proveniente del floema y su tasa de síntesis depende de enzimas como la ADP-glucosa pirofosforilasa en los amiloplastos, la acumulación de almidón cesa al final del ciclo de cultivo por cambios hormonales y disponibilidad de fotoasimilados (Gutiérrez, 2020).

#### **- Latencia y brotación**

Luego de la cosecha, los tubérculos entran en latencia o reposo, caracterizada por baja tasa respiratoria y nulo crecimiento de yemas, la latencia termina por la acción antagonista de giberelinas, y da paso a la movilización de reservas de almidón para inducir la brotación de yemas y desarrollo de tallos (Dos Santos, 2004).

- **Partición de fotoasimilados**

La fotosíntesis en las hojas produce carbohidratos que luego se transportan y distribuyen a los diferentes órganos de la planta para sustentar su crecimiento y desarrollo. Este proceso se conoce como partición de fotoasimilados (Lagos, 2011).

Los principales fotoasimilados transportados son la sacarosa y sus productos de degradación glucosa y fructosa. La sacarosa se sintetiza en el mesófilo foliar, se carga al floema y es transportada vía corriente transpiratoria hacia los tejidos sumidero (Martínez y Torres 2013).

Los destinos prioritarios de asimilados son frutos en desarrollo, raíces en crecimiento, meristemas apicales, tubérculos o semillas en llenado, donde son utilizados para respirar, mantener potencial osmótico o almacenarse (Challco, 2011). Sin embargo, ante situaciones de estrés como sequía o salinidad, los fotoasimilados pueden redirigirse preferencialmente a raíces u hojas jóvenes (Puentes, 2020).

- **Efectos de la salinidad durante el crecimiento, desarrollo de tubérculos y partición de fotoasimilados**

La salinización en suelos cultivables afecta considerablemente la producción de papa, especialmente en regiones áridas y semiáridas; la acumulación de sales en la rizosfera altera procesos fisiológicos críticos como la tuberización, llenado de tubérculos y distribución de fotoasimilados desde las hojas (Gardi, 2014).

- **Efectos en la tuberización**

La salinidad reduce la producción del número y tamaño de tubérculos por diferentes mecanismos; la pérdida de turgencia disminuye la tasa fotosintética y disponibilidad de carbohidratos para los estolones subterráneos, limitando así la inducción de la tuberización. El estrés salino inhibe procesos celulares asociados a la tuberización, como división y expansión del parénquima. Finalmente, la salinidad altera el balance hormonal, reduciendo las citoquininas que promueven la tuberización (Rojas, 2011).

- **Efectos en el llenado de tubérculos**

La reserva de almidón y materia seca durante la etapa de crecimiento del tubérculo también se ve significativamente afectada por la salinidad. Al reducirse la fotosíntesis, disminuyen los niveles de transporte de sacarosa hacia los tubérculos, limitando así la síntesis de almidón (Medina et al., 2016). A nivel bioquímico, el Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> inhiben enzimas como la ADP-glucosa pirofosforilasa, responsable de catalizar pasos limitantes en la síntesis de almidón (Martinez, 2007).

- **Efectos sobre la partición de biomasa**

La salinidad induce un cierre parcial de estomas, reduciendo la expansión foliar y forzando una partición preferencial de fotoasimilados hacia raíces, tallos y tubérculos (Sanabria, 2016). Estudios en hidroponía demuestran reducciones de 30-50% en el índice de cosecha de papa bajo condiciones salinas en comparación con plantas control, debido principalmente a disminución del rendimiento de tubérculos (Ramírez, 2022).

- **Bases fisiológicas**

La inhibición en la partición de fotoasimilados hacia tubérculos por salinidad parece estar mediada por cambios hormonales como reducción de citoquininas y aumento de ABA; a nivel bioquímico también se han reportado efectos desfavorables de los iones Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> sobre enzimas involucradas en procesos como la sacarogénesis y síntesis de almidón en los tubérculos (Tofiño *et al*, 2007).

- **Índices de cosecha en condiciones salinas**

Los niveles altos de salinidad en suelos reducen drásticamente la producción de los cultivos, incluyendo la papa. El índice de cosecha, definido como la compensación de biomasa en los órganos cosechables, es un parámetro útil para entender los efectos de la salinidad en la partición y distribución de fotoasimilados en la papa (Jiménez, 2022).

#### **2.3.4. Bioquímica de la papa**

La papa (*Solanum tuberosum*) es una importante fuente de carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales en la dieta humana, su composición bioquímica varía entre variedades, factores ambientales y de manejo agronómico (Morales, 2015).

##### **- Carbohidratos**

El principal carbohidrato de reserva en los tubérculos es el almidón, representando entre 50 – 80 % del peso seco; el almidón consiste en amilosa (20-30%) y amilopectina (70 – 80 %), polimerizadas a partir de moléculas de glucosa; otras formas de almacenamiento de carbono incluyen azúcares reductores como glucosa y fructosa, y sacarosa proveniente del floema (Cancho, 2013).

##### **- Proteínas**

Los tubérculos contienen entre 3-13% de proteínas, principalmente en forma de enzimas y proteínas de reserva las cuales pueden llegar a constituir hasta el 40 % del total de proteínas solubles en el tubérculo (Cordero y Jarma, 2011).

##### **- Metabolitos secundarios**

Los tubérculos sintetizan compuestos fenólicos, terpenoides, glicoalcaloides y otros metabolitos secundarios con actividad antioxidante y roles protectores; los glicoalcaloides como la solanina confieren resistencia a plagas, pero en altas dosis resultan tóxicos para humanos (Huicho y Suazo, 2006).

##### **- Cambios inducidos por la salinidad en los Carbohidratos, proteínas y otros metabolitos en los tubérculos de papa**

La acumulación de sales en la rizosfera genera estrés osmótico e iónico en las plantas, alterando vías metabólicas y la composición bioquímica de los tubérculos de papa (Ramos, 2016).

## **Carbohidratos**

La salinidad reduce los niveles de almidón en tubérculos mediante la inhibición de enzimas como la ADP-glucosa pirofosforilasa, limitando los pasos de síntesis, también aumentan azúcares reductores como sacarosa, glucosa y fructosa, los cuales cumplen funciones osmoprotectoras (Bocca, 1998).

## **Proteínas**

La acumulación de prolina y glicina betaina aumentan en respuesta a la salinidad para ajuste osmótico y protección enzimática; sin embargo, otros tipos de proteínas como pueden reducirse, afectando la calidad nutricional (Chaman, 2014).

## **Otros metabolitos**

Se induce la síntesis de poliaminas, flavonoides, alfatocoferol y carotenoides antioxidantes para contrarrestar el estrés oxidativo por exceso de sales, también aumentan metabolitos como ácidos orgánicos, aminas y polioles involucrados en tolerancia osmótica (Corrales, 2014).

### **2.4. Definición de términos**

#### **- Ácido abscísico**

Fitohormona con importantes funciones dentro de la fisiología de la planta, participa en procesos del desarrollo y crecimiento; así como en la respuesta a la adaptación ante condiciones adversas como la sequía, salinidad y frío (Martínez, 2018).

#### **- Brotación**

Proceso mediante el cual los tubérculos, como la papa, comienzan a desarrollar brotes que darán lugar a nuevas plantas (Ramos, 2014).

- **Cloruro de calcio**

El cloruro de calcio es una sal inorgánica que se utiliza en contextos agrícolas y alimentarios, sin embargo, su uso excesivo incrementa el nivel de salinidad en el suelo, afectando la capacidad de las plantas para absorber agua y nutrientes, lo que resulta un crecimiento deficiente y estrés hídrico (Terrazas, 2004).

- **Cloruro de sodio**

El cloruro de sodio es un compuesto químico conocido comúnmente como sal de mesa, sin embargo, su presencia en exceso en el suelo puede afectar el potencial hídrico del suelo y la absorción de nutrientes, lo que puede llevar a desequilibrios nutricionales y deficiencias en el tejido de la planta (Roncagliolo, 2001).

- **Compuestos fenólicos**

Metabolitos secundarios sintetizados por las plantas que poseen uno o más grupos hidroxilos unidos a un anillo aromático. Incluyen una amplia gama de sustancias como los ácidos fenólicos, flavonoides, taninos, ligninas y estilbenos (Ordaz, 2015)

- **Estolón**

Estructura vegetal que se extiende horizontalmente desde la base de la planta, permitiendo su crecimiento y propagación en nuevos lugares. Estos estolones son comunes en ciertas especies de plantas, como helechos, musgos y algunas plantas herbáceas. Estas estructuras permiten que la planta busque más luz solar, espacio o recursos, y contribuyen a su reproducción y propagación (Klich, 2017).

- **Estrés hídrico**

Condición que ocurre cuando la pérdida de agua a través de transpiración excede la absorción de agua por parte de la planta, generando un déficit hídrico que afecta diversos procesos fisiológicos y bioquímicos (Ferres, 2008).

- **Factores abióticos**

Componentes no vivos del ambiente que afectan diferentes procesos fisiológicos y de desarrollo de las plantas (Romero, 2015).

- **Fotoasimilados**

Productos de la fijación fotosintética de CO<sub>2</sub>, estas sustancias son sintetizadas por las plantas a partir de dióxido de carbono y energía solar (Cordero, 2020).

- **Germoplasma**

Conjunto de genes que se transmite a través de la descendencia por medio de gametos o células reproductoras; este concepto se utiliza comúnmente para designar la diversidad genética de las especies vegetales, tanto silvestres como cultivadas, de interés para la agricultura (Ponce et al., 2020).

- **Glicina-betaina**

Compuesto orgánico nitrogenado soluble en agua que se acumula en el citosol de varias plantas superiores y halófitas como respuesta a diversos tipos de estrés abiótico, como salinidad y sequías (Solana, 2019).

- **Heredabilidad**

Concepto estadístico que cuantifica la proporción de la variación fenotípica que es debida a las diferencias genéticas entre individuos en una población específica. Es importante destacar que la heredabilidad es específica para una población en un entorno particular y puede cambiar con el tiempo a medida que las circunstancias cambian (Martínez, 2008).

- **Invernadero**

Espacio cerrado, cubierto y acondicionado para proteger las plantas del frío y permitir el cultivo de hortalizas, legumbres, frutas y flores fuera de temporada. Este lugar

proporciona condiciones adecuadas para el crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas, controlando la temperatura, la humedad y otros factores ambientales (Montse, 2009).

- **Iones tóxicos= Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>**

Los iones inorgánicos sodio (Na<sup>+</sup>) y cloro (Cl<sup>-</sup>) dentro de las células vegetales generan efectos adversos que interfieren con procesos fisiológicos normales (Shabala y Munns, 2017).

- **Latencia**

Período en el que una estructura vegetal o un organismo en general muestra una falta de actividad aparente, a menudo como una fase de reposo o inactividad temporal. (Alonso, 2011).

- **Plantas glicófitas**

Son aquellas que tienen una baja tolerancia a la salinidad, estas plantas retienen el sodio en la raíz como mecanismo de defensa, no permitiendo que llegue a las hojas; la mayoría de las plantas cultivables, como el arroz, la cebada, el trigo, el maíz y la papa, son glicófitas y, por tanto, no toleran la sal (Schleicher, 2017).

- **Plantas halófitas**

Son aquellas que han desarrollado adaptaciones para sobrevivir en suelos salinos o en ambientes con altas concentraciones de sal; representan solo el 2% de todas las especies de plantas en el mundo, pero son muy interesantes debido a sus capacidades únicas de adaptación a la salinidad (Cuadros, et al. 2019).

- **Potencial osmótico**

La presión osmótica que actúa sobre la pared celular, debido a la diferencia de gradientes de concentración de solutos entre el interior y el exterior de la célula (Hernández, 1992).



- **Presión osmótica**

La presión que necesita ser aplicada a una solución para prevenir el flujo de agua a través de una membrana semipermeable hacia una solución adyacente más concentrada (Terrazas, 2019).

- **Prolina**

Aminoácido proteico que se acumula en altas concentraciones en el citosol de plantas expuestas a diferentes situaciones de estrés abiótico como sequía, salinidad, temperaturas extremas o metales pesados (López, 2011).

- **Regiones cromosómicas QTL (locus de rasgos cuantitativos)**

Regiones en el genoma que contienen genes que influyen en rasgos como la altura de la planta, el rendimiento de los cultivos, la resistencia a enfermedades, entre otros; la identificación de los QTL es crucial para buscar genes de interés y facilitar su detección (Maldonado, 2019).

- **Sales**

Compuestos iónicos solubles en agua que están presentes de manera natural en muchos suelos, especialmente en regiones áridas y semiáridas (López, 2002). Clasificación de la salinidad según Decreto Supremo 005-2022 del Ministerio de Agricultura y Riego

- **Salinidad**

Presencia de altas concentraciones de sales solubles en el suelo que afectan negativamente el crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos (Goykovic y Saavedra,2007)

**Tabla 1***Clasificación de la salinidad según Decreto Supremo 005-2022 del MIDAGRI*

<b>Símbolo</b>	<b>Clase</b>	<b>Descripción</b>
<b>0</b>	No salino	La conductividad eléctrica (CE) de los suelos es menor de 2 dS/m, la concentración de sales, no limitan el desarrollo de especies vegetales sensibles.
<b>1</b>	Muy ligeramente salino	La conductividad eléctrica (CE) de los suelos es de 2 - 4 dS/m, la concentración de sales, limitan el desarrollo de especies vegetales sensibles.
<b>2</b>	Ligeramente salino	La conductividad eléctrica (CE) de los suelos es de 4 - 8 dS/m, la concentración de sales, inhibe el desarrollo de las especies vegetales sensibles; sin embargo, permite el desarrollo normal de especies vegetales tolerantes.
<b>3</b>	Moderadamente salino	La conductividad eléctrica (CE) de los suelos es de 8 - 16 dS/m, la concentración de sales, permiten el desarrollo de especies vegetales tolerantes.
<b>4</b>	Fuertemente salino	La conductividad eléctrica (CE) de los suelos es de 8 - 16 dS/m, la concentración de sales, permiten el desarrollo de especies vegetales tolerantes.

---

*Nota:* D.S. N° 005-2022-MIDAGRI (2022)

- **Salinización**

Fenómeno inicial referido a la acumulación gradual y continua de sales en el perfil del suelo, principalmente debido a la evaporación del agua en regiones secas o deficiente drenaje de las aguas superficiales y subterráneas en el suelo. (Terrazas, 2019).

- **Suelo salino**

Suelos que poseen concentraciones de sales solubles en niveles altos como para afectar el crecimiento de la mayoría de las especies cultivadas. (Navarro y Navarro, 2013).

- **Tolerancia a la salinidad**

Comportamiento de las plantas para sobrevivir, crecer y reproducirse en suelos con niveles excesivos de sales solubles, a través de adaptaciones morfológicas, anatómicas, fisiológicas y bioquímicas (Sifuentes, 2020).

- **Tubérculo**

Tallos subterráneos modificados y engrosados donde la planta almacena nutrientes de reserva. Tienen una yema central plana y circular, y no poseen escamas ni capas de protección. La reproducción de plantas que producen tubérculos se realiza por semilla o mediante la plantación del mismo tubérculo (Natareno, 2012).

- **Tuberización**

Proceso mediante el cual ciertas plantas, como la papa (*Solanum tuberosum L.*), desarrollan estructuras subterráneas engrosadas llamadas tubérculos; estos tubérculos se forman a partir de rizomas y sirven como órganos de almacenamiento de nutrientes y energía para la planta (Natareno, 2012).

- **Vacuolas**

Son orgánulos celulares en forma de vesícula que almacenan sustancias para diversas funciones celulares. En las plantas, las vacuolas también pueden almacenar pigmentos, toxinas y compuestos que ayudan en la defensa contra herbívoros y patógenos; además, las vacuolas pueden contener agua, enzimas, sales, azúcares y algunas proteínas en disolución (Taiz y Zeiger, 2006).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación

La Instalación, conducción y evaluación del experimento del trabajo de investigación se realizó en el invernadero de producción de semilla pre básica de papa de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca.

- **Ubicación política**

Región: Cajamarca

Provincia: Cajamarca

Distrito: Baños del Inca

Lugar: Estación Experimental Agraria Baños Del Inca- INIA

- **Ubicación Geográfica (Coordenadas UTM)**

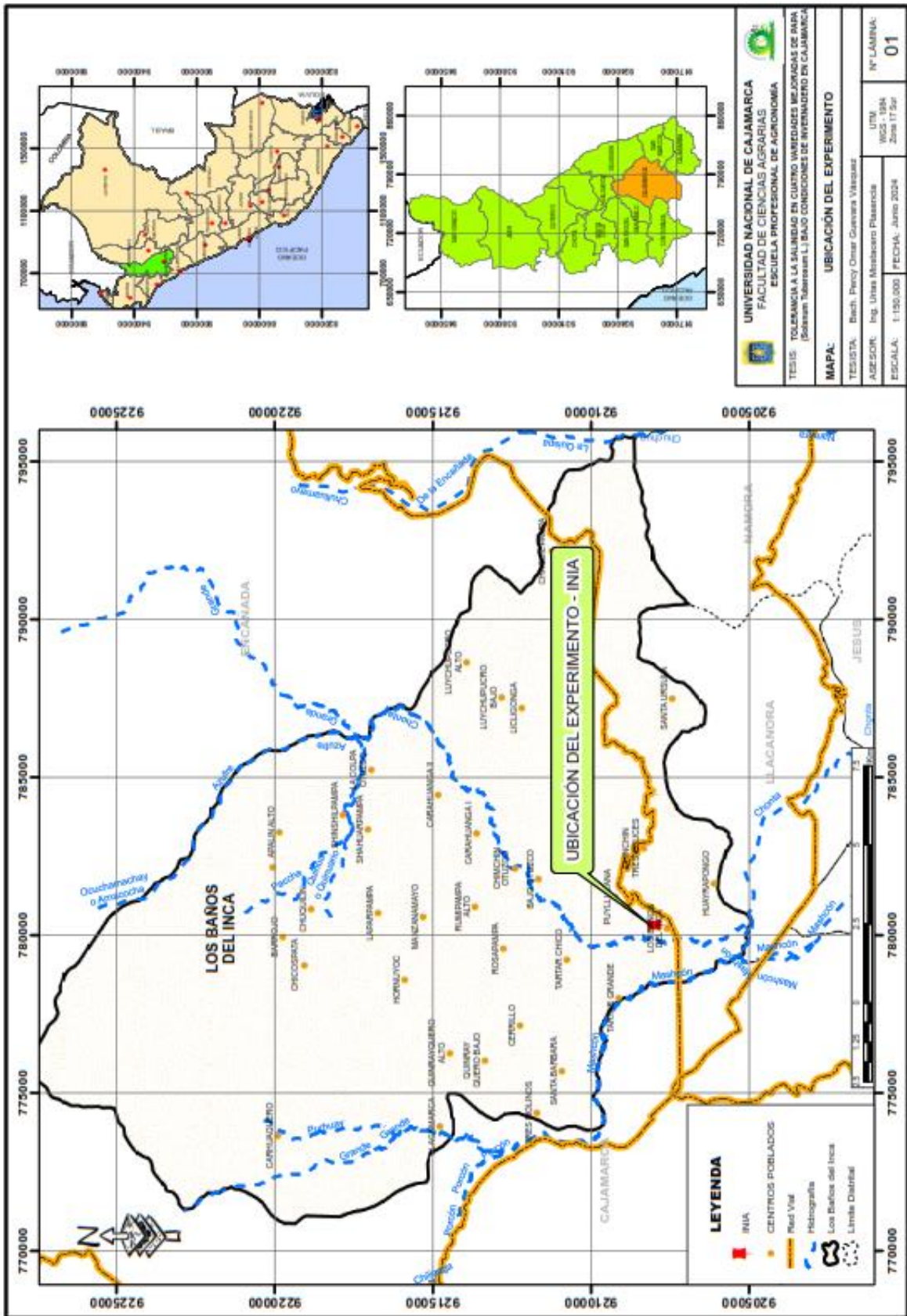
Este: 780327.37 m

Norte: 9207878.25 m

Altitud: 2667 m

#### **Figura 1**

*Ubicación del experimento*



### **3.2. Materiales**

#### **- Material vegetal**

Tubérculos de papa de las variedades INIA-302 Amarilis, INIA-303 Canchan, INIA-326 Shulay y Yungay.

#### **- Insumos**

- Sales de Cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ )
- Sustrato
- Fertilizantes químicos y foliares
- Pesticidas
- Alcohol o Lejía

#### **- Materiales experimentales**

- Macetas N° 12
- Cuchilla
- Franela o papel toalla
- Equipo de protección personal
- Regadera

#### **- Equipos de laboratorio**

- Balanza
- Termómetro

#### **- Otros Materiales**

- Cuaderno
- Lápiz
- Lapiceros

- Plumón indeleble
- Plumón acrílico
- Papel bond A4
- Calculadora

### 3.3. Tipo y diseño de investigación

#### 3.3.1 Diseño experimental

La presente investigación se ejecutó bajo un diseño completamente al azar (DCA) factorial de 4A x 4B, con 3 repeticiones y 16 tratamientos por repetición, considerando 5 macetas por tratamiento, cuyo modelo estadístico es:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Respuesta

$\mu$  = Efecto medio

$\alpha_i$  = Efecto verdadero del i-ésimo nivel del factor A

$\beta_j$  = Efecto verdadero del j-ésimo nivel del factor B

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto verdadero de la interacción

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental

- **Factor A (Variedades de papa)**

Variedad 1 = Inia - 302 Amarilis

Variedad 2 = Inia - 303 Canchan

Variedad 3 = Inia - 326 Shulay

Variedad 4 = Yungay

- **Factor B (Salinidad)**

Nivel 1 = 0.24 dS/m

Nivel 2 = 1.45 dS/m

Nivel 3 = 3.80 dS/m

Nivel 4 = 4.80 dS/m

### 3.3.2 Arreglos de los tratamientos

**Tabla 2**

*Tratamientos en estudio*

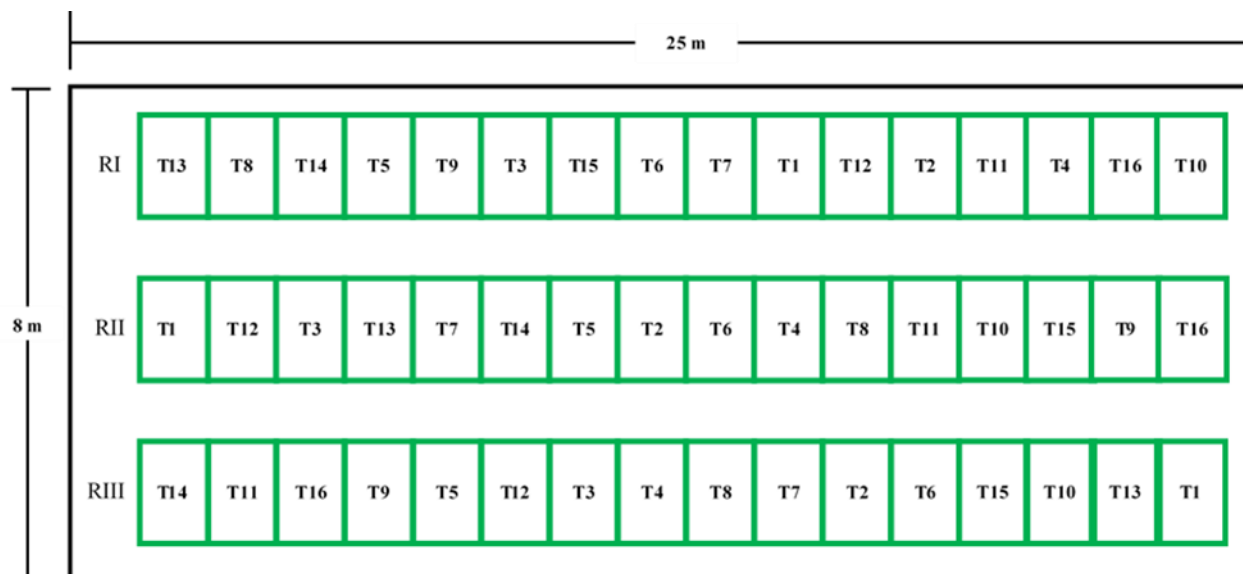
<b>Tratamientos</b>	<b>Variedades de papa</b>	<b>Salinidad</b>
1	Inia - 302 Amarilis	0.24 dS/m
2	Inia - 302 Amarilis	1.45 dS/m
3	Inia - 302 Amarilis	3.80 dS/m
4	Inia - 302 Amarilis	4.80 dS/m
5	Inia - 303 Canchan	0.24 dS/m
6	Inia - 303 Canchan	1.45 dS/m
7	Inia - 303 Canchan	3.80 dS/m
8	Inia - 303 Canchan	4.80 dS/m
9	Inia - 326 Shulay	0.24 dS/m
10	Inia - 326 Shulay	1.45 dS/m
11	Inia - 326 Shulay	3.80 dS/m
12	Inia - 326 Shulay	4.80 dS/m
13	Yungay	0.24 dS/m
14	Yungay	1.45 dS/m
15	Yungay	3.80 dS/m
16	Yungay	4.80 dS/m



### 3.3.3 Croquis del experimento

**Figura 2**

*Aleatorización y distribución de los tratamientos en tres repeticiones*



### 3.4. Metodología

#### 3.4.1 Acondicionamiento del invernadero

El invernadero fue sometido a un proceso de limpieza y desinfección; para ello, se utilizó una solución de lejía al 5% en agua, la cual fue aplicada en todas las instalaciones; adicionalmente, se fumigó con Tifón como medida preventiva ante la posible presencia de plagas que pudieran afectar los cultivos.

#### 3.4.2 Lavado y desinfección de macetas

Primero se eliminó completamente cualquier resto de sustratos, raíces o residuos de cultivos anteriores que pudo tener la maceta, cepillando vigorosamente las paredes y base, o bien enjuagando con chorros de agua a presión; una vez limpias, se preparó una solución desinfectante a base de hipoclorito de sodio al 5% y se sumergió por completo cada maceta en la mezcla por al menos 20 minutos, finalizado este tiempo, se enjuagaron con abundante agua limpia.

### **3.4.3 Obtención de semilla.**

La semilla prebásica debidamente tratada fue proporcionada por el Programa Nacional de Raíces y Tuberosas de la Estación experimental Agraria Baños Del Inca.

### **3.4.4 Preparación del Sustrato**

Se desinfectó el sustrato de la marca Malki con formol diluido en agua al 5%, aplicando 10 litros por metro cuadrado. Luego, se cubrió con plástico de color negro durante 8 días; finalmente, antes de la siembra, se procedió a mezclar el sustrato con diferentes concentraciones de salinidad y después se distribuyeron 2 kg por maceta de acuerdo a los tratamientos en estudio.

### **3.4.5 Siembra**

La siembra se realizó siguiendo el diseño experimental establecido, colocando un solo tubérculo en cada macetero (5 maceteros por tratamiento). Inmediatamente después de la siembra, se aplicó el abonamiento en la dosis prevista. La fertilización de fondo que se utilizó contenía 160 unidades de nitrógeno, 80 de fósforo y 100 de potasio por hectárea, aplicadas en forma de urea, fosfato triple y cloruro de potasio. La urea se dividió en dos partes iguales: el 50 % se aplicó a la siembra y el 50 % restante será añadido en el primer aporque.

### **3.4.6 Riego**

Los riegos se efectuaron a diario, entre cada día, el procedimiento consistió en verter agua directamente sobre el sustrato de cada macetero, sin dirigir el chorro de agua hacia el follaje de las plantas; es decir, se aplicó el equivalente de 4 litros por repetición en cada riego realizado.

### **3.4.7 Aporque**

El primer aporque del cultivo se llevó a cabo cuando las plantas habían alcanzado una altura promedio de 25 centímetros: posteriormente, se realizó un segundo aporque cuando el promedio de altura de las plantas llegó a los 45 centímetros con el objetivo de realizar estos

dos aporques fue promover el etiolamiento de las yemas e inducir el inicio del proceso de tuberización en los cultivos.

### **3.4.8 Aplicaciones foliares**

Con el objetivo de complementar la nutrición de las plantas, se administró el fertilizante líquido Agrostermin, que contiene una mezcla de micronutrientes; la aplicación del producto se realizó siguiendo las especificaciones descritas en la ficha técnica del mismo, en cuanto a dosis a utilizar de acuerdo al cultivo y etapa de crecimiento, así como la frecuencia recomendada.

### **3.4.9 Aplicaciones fitosanitarias**

Durante el experimento se realizó un constante monitoreo para la detección temprana de posibles plagas y enfermedades que pudieron afectar el cultivo; cuando se detectaron problemas fitosanitarios, éstos fueron manejados de acuerdo al nivel de incidencia observado; considerando que en condiciones normales de experimentación las principales amenazas suelen ser por infecciones fúngicas, se realizó de manera preventiva una aplicación de la mezcla fungicida Antracol para proteger contra el ataque de hongos: del mismo modo, aún sin haberse registrado insectos perjudiciales hasta el momento, se procedió de forma profiláctica a utilizar el insecticida Matrix con el objetivo de prevenir el daño al cultivo por posibles fitófagos durante el desarrollo del experimento.

### **3.4.10 Evaluaciones**

#### **3.4.11 Porcentaje de emergencia plantas**

El porcentaje de emergencia del cultivo se determinó en el primer mes tras la siembra; para esto, se contabilizó la cantidad de plantas emergidas por tratamiento y se comparará con la cantidad total de tubérculos que fueron sembrados al inicio, empleando la siguiente fórmula matemática se calculó el porcentaje de emergencia:

$$\text{Porcentaje de emergencia} = \frac{\text{número de plantas emergidas}}{\text{numero de tubérculos sembrados}} \times 100$$

### **3.4.12 Altura de planta**

Con el objetivo de determinar el crecimiento del cultivo, se registró la altura que presentaba cada planta en los diferentes tratamientos 60 días después de la emergencia; la medición se realizó utilizando una regla que se extendía desde la parte más alta del tallo principal (ápice) hacia abajo, siguiendo la dirección de dicho tallo central hasta llegar a la superficie del sustrato donde se encontraba enraizada la planta; estas alturas del vástago principal de las plantas se anotaron y contrastaron entre los tratamientos para evaluar el progreso y desarrollo del cultivo en las distintas condiciones experimentales.

### **3.4.13 Numero de tubérculos**

Se eligieron 5 plantas que correspondían a cada tratamiento y se registró el número total de tubérculos que se formaron en cada planta, sin importar las dimensiones de dichos tubérculos o si presentaban alguna imperfección exterior.

### **3.4.13 Longitud de raíz**

Cuando se extrajeron las plantas enteras, se retiró con cuidado todo el suelo que estaba sobre las raíces, para obtener las raíces limpias. Posteriormente se procedió a cuantificar la longitud total del sistema radicular de cada planta empleando una regla como instrumento de medición.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Análisis de la emergencia

El ANOVA revela que la interacción entre los factores (V\*S) no alcanza significancia estadística, ya que el valor de significación (p-valor = 0.2787) supera el umbral del 5 %; esto indica que no hay un efecto significativo de la combinación entre la variedad de papa y las dosis de sales en el porcentaje de emergencia; en otras palabras, la respuesta de las variedades de papa no parece verse influida por las diferentes dosis de sales aplicadas; en cuanto a los bloques, el valor de significancia (p-valor = 0.0037) es menor al 5 %, indicando que existen diferencias significativas en el porcentaje de emergencia entre los bloques; estas diferencias pueden atribuirse a características específicas de cada bloque que influyen en la emergencia de las plantas de papa.

En lo que respecta al factor Variedad (V), su valor de significancia (p-valor = 0.0001) también es inferior al 5 %, lo que indica que las distintas variedades de papa tienen un efecto significativo en el porcentaje de emergencia; es decir, algunas variedades muestran un mayor porcentaje de emergencia que otras; por último, para el factor Sales (S), el valor de significancia (p-valor = 0.0001) también es menor al 5 %, lo que indica un efecto significativo de las dosis de sales en el porcentaje de emergencia de las plantas de papa; esto implica que las diferentes concentraciones de sales tienen un impacto medible en la capacidad de emergencia de las papas.

El coeficiente de variación fue de 11.81 %, el cual indica que hubo poca variabilidad en las mediciones del porcentaje de emergencia entre las diferentes muestras analizadas por tratamiento. Además, denota que el diseño utilizado para medir el porcentaje de emergencia fue adecuado.

Los resultados de la prueba de Tukey (Tabla 3), muestra diferencias significativas en el porcentaje de emergencia entre las variedades de papa evaluadas; la variedad INIA-303 Canchan presenta el mayor porcentaje de emergencia con un valor de 90.00 %, seguida de

cerca por la variedad INIA-326 Shulay con 86.67; en términos de porcentaje de emergencia no existe diferencias significativas entre estas dos variedades; la variedad INIA-302 Amarilis muestra un porcentaje de emergencia ligeramente inferior con 76.67 % diferenciándose únicamente de la variedad INIA-303 Canchan. Finalmente, la variedad Yungay exhibe el porcentaje de emergencia más bajo con 70.00 %, diferenciándose de las variedades INIA-303 Canchan y INIA-326 Shulay.

Los resultados de la prueba de Tukey para el factor de sales (dS/m) muestran diferencias significativas en el porcentaje de emergencia entre los diferentes niveles de sales evaluados; la dosis más baja de sales, 0.24 dS/m, exhibe el mayor porcentaje de emergencia, con un valor del 100.00 %, estadísticamente diferente y superior al resto; a medida que aumenta la concentración de sales, se observa una disminución en el porcentaje de emergencia; la dosis de 1.45 dS/m tiene un porcentaje de emergencia ligeramente inferior, con un valor de 85.00 %; las dosis más altas de sales, 3.8 dS/m y 4.8 dS/m, muestran los porcentajes de emergencia más bajos, con valores de 73.33 % y 65.00 % respectivamente, y no hay diferencias significativas en el porcentaje de emergencia entre ellas.

Los resultados de la prueba de Tukey indican que a medida que aumenta la concentración de sales, disminuye el porcentaje de emergencia de las plantas de papa, siendo la dosis más baja la que muestra el mayor porcentaje de emergencia, seguida por las dosis intermedias y luego las dosis más altas de sales.

**Tabla 3**

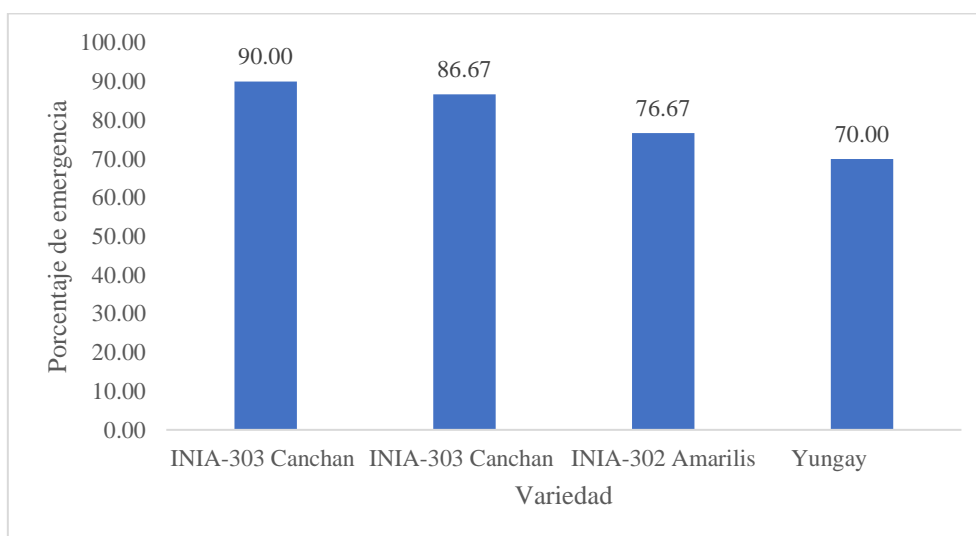
*Análisis de varianza (ANOVA) para la emergencia*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F Calculado</b>	<b>p-valor</b>	<b>F Tabular (=0.05)</b>
Bloque	0.277	2	0.138	6.794	0.0037	3.32
Variedad (V)	0.641	3	0.214	10.49	0.0001	2.92
Sales (S)	2.632	3	0.877	43.057	<0.0001	2.92
V*S	0.238	9	0.026	1.298	0.2787	2.21
Error	0.611	30	0.02			
Total	4.399	47				

**CV = 11.81 %**

**Tabla 4***Prueba de Tukey para los niveles del factor Variedad*

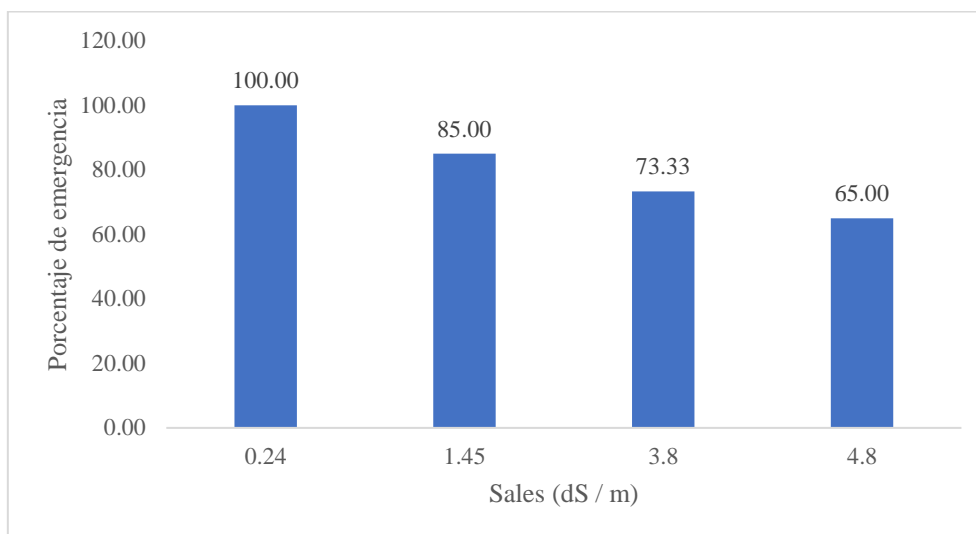
<b>Variedad</b>	<b>Porcentaje de emergencia</b>	<b>Agrupación</b>
INIA-303 Canchan	90.00	A
INIA-326 Shulay	86.67	AB
INIA-302 Amarilis	76.67	BC
Yungay	70.00	C

**Figura 3***Medias del porcentaje de emergencia por cada variedad de papa***Tabla 5***Prueba de Tukey para los niveles del factor Sales*

<b>Sales (dS/m)</b>	<b>Porcentaje de emergencia</b>	<b>Agrupación</b>
0.24	100.00	A
1.45	85.00	B
3.8	73.33	C
4.8	65.00	C

#### Figura 4

Medias del porcentaje de emergencia por cada dosis de sales



En cuanto a las variedades, la variedad INIA-303 Canchan muestra el mayor porcentaje de emergencia, lo que indica que es la más tolerante a las condiciones de salinidad evaluadas en comparación con las otras variedades; esto puede deberse a características genéticas particulares de esta variedad que le confieren una mayor capacidad para brotar y emerger bajo condiciones de estrés por sal; la variedad Yungay por el contrario exhibe la emergencia más baja, sugiriendo que es la más sensible a la salinidad.

Respecto al factor sales, claramente se observa que, a mayor concentración de sales en el sustrato, menor es el porcentaje de emergencia en las plantas de papa; esta relación inversa es esperable, ya que niveles crecientes de salinidad generan estrés osmótico e iónico en los tubérculos que dificultan los procesos fisiológicos necesarios para una correcta emergencia de brotes de tubérculos (Sanchez y Ortega 2011); la máxima emergencia con la dosis más baja de sales confirma que la papa, como la mayoría de cultivos, es sensible a la salinidad especialmente en las primeras etapas de desarrollo

#### 4.2. Análisis altura de planta

El análisis de varianza para la altura de la planta revela que la interacción entre los factores (V\*S) es estadísticamente significativa, con un p-valor menor a 0.0001; esto indica que existe un efecto asociado entre la variedad de papa y las dosis de sales en la altura de la planta; en otras palabras, la respuesta de las variedades de papa a las diferentes dosis de sales



aplicadas es diferente; en cuanto a los bloques, el valor de significancia es de 0.0127, también inferior al 5 %, lo que indica que existen diferencias significativas en la altura de la planta entre los bloques utilizados en el experimento. Esto indica que factores externos no controlados pueden estar contribuyendo a las variaciones observadas en la altura de las plantas.

En lo que respecta al factor Variedad (V), su p-valor es menor a 0.0001, indicando un efecto altamente significativo de las diferentes variedades de papa en la altura de la planta; esto implica que algunas variedades pueden tener una altura significativamente mayor que otras, el factor Sales (S), el p-valor es también menor a 0.0001, lo que indica un efecto altamente significativo de las dosis de sales en la altura de la planta. Esto implica que las diferentes concentraciones de sales tienen un impacto significativo en la altura de las plantas de papa.

El coeficiente de variación fue de 1.23 %, el cual indica que hubo muy baja variabilidad en las mediciones del de la altura de planta entre las diferentes muestras analizadas por tratamiento. Además, denota que el diseño utilizado para medir la altura de planta fue adecuado.

La Prueba de Tukey indica que los mejores tratamientos son los que involucran a la variedad INIA-303 Canchan con concentraciones de sales de 0.24 y 1.24 (dS/m), cuyos resultados fueron 42.52 y 42.33 cm, estos resultados son estadísticamente iguales y superiores a los demás. Los resultados más bajos se encontraron con la variedad Yungay con una concentración de 4.8 (dS/m), cuyas alturas de plantas obtenidas con este tratamiento fue de 7.03 cm. En general, los resultados de la prueba de Tukey confirman que la interacción entre la variedad de papa y las dosis de sales tiene un impacto significativo en la altura de planta, con algunas variedades siendo más sensibles a las diferentes concentraciones de sales que otras.

La Figura 4 muestra que la altura de planta de las diferentes variedades de papa disminuye a medida que aumenta la concentración de sales en el suelo, en la variedad INIA-302 Amarilis, la altura de planta disminuye gradualmente desde 19.51 cm en la dosis más baja de sales (0.24 dS/m) hasta 10.49 cm en la dosis más alta (4.8 dS/m); de manera similar, la variedad INIA-303 Canchan exhibe una reducción en la altura de planta desde 42.52 cm hasta 32.14 cm en las mismas dosis de sales. La variedad INIA-326 Shulay muestra alturas de planta relativamente altas en las dosis más bajas de sales, pero también experimenta una disminución a medida que aumenta la concentración de sales. Finalmente, la variedad Yungay muestra las

alturas de planta más bajas en todas las dosis de sales evaluadas, con una reducción notable desde 17.12 cm hasta 7.03 cm en las dosis más bajas y altas de sales respectivamente; estos resultados resaltan la sensibilidad de las variedades de papa a las concentraciones de sales y la importancia de gestionar adecuadamente la salinidad del suelo para optimizar el crecimiento de las plantas.

**Tabla 6**

*Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de planta*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F Calculado</b>	<b>p-valor</b>	<b>F Tabular (=0.05)</b>
Bloque	0.689	2	0.344	5.070	0.0127	3.32
Variedad (V)	5279.402	3	1759.801	25912.656	<0.0001	2.92
Sales (S)	623.873	3	207.958	3062.128	<0.0001	2.92
V*S	45.896	9	5.100	75.090	<0.0001	2.21
Error	2.037	30	0.068			
Total	5951.897	47				

CV = 1.23 %

**Tabla 7**

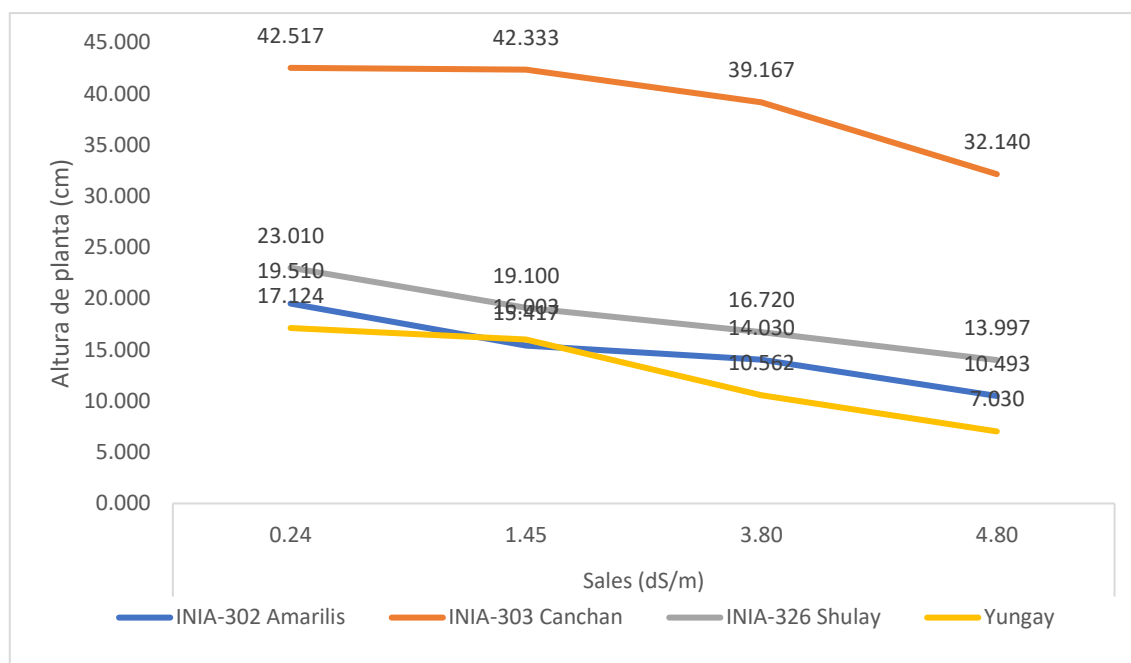
*Prueba de Tukey para el efecto de la interacción en la altura de planta*

<b>Variedad</b>	<b>Sales (dS/m)</b>	<b>Altura de planta en (cm)</b>	<b>Agrupación</b>
INIA-303 Canchan	0.24	42.52	A
INIA-303 Canchan	1.45	42.33	A
INIA-303 Canchan	3.8	39.17	B
INIA-303 Canchan	4.8	32.14	C
INIA-326 Shulay	0.24	23.01	D
INIA-302 Amarilis	0.24	19.51	E
INIA-326 Shulay	1.45	19.10	E
Yungay	0.24	17.12	F
INIA-326 Shulay	3.8	16.72	FG
Yungay	1.45	16.00	GH
INIA-302 Amarilis	1.45	15.42	H
INIA-302 Amarilis	3.8	14.03	I
INIA-326 Shulay	4.8	14.00	I

Yungay	3.8	10.56	J
INIA-302 Amarilis	4.8	10.49	J
Yungay	4.8	7.03	K

**Figura 5**

*Comportamiento de la altura de planta de cada variedad según dosis de sales*



La variedad INIA-303 Canchan demostró ser la más tolerante, manteniendo un crecimiento adecuado incluso a concentraciones moderadamente altas de sales (1.24 dS/m); por el contrario, la variedad Yungay exhibió una marcada reducción en la altura aún en dosis bajas de salinidad; estos resultados sugieren la presencia de mecanismos de tolerancia superiores en la variedad Canchan, según Terrazas (2019) las plantas halófitas y glicófitas tolerantes a sales presentan adaptaciones fisiológicas y bioquímicas para contrarrestar la salinidad.

En concordancia con otros estudios, nuestros hallazgos confirman que existe una fuerte interacción genotipo por ambiente regulando el crecimiento de las plántulas de papa bajo condiciones de salinidad. Es decir, el efecto negativo del estrés salino sobre la altura de planta depende en gran medida de las características genéticas de cada variedad.

Para Albadalejo (2018), la respuesta fisiológica de las plantas a la salinidad implica dos fases: una respuesta osmótica rápida debido a la reducción en el potencial hídrico del suelo y una respuesta iónica específica más lenta por la acumulación de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  en las células, en la fase osmótica, el déficit hídrico induce el cierre estomático, reducción de la expansión celular y disminución del crecimiento foliar; en la fase iónica, la acumulación de iones tóxicos  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  inhibe procesos enzimáticos, interfiere con la nutrición mineral y puede causar la muerte celular.

#### **4.3. Análisis para el número de tubérculos**

El análisis de varianza para el número de tubérculos revela que la interacción entre los factores (V\*S) no alcanza significancia estadística, ya que el valor de significación (p-valor = 0.3031) supera el umbral del 5 %. Esto indica que no hay un efecto significativo de la combinación entre la variedad de papa y las dosis de sales en el número de tubérculos. En otras palabras, la respuesta de las variedades de papa no parece verse influida por las diferentes dosis de sales aplicadas. En cuanto a los bloques, el valor de significancia (p-valor = 0.1668) es mayor al 5 %, indicando que no existen diferencias significativas en el número de tubérculos entre los bloques.

En lo que respecta al factor Variedad (V), su valor de significancia (p-valor = 0.0281) también es inferior al 5 %, lo que indica que las distintas variedades de papa tienen un efecto significativo en el número de tubérculos, es decir, algunas variedades muestran un mayor número de tubérculos que otras. Por último, para el factor Sales (S), el valor de significancia (p-valor = <0.0001) también es menor al 5 %, lo que indica un efecto significativo de las dosis de sales en el número de tubérculos de las plantas de papa; esto implica que las diferentes concentraciones de sales tienen un impacto significativo en el número de tubérculos.

El coeficiente de variación fue de 25 %, el cual indica que hubo regular variabilidad en las mediciones del número de tubérculos entre las diferentes muestras analizadas por tratamiento. Además, denota que el diseño utilizado para medir el número de tubérculos fue adecuado.

Los resultados de la prueba de Tukey (Tabla 8), muestra diferencias significativas en el número de tubérculos entre las variedades de papa evaluadas. La variedad INIA-303 Canchan y INIA-326 Shulay presentan el mayor número de tubérculos con un valor de 3; en términos

de número de tubérculos no existe diferencias significativas entre estas dos variedades. La variedad INIA-302 amarilis y Yungay muestran un valor de 2 tubérculos, estas dos variedades no se diferencian entre sí, pero si distan significativamente de las dos primeras

Los resultados de la prueba de Tukey para el factor de sales (dS/m) muestran diferencias significativas en el número de tubérculos entre los diferentes niveles de sales evaluados; la dosis más baja de sales, 0.24 dS/m, exhibe el mayor número de tubérculos, con un valor de 6, estadísticamente diferente y superior al resto; a medida que aumenta la concentración de sales, se observa una disminución en el número de tubérculos; con la dosis de 1.45 dS/m se obtiene 3 tubérculos, resultado inferior al primero; con las dosis más altas de sales, 3.8 dS/m y 4.8 dS/m, se obtuvieron los resultados más bajos, los cuales fueron 2 y 1 tubérculo por planta. Estos resultados indican que a medida que aumenta la concentración de sales, disminuye el número de tubérculos, siendo la dosis más baja la que muestra el mayor resultado, seguida por las dosis intermedias y luego las dosis más altas de sales.

**Tabla 8**

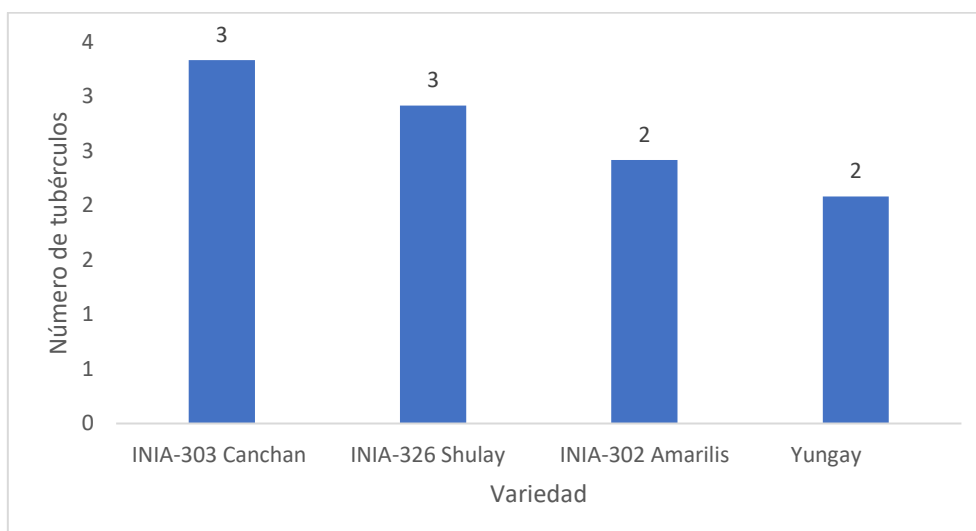
*Análisis de varianza (ANOVA) el número de tubérculos*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F Calculado</b>	<b>p-valor</b>	<b>F Tabular (=0.05)</b>
Bloque	0.4929	2	0.2465	1.9021	0.1668	3.32
Variedad (V)	1.3506	3	0.4502	3.4746	0.0281	2.92
Sales (S)	18.6856	3	6.2285	48.0711	<0.0001	2.92
V*S	1.4585	9	0.1621	1.2508	0.3031	2.21
Error	3.8871	30	0.1296			
Total	25.8748	47				

**CV = 25 %**

**Tabla 9***Prueba de Tukey para los niveles del factor Variedad*

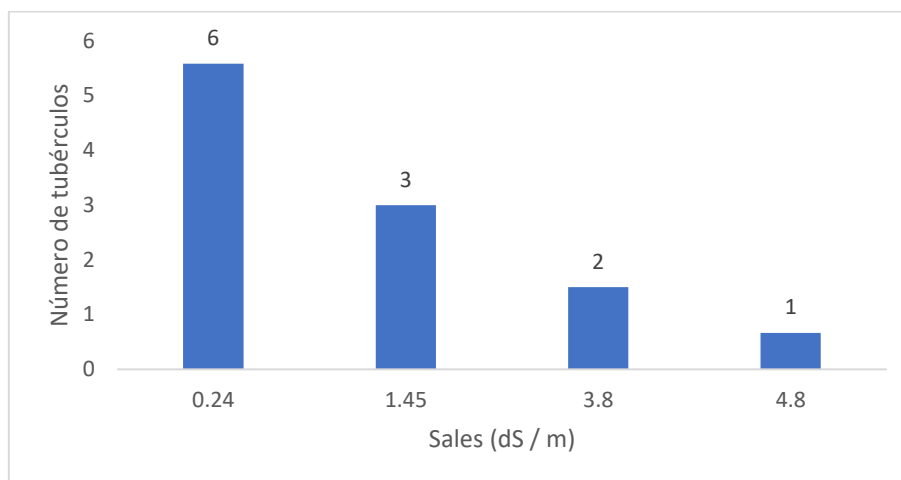
<b>Variedad</b>	<b>Número de tubérculos</b>	<b>Agrupación</b>
INIA-303 Canchan	3	A
INIA-326 Shulay	3	AB
INIA-302 Amarilis	2	BC
Yungay	2	C

**Figura 6***Medias del número de tubérculos para cada variedad de papa***Tabla 10***Prueba de Tukey para los niveles del factor Sales*

<b>Sales (dS/m)</b>	<b>Número de tubérculos</b>	<b>Agrupación</b>
0.24	6	A
1.45	3	B
3.8	2	C
4.8	1	D

## Figura 7

Medias del número de tubérculos por cada dosis de sales



Nuestros hallazgos concuerdan con diversos estudios previos que reportan una reducción significativa en el número de tubérculos por planta en papa sometida a diferentes niveles de salinidad (Adyab et al. 2019; Esfahani et al. 2014; Kumar et al. 2007). Esta disminución parece estar relacionada con los efectos adversos de la sal sobre procesos fisiológicos vitales como fotosíntesis, translocación de fotoasimilados y balance hormonal.

Sin embargo, los rangos de salinidad evaluados y severidad de la reducción tuberosa varían entre investigaciones. Por ejemplo, Khayyat et al. (2007) encontraron una caída del 68% en el rendimiento con 8 dS/m, mientras que en nuestro ensayo la máxima concentración fue 4.8 dS/m pero se observó una reducción de hasta 83%. Estas inconsistencias podrían explicarse por las diferencias en condiciones ambientales y genotipos utilizados entre estudios.

Otro aspecto relevante es que varios autores como Adyab et al. (2019) y Esfahani et al. (2014) también reportaron una interacción significativa entre genotipo y nivel de salinidad, congruente con nuestros resultados donde distintas variedades exhibieron respuestas variables. Esto resalta la importancia de la selección de genotipos tolerantes como estrategia para atenuar las pérdidas de rendimiento.

La salinidad reduce el número y tamaño de tubérculos por diferentes mecanismos; el déficit hídrico disminuye la tasa fotosintética y disponibilidad de carbohidratos para los estolones subterráneos, limitando así la inducción de la tuberización. El estrés salino inhibe procesos celulares asociados a la tuberización, como división y expansión del parénquima. Finalmente,

la salinidad altera el balance hormonal, reduciendo las citoquininas que promueven la tuberización (Rojas, 2011).

#### **4.4. Análisis longitud de raíz**

El análisis de varianza para la longitud de raíz revela que la interacción entre los factores (V\*S) es altamente significativa, con un p-valor menor a 0.0001; esto indica que hay un efecto significativo asociado entre la variedad de papa y las dosis de sales en la longitud de raíz. En otras palabras, la respuesta de las variedades de papa a las diferentes dosis de sales aplicadas es diferente, lo que indica que la interacción entre estos factores tiene un impacto importante en la longitud de raíz de las plantas de papa; en cuanto a los bloques, el valor de significancia es de 0.38, lo que indica que no hay diferencias significativas en la longitud de raíz entre los bloques utilizados en el experimento. Esto indica que los factores externos no controlados representados por los bloques no contribuyen de manera significativa a las diferencias observadas en la longitud de raíz de las plantas.

En lo que respecta al factor Variedad (V), su p-valor es menor a 0.0001, lo que indica un efecto altamente significativo de las diferentes variedades de papa en la longitud de raíz; esto implica que algunas variedades pueden tener una longitud de raíz significativamente mayor que otras, lo que puede ser crucial en términos de la salud y el rendimiento de la planta; para el factor Sales (S), el p-valor también es menor a 0.0001, lo que indica un efecto altamente significativo de las dosis de sales en la longitud de raíz. Esto implica que las diferentes concentraciones de sales tienen un impacto significativo en la longitud de raíz de las plantas de papa, lo que puede ser un factor importante a considerar en la optimización del crecimiento y desarrollo de las plantas.

El coeficiente de variación fue de 2.32 %, el cual indica que hubo muy baja variabilidad en las mediciones de la longitud de raíz entre las diferentes muestras analizadas por tratamiento. Además, denota que el diseño utilizado para medir la longitud de raíz fue adecuado.

La Prueba de Tukey indica que el mejor tratamiento es el que involucran a la variedad INIA-303 Canchan con una concentración de sales de 0.24, cuyos resultados fueron 7.63 cm. Este resultado es estadísticamente superior a los demás, los resultados más bajos se encontraron con la variedad Yungay con una concentración de 4.8 (dS/m), cuya longitud de raíz obtenida con este tratamiento fue de 2.70 cm. En general, los resultados de la prueba de Tukey confirman



que la interacción entre la variedad de papa y las dosis de sales tiene un impacto significativo en la longitud de raíz, con algunas variedades siendo más sensibles a las diferentes concentraciones de sales que otras.

La Figura 7, muestra que la variedad INIA-303 Canchan presenta la longitud de raíz más alta en todas las dosis de sales, con valores que van desde 7.627 cm en la dosis más baja (0.24 dS/m) hasta 4.300 cm en la dosis más alta (4.80 dS/m). Esto indica una mayor resistencia o adaptabilidad de esta variedad a las diferentes concentraciones de sales, ya que mantiene una longitud de raíz relativamente alta en todas las condiciones evaluadas.

La variedad INIA-326 Shulay también muestra longitudes de raíz considerables, especialmente en las dosis más bajas de sales; Sin embargo, se observa una disminución en la longitud de raíz a medida que aumenta la concentración de sales, aunque esta disminución es menos pronunciada en comparación con otras variedades; por otro lado, la variedad INIA-302 Amarilis muestra longitudes de raíz moderadas en las dosis más bajas de sales, pero experimenta una disminución considerable a dosis más altas; esto indica que esta variedad es más sensible a las sales y su longitud de raíz se ve afectada negativamente por concentraciones más altas de sales; en contraste, la variedad Yungay muestra las longitudes de raíz más bajas en todas las dosis de sales evaluadas. Además, parece ser la más sensible a las sales, mostrando una disminución significativa en la longitud de raíz incluso a dosis bajas de sales.

**Tabla 11**

*Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de raíz*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F Calculado</b>	<b>p-valor</b>	<b>F Tabular</b>
Bloque	0.0228	2	0.0114	0.9994	0.38	3.32
Variedad (V)	28.502	3	9.5007	831.8404	<0.0001	2.92
Sales (S)	65.1415	3	21.7138	1901.179	<0.0001	2.92
V*S	4.6001	9	0.5111	44.7517	<0.0001	2.21
Error	0.3426	30	0.0114			
Total	98.609	47				

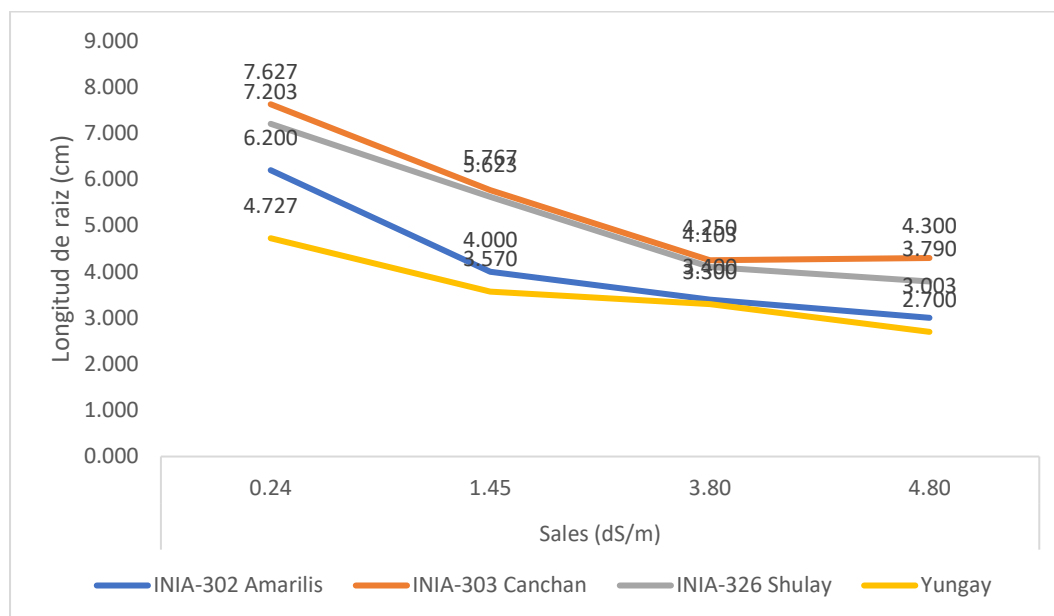
CV = 2.32 %

**Tabla 12***Prueba de Tukey para el efecto de la interacción en la longitud de raíz*

<b>Variedad</b>	<b>Sales (dS / m)</b>	<b>Longitud de raíz</b>	<b>Agrupación</b>
INIA-303 Canchan	0.24	7.63	A
INIA-326 Shulay	0.24	7.20	B
INIA-302 Amarilis	0.24	6.20	C
INIA-303 Canchan	1.45	5.77	D
INIA-326 Shulay	1.45	5.62	D
Yungay	0.24	4.73	E
INIA-303 Canchan	4.8	4.30	F
INIA-303 Canchan	3.8	4.25	F
INIA-326 Shulay	3.8	4.10	FG
INIA-302 Amarilis	1.45	4.00	FG
INIA-326 Shulay	4.8	3.79	GH
Yungay	1.45	3.57	HI
INIA-302 Amarilis	3.8	3.40	I
Yungay	3.8	3.30	IJ
INIA-302 Amarilis	4.8	3.00	JK
Yungay	4.8	2.70	K

**Figura 8**

*Comportamiento de la longitud de raíz de cada variedad según dosis de sales*



Al igual que lo reportado por Haynes (2017), Khalid et al. (2017) y Gupta et al. (2015), observamos una reducción dramática en la longitud de raíces de plantas de papa expuestas a diferentes niveles de salinidad, siendo este parámetro mucho más afectado que otros indicadores de crecimiento. Esto se debe probablemente a que las raíces son los primeros órganos en detectar y sufrir los efectos osmóticos e iónicos del estrés salino (Munns y Tester, 2008).

Sin embargo, la magnitud de reducción radicular varía entre estudios. Por ejemplo, para la variedad Desiree con 6 dS/m, Haynes (2017) reporta una disminución de solo 37% versus más del 60% en nuestro ensayo estas inconsistencias podrían deberse al uso de diferentes ambientes experimentales (hidropónico vs sustrato) y estadios de desarrollo de la planta.

Un aspecto no considerado en nuestro estudio es la dinámica temporal del efecto de salinidad sobre el crecimiento radicular. Varios autores como Shabala et al. (2015) sugieren que la inhibición inicial del crecimiento es seguida por una recuperación parcial. Evaluar distintos tiempos de exposición podría arrojar luces al respecto.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

Los resultados confirman que los diferentes niveles de salinidad evaluados tuvieron un efecto negativo sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de las cuatro variedades de papa, manifestado en una disminución de la altura de planta, longitud de raíces y producción de tubérculos. Este efecto fue dependiente de la concentración de sales, siendo más drástico a dosis más elevadas.

La variedad INIA-303 Canchan demostró los mayores niveles de tolerancia al estrés salino en comparación a Yungay, INIA-302 Amarilis e INIA-326 Shulay, manteniendo un crecimiento y desarrollo adecuado incluso a concentraciones moderadamente altas de sal. Por el contrario, Yungay exhibió la mayor sensibilidad.

No fue posible analizar en profundidad la relación entre respuestas fisiológicas y productividad. Se requieren más estudios para dilucidar los mecanismos fisiológicos y moleculares que confieren una mayor tolerancia a la variedad Canchan. Posiblemente esta variedad presente una mayor capacidad de ajuste osmótico y compartimentación iónica para hacer frente al estrés salino.

#### **5.2. RECOMENDACIONES**

Utilizar la variedad INIA-303 Canchan en futuros cultivos de papa en zonas y suelos con problemas de salinidad moderada, dado su mayor nivel de tolerancia en comparación a otras variedades.

Descartar o limitar el uso de la variedad Yungay en suelos afectados por sales, debido a su alta sensibilidad desde etapas tempranas de desarrollo.

Realizar análisis de suelo para determinar niveles de salinidad antes de seleccionar la(s) variedad(es) de papa a establecer en cada zona o localidad. Adecuar la elección varietal según rangos de tolerancia determinados en este estudio.

Evaluar si la mayor tolerancia de Canchan en etapas tempranas se correlaciona con un mejor rendimiento de tubérculos en condiciones reales de cultivo con problemas de salinidad.

## CAPITULO V

### BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, A. L. (2019). *Estudios genéticos en genotipos de agropiro alargado creciendo bajo condiciones halomórficas*. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Rosario]. <https://rephip.unr.edu.ar/items/cfb855b9-a2a4-4a2c-b704-32ee73e2ef5d>
- Adyab, F., Rahimi, A., & Peyghambari, S. A. (2019). Effect of NaCl salinity on growth, physiological and biochemical parameters of eight potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 42(15), 1835-1847. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1616620>
- Aguilar, M.T. (2013). *Selección in vitro de genotipos mutantes de papa de la variedad Sani negra (Solanum tuberosum l. ssp. andigena H.) tolerantes a estrés salino por efecto de la irradiación con luz ultravioleta (UV tipo C)*. [Tesis de pregrado, Universidad mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4139/T-1890.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Albaladejo, I. (2018). *Caracterización Fenotípica, Fisiológica y Molecular de la Respuesta a Salinidad y Sequía en Tomate Cultivado (Solanum lycopersicum) y Silvestre (S. pennellii)*. [Tesis Doctoral, Universidad de Murcia]. <http://hdl.handle.net/10201/59420>
- Alonso, J. R. (2011). *Manual de histología vegetal*. Ediciones Mundi-Prensa. [https://books.google.com.pe/books?id=URwHpBfK\\_68C&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=URwHpBfK_68C&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false)
- Andrade, F.; Taboada, M.; Lema, D. Maceira, N.; Echeverría, H.; Posse, G.; Prieto, D.; Sánchez, E.; Ducasse, D.; Bogliani, M.; Gamundi, J. C.; Trumper, E.; Frana, J.; Perotti, E.; Fava, F.; y Mastrángelo, M. (2017). *Los desafíos de la agricultura argentina Satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental*. Ediciones INTA. [https://www.researchgate.net/publication/322083906\\_Los\\_desafios\\_de\\_la\\_agricultura\\_argentina\\_satisfacer\\_las\\_futuras\\_demandas\\_y\\_reducir\\_el\\_impacto\\_ambiental](https://www.researchgate.net/publication/322083906_Los_desafios_de_la_agricultura_argentina_satisfacer_las_futuras_demandas_y_reducir_el_impacto_ambiental)

- Barreto, A. (2019). *Comportamiento Fisiológico de la Germinación y el Desarrollo de Plántulas de Maíz (Zea mays L.), Bajo Condiciones de Estrés Salino (NaCl)*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro].  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/47947>
- Bazile, D. et al. (2014). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 724 páginas.  
[https://agritrop.cirad.fr/574151/1/document\\_574151.pdf](https://agritrop.cirad.fr/574151/1/document_574151.pdf)
- Benavides, A. (2002). *Ecofisiología y bioquímica del estrés en plantas*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. ISBN: 968-844-042-6. 229 págs.  
[https://www.researchgate.net/publication/305346608\\_Ecofisiologia\\_y\\_bioquimica\\_de\\_l\\_estres\\_en\\_plantas](https://www.researchgate.net/publication/305346608_Ecofisiologia_y_bioquimica_de_l_estres_en_plantas)
- Bocca, N. (1998). *Caracterización bioquímica y molecular de la enzima UDPglucosa: proteína transglucosilasa de Solanum tuberosum*. [Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires].  
[https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n3073\\_Bocca.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n3073_Bocca.pdf)
- Campos, J. F. (2015). *La caracterización funcional de un mutante de inserción de tomate (Solanum Lycopersicum) identifica un factor de transcripción MYB implicado en el cierre estomático y transporte de Na<sup>+</sup>*. [Tesis Doctoral, Universidad de Murcia]
- Cancho, A. M. (2013). *Evaluación nutricional de Solanum spp. "papas nativas" cultivados en el distrito de Chungui, Provincia de La Mar Ayacucho, 2009 – 2010*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].  
<https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5269>
- Carrasco, L. V. (2004). Salinidad: homeostasis iónica y acuaporinas. *Revista IDESIA*, 22 (1), 61-68.  
[https://revistas.uta.cl/pdf/1036/cap.\\_7\\_salinidad\\_homeostasis\\_inica\\_y\\_acuaporinas.\\_a\\_utor\\_libertad\\_virginia\\_carrasco\\_ros.pdf](https://revistas.uta.cl/pdf/1036/cap._7_salinidad_homeostasis_inica_y_acuaporinas._a_utor_libertad_virginia_carrasco_ros.pdf)

- Casals, J., Fita, A., Plazas, M., Simó, J., Rodríguez, A. (2018) Solanáceas ante el cambio climático: retos y mejora genética. <http://hdl.handle.net/2117/170215>
- Challco, M. (2011). *Reproducción asexual de la cantuta (Cantua bicolor Lem.), utilizando enraizadores naturales y sustratos*. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4324/T-1778.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chaman, M.; Veneros, R.; Araujo, E.; Ramírez, A.; Hidalgo, J. Luis, B. S. y Ramos, C. (2014). Contenido de prolina en *Solanum lycopersicum* pretratado con glicina betaina y sometido a estrés salino. *Rebiol*; 34(1): 19-25. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbiol/article/view/584/546>
- Chávez, A. R y Chávez, L. (2021). Principales factores que se relacionan con la producción de papa en la región Pasco durante el periodo 2002-2019 [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2392/1/T026\\_72083191\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2392/1/T026_72083191_T.pdf)
- Chávez, C. H. (2022). *Sostenibilidad de la producción de papa (Solanum tuberosum L) de Huasahuasi – Tarma*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7789/T010\\_19961850\\_D.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7789/T010_19961850_D.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chávez, L. y Ramírez, R. (2010). Mecanismos de transducción de señales en plantas afectadas por salinidad y sequía. *Información técnica económica agraria*, 106(3), 157-169. [https://aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2010/106-3/157-169\\_ITEA\\_106-3.pdf](https://aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2010/106-3/157-169_ITEA_106-3.pdf)
- Cordero, C. C. y Jarma, A. (2011). Productos de la asimilación del nitrato se depositan en plantas como proteínas de almacenamiento. *Temas Agrarios*, Vol. 16:(1), (9 - 22). <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/6f2e3df9-8bb1-4a24-9722-645c5257abf0/content>



- Cordero, R. K. (2020). La fotosíntesis y sus etapas en el proceso de producción de glucosa en las plantas. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8501/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000103.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Corrales, A. R. (2014). Cycling dof factors: molecular and functional characterization of *Arabidopsis thaliana* atcdf3 and tomato (*Solanum lycopersicum* L.) sicdf3in response to abiotic stress. [Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid (UPM)]. <https://core.ac.uk/download/pdf/148673007.pdf>
- Cruz, L. M. y Millones, J. M. (2014.) *Proyecto de inversión para la instalación de una planta productora de alcohol de papa en la provincia de Chota*. [Tesis de Pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/144/1/TL\\_CruzPupucheLinda\\_Millon esVigilJose.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/144/1/TL_CruzPupucheLinda_Millon esVigilJose.pdf)
- Cuadros, S. (2019). Taller internacional sobre diversidad microbiana en ambientes desérticos: Extremófilos, biodiversidad, fisiología, bioquímica, biología molecular, ecología y biotecnología. [http://cathi.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/11229/MEMORIAS\\_TALLER\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cathi.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/11229/MEMORIAS_TALLER_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cuñat, C. (2022). *Efecto de un bioestimulante comercial (Balox ®) sobre las respuestas a estrés salino del rábano (Raphanus sativus)*. [Tesis pregrado, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/188497>
- Decreto Supremo N.º 005-2022-PCM. (24 de abril de 2022). Normas Legales, separata especial. Diario Oficial El Peruano, 24 de abril de 2022.
- Devaux, A., Ordinola, M., Hibon A., Flores, R. (2010). El sector papa en la región andina: Diagnostico y elementos para una visión estratégica (Bolivia Ecuador y Perú). Centro Internacional de la Papa (CIP). ISBN 978-92-9060-384-9. 385 págs. <https://doi.org/10.4160/9789290603849>

- Díaz, D. C. y Chaparro, A. (2012). Métodos y usos agrícolas de la ingeniería genética aplicada al cultivo del arroz. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14 (2), 179-195. Recuperado el 17 de febrero de 2024, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-34752012000200018&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752012000200018&lng=en&tlng=es)
- Dos Santos, A. M. (2004). *Inducción floral y latencia de las yemas del olivo (Olea europaea L.)*. [Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba]. [https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/1063/1/2000\\_Inducci%20c3%b3n%20floral%20y%20latencia%20de%20las%20yemas%20del%20olivo.pdf](https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/1063/1/2000_Inducci%20c3%b3n%20floral%20y%20latencia%20de%20las%20yemas%20del%20olivo.pdf)
- Esfahani, M., Abbasi, G. R., Rabiei, B., & Sabouri, H. (2014). Effects of salinity levels on growth, protein and proline contents in three potato varieties. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 10(3).
- Ferres, F. (2008). *Marcadores bioquímicos y fisiológicos de respuesta a estrés hídrico en Lotus uliginosus*. [Tesis de pregrado, Universidad de la Republica Facultad de Agronomía]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/27445/1/Ferr%C3%A9sJaunsoloMar%C3%ADaFloren%20cia.pdf>
- Fuentes, F. F.; Maughan, P. J. y Jellen, E. R. (2009). Diversidad genética y recursos genéticos para el mejoramiento de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Rev. geogr. Valpso*, N° 42, 20 – 33. [https://www.pucv.cl/uuaa/site/docs/20180316/20180316172222/42\\_3.pdf](https://www.pucv.cl/uuaa/site/docs/20180316/20180316172222/42_3.pdf)
- García, E. (2017). *Relaciones estructura-función del sensor de Ca<sup>2+</sup> SOS3 de Arabidopsis thaliana* [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla]. <https://hdl.handle.net/11441/72480>
- García, M. S. (2023). *Análisis del sistema de producción de papa (Solanum tuberosum L.) en el ejido los altos municipio de Ayahualulco, Veracruz*. [Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados]. [http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/5095/Garcia\\_Hernandez\\_MS\\_MC\\_Agroecologia\\_Sustentabilidad\\_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/5095/Garcia_Hernandez_MS_MC_Agroecologia_Sustentabilidad_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- García, S., Gómez, F. C., Trejo, L. I., Herrera, É. B. (2013). Factores de transcripción involucrados en respuestas moleculares de las plantas al estrés osmótico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(2), 105-115.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802013000200003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000200003&lng=es&tlng=es)
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muniz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M.I., Vargas, R. (2014). Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.  
<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7e06def6-10cf-4c8f-90f4-b981f410ef68/language-es>
- Goykovic, V.; y Saavedra, G. (2007). Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *Idesia*, 25(3), 47-58.  
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292007000300006>
- Gupta, N., Gupta, A. K., & Kumar, A. (2015). Effect of salt stress on growth attributes in potato genotypes. *Vegetos- An International Journal of Plant Research*, 28(Special), 132-138.
- Gutiérrez, R. O; Espinoza, J. A.; Bonierbale, M. (2007). UNICA: variedad peruana para mercado fresco y papa frita con tolerancia y resistencia para condiciones climáticas adversas. *Revista Latinoamericana de la Papa*. (2007). 14(1): 41-50.  
<http://papaslatinas.org/index.php/rev-alap/article/view/143/146>
- Gutiérrez, E. (2020). *Efectos de los aumentos de co2 y temperatura del aire y la disponibilidad de nitrógeno sobre el metabolismo del carbono y nitrógeno en plantas de trigo (Triticum aestivum L.)*. [Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca – Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca].  
[https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/76488/DFV\\_Gutierrez\\_Martin\\_E\\_Efectos\\_de\\_los\\_aumentos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/76488/DFV_Gutierrez_Martin_E_Efectos_de_los_aumentos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Haynes, R. J. (2017). Effects of irrigating potatoes with saline waters typical of South Canterbury, New Zealand. *Journal of Plant Nutrition*, 40(8), 1112-1121. <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1262478>
- Hernández, N. Y. (1992). *Efecto de la salinidad en la composición y concentración de osmoreguladores en levaduras halotolerantes*. [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/15298>
- Huicho, W. R. y Suazo, A. S. (2021). *Valorización nutricional y funcional e innovación tecnológica en la elaboración de chuño y moraya*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro Del Perú]. [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7043/T010\\_71118012\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7043/T010_71118012_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Jaramillo, P. V. (2013). *Identificación de genes candidatos de tolerancia a estrés por salinidad en tomate de árbol (Solanum betaceum L) mediante la técnica de despliegue diferencial de genes*. [Tesis pregrado, Universidad San Francisco de Quito]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2290>
- Jiménez, C. (2022). *Uso de agroquímicos en el cultivo de papa y la contaminación del suelo agrícola en el distrito de Chinchero, Cusco, Perú*. [Tesis de doctorado, Universidad Inca Garcilaso de la Vega]. <http://intra.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/6390>
- Khalid, S., Amin, B., Mahmood, A., Farooq, M., & Rizwan, M. (2017). New and fast emerging techniques for determining impact of salinity on potato growth and yield. *International Journal of Agriculture and Biology*, 19(2), 279–288. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0264>
- Khayyat, M., Tafazoli, E., Eshghi, S., & Rajaei, S. (2007). Salinity, supplementary calcium and potassium effects on potato in soilless culture. *Journal of Plant Nutrition*, 30(5), 773-780. <https://doi.org/10.1080/01904160701207581>
- Klich, M. G. (Comp.) (2017). *Bases agropecuarias*. Viedma: Editorial UNRN. <https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/5930>

- Kumar, D., Akinrinde, E. A., & Prasad, K. (2014). Growth, yield and quality attributes of potato varieties as affected by salinity of irrigation water. *Indian Journal of Horticulture*, 71(3), 333-339.
- Lagos, T. C. (2011). Mejoramiento genético de lulo (*Solanum quitoense* Lam.). San Juan de Pasto, *Editorial Universitaria*, Universidad de Nariño, 268 p. <https://sired.udenar.edu.co/7331/1/lulo.pdf>
- Lamz, A; González, M.2013. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos tropicales*, 34(4), 31-42. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193228546005.pdf>
- Lara, S. F. (2013). *Portainjertos de jitomate nativos (Solanum lycopersicum L.) tolerantes a niveles altos de conductividad eléctrica en la solución nutritiva*. [Tesis, Doctoral, Colegio de Postgraduados]. [http://193.122.196.39:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2033/Sanjuan\\_Lara\\_F\\_DC\\_Fisiologia\\_Vegetal\\_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://193.122.196.39:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2033/Sanjuan_Lara_F_DC_Fisiologia_Vegetal_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- López, E. (2011). *Estudio sobre la variabilidad de niveles de prolina en plantas situadas en los saladares del Paraje Natural Municipal Clot de Galvany, en las Partidas rurales de El Altet y los Balsares, en el término municipal de Elche de la comarca del Bajo Vinalopo de la Provincia de Alicante*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Valencia] <http://hdl.handle.net/10251/11011>
- López, M. y Villamizar, M. R. (2020). *Análisis de los capitales de las comunidades productoras de papa para su adaptación al cambio climático, estudio de caso: la microcuenca Susali - Cerrito Santander, Colombia*. [Tesis de Maestría, Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/23595/2020marisoll%c3%b3pez.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- López, R. A. (2002). Procesos de degradación del suelo: Exceso de sales [conferencia]. “Manejo y control de la salinidad del suelo y del agua. Península de Santa Elena,

Provincia del Guayas, Ecuador”. Guayaquil, Ecuador.  
[https://www.researchgate.net/publication/277713090\\_Procesos\\_de\\_degradacion\\_del\\_suelo\\_Exceso\\_de\\_sales](https://www.researchgate.net/publication/277713090_Procesos_de_degradacion_del_suelo_Exceso_de_sales)

Luciani, M. D. (2017). *Efecto de regiones cromosómicas de Solanum pimpinellifolium sobre caracteres que afectan la calidad de fruto en el contexto genético del tomate cultivado*. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Rosario].  
<https://rehip.unr.edu.ar/server/api/core/bitstreams/31d432b7-08cf-4425-b36f-5bb0bbb7e2fb/content>

Maldonado, C. E. (2019). *Mapeo asociativo de genoma completo (GWAS) para el ángulo foliar, altura de la planta y altura de la primera mazorca en líneas endogámicas de maíz (Zea mays L.)*. [Tesis Doctoral, Universidad de Talca].  
<http://dspace.otalca.cl/bitstream/1950/12803/3/2019A000544.pdf>

Martínez, D. y Torres, J. R. (2013). Manual teórico: fisiología vegetal. Universidad Autónoma de Puebla.  
[https://www.academia.edu/5198464/BENEMERITA\\_UNIVERSIDAD\\_AUTONOMA\\_DE\\_PUEBLA\\_ESCUELA\\_DE\\_BIOLOGIA\\_MANUAL\\_TEORICO\\_FISIOLOGIA\\_VEGETAL](https://www.academia.edu/5198464/BENEMERITA_UNIVERSIDAD_AUTONOMA_DE_PUEBLA_ESCUELA_DE_BIOLOGIA_MANUAL_TEORICO_FISIOLOGIA_VEGETAL)

Martínez, A. (2018). *Implicaciones de las hormonas vegetales en respuesta al estrés abiótico*. [Tesis de pregrado, Universidad de Jaén]. <https://hdl.handle.net/10953.1/8659>

Martínez, N., López, C. V., Pérez, R., Basurto, M. (2020). Efectos por salinidad en el desarrollo vegetativo. *Tecnociencia Chihuahua*, 5(3), 156-161.  
<https://doi.org/10.54167/tch.v5i3.694>

Martínez, R. D. (2008). *Caracterización genética y morfológica del bovino criollo argentino de origen patagónico* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia].  
<https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/3303>

Martínez, S. A. (2007). *Identificación de mutantes de Arabidopsis Thaliana resistentes a noespermidina. Clonación y caracterización de una sulfidril oxidasa*. [Tesis doctoral,

Universidad Politécnica de Valencia]. RiuNet repositorio UPV.  
<https://riunet.upv.es/handle/10251/1940>

Medina, R. D., Burgos, A. M., Michellod, M., Cenoz, P. J. (2017). Cultivo de mandioca (*Manihot esculenta crantz*) en invernadero: efectos sobre el rendimiento y la calidad de raíces tuberosas). *interciencia*, (42) 8, 515-521.  
<https://www.redalyc.org/journal/339/33952871006/html/>

Mesa, D. (2003). Obtención de plantas resistentes a la salinidad para los suelos salinos cubanos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 37(3), 217-226.  
<https://www.redalyc.org/pdf/1930/193018048001.pdf>

Montse, A. (2009). *El huerto escolar ecológico*, 1ª Edición. Editorial GRAO, de IRIF, SL.  
<https://www.amazon.com/-/es/Montse-Escutia-Acedo/dp/8478277102>

Morales, V. R. (2015). *Estudio de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina c en catorce genotipos de papa (Solanum tuberosum L.)*. [Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.  
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4269/1/13T0813.pdf>

Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual review of plant biology*, 59, 651-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>

Natareno, A. J. (2012). *Síntesis y evaluación de un polímero degradable a partir de almidón de papa*. [Tesis de Pregrado, Universidad del Valle Guatemala].  
<https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/1520>

Navarro, G.; Navarro, S. (2013). *Química Agrícola: Química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas* (3ra ed.).  
[https://books.google.es/books?id=RSs6AgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?id=RSs6AgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

- Núñez, E. (2020). *Respuestas a la salinidad en varias especies halófitas adaptadas a diferentes hábitats*. [Tesis de pregrado, Universidad de Jaén]. <https://hdl.handle.net/10953.1/12300>
- Ordaz, J. (2015). *Evaluación del crecimiento, composición de fenoles, flavonoides y actividad antirradical de las hojas de la planta de zarzamora (Rubus sp.) cultivada orgánicamente*. [Tesis de pregrado, Tecnológico Nacional de México]. <http://repositorio.digital.tuxtla.tecnm.mx:8080/xmlui/handle/123456789/841>
- Orosco, B. E.; Núñez, H. G.; Pérez, L.; Valencia, M.; Trejo, L. I.; Díaz, F. R.; Ruiz, J. E.; Abraham, M. R. (2018). Tolerancia a salinidad en plantas cultivadas: una visión agronómica. *Agro Productividad*, Vol 11, Issue 7, p51. <https://research.ebsco.com/c/ylm4lv/search/details/ghmlyv3bhj?q=TOLERANCIA+A+SALINIDAD+EN+PLANTAS+CULTIVADAS%3A+UNA+VISI%C3%93N+AGRON%C3%93MICA>
- Palacios, N. S. (2023). *Estudios genéticos de festuca alta (Festuca arundinacea schreb. var arundinacea) bajo condiciones de estrés por salinidad y sequía*. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Rosario]. <https://rephip.unr.edu.ar/server/api/core/bitstreams/cce0d27a-d3de-4fb2-bd7c-ea5d92d5cecd/content>
- Paz, M. C. (2011). Influencia de distintos factores ambientales sobre la germinación de *L. cossonianum* y *L. delicatulum*: implicaciones ambientales para la restauración y ajardinamiento de áreas salinas. [Tesis de pregrado, Universidad de Almería]. <https://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/788/MARICA~1.PDF?sequence=1>
- Pender, J. y Hazell, P. (2020). Fomentar el desarrollo sustentable en las zonas poco favorecidas. *Punto de enfoque*. <https://core.ac.uk/download/pdf/6288836.pdf>
- Pérez, J. (2023). *Respuestas a estrés abiótico en plantas de sorgo (Sorghum bicolor L.) con el fosfoenolpiruvato carboxilasa 3 (SbPPC3) o con el fosfoenolpiruvato carboxilasa quinasas 1-3 (SbPPCK1-3) silenciadas*. [Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla].



<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/143350/P%c3%a9rez%20L%c3%b3pez%20%20Jes%c3%bas%20tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pérez, J. J. (2015). *Cultivo orgánico de plantas de papa (Solanum tuberosum L.) sometidas a estrés salino*. [Tesis de Pregrado, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez]. <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/1021/760.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Plascencia, F. A. (2015). Identificación y caracterización de mutantes alterados en la tolerancia a la salinidad en especies de tomate. Papel del gen SlCBL10 en los mecanismos de respuesta a salinidad señalizados por Ca<sup>2+</sup> en tomate. [Tesis doctoral, Universidad de Murcia]. <http://hdl.handle.net/10201/46944>

Ponce, L.; Noroña, P.; Campaña, D.; Garófalo, J.; Coronel, J.; Jiménez, C.; Cruz, E. (2020). LA CEBADA (*Hordeum vulgare* L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana. Primera edición. Manual No. 116. INIAP, Programa de Cereales, Estación Experimental Santa Catalina. Quito-Ecuador. 52 p. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf>

Ponce, R. (2013). Caracterización molecular de las variedades de papas cultivadas (*Solanum* spp.) más importantes del Perú mediante el uso de microsatélites [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/3429>

Puentes, C. (2020). *Papel de la ubiquitinación de proteínas y la acumulación de trehalosa en la respuesta hidrotópica de raíces de maíz (Zea mays L.)*. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1628/PUBCZL06T.pdf?sequence=1>

Quichán, S. E. (2014). *Estudio del efecto de los nuevos emprendimientos de regadíos en Norpatagonia sobre la salinidad y propiedades físicas del suelo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Comahue].

[https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/2298/INTA\\_CRPatagoniaNorte\\_EEAValleInferior\\_Quich%  
c3%a1n\\_S\\_Riego.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/2298/INTA_CRPatagoniaNorte_EEAValleInferior_Quich%c3%a1n_S_Riego.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ramírez, A. (2022). Área foliar y rendimiento de dos cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo cultivo en invernadero [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/138101>

Ramos, E. R. (2016). *Diversidad microbiana en la rizosfera de papas nativas amargas cultivadas en el altiplano puneño y su capacidad promotora de crecimiento vegetal*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2789/P34-R35-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ramos, S. Z. (2014). Manual técnico: Almacenamiento y multiplicación de papa - semilla utilizando brotes de calidad. Primera edición. Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/728>

Ribera, E. (2019). *Respuestas fisiológicas y bioquímicas a la sequía de genotipos de berenjena (Solanum spp.)*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/124855>

Rodríguez, L. (2011). *Formación del rendimiento en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.) y su estimación a partir de diferentes variables*. [Tesis de Maestría, Universidad de Matanzas]. [https://rein.umcc.cu/bitstream/handle/123456789/658/MSc%  
282011%29Lilbeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rein.umcc.cu/bitstream/handle/123456789/658/MSc%282011%29Lilbeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rojas, E. O. (2011). Evaluación del desarrollo del cultivo de papa bajo escenarios de variabilidad climática interanual y cambio climático, en el sur oeste de la Sabana de Bogotá [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/22219/65055\\_65013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/22219/65055_65013.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Romero, J. G. (2015). Influencia de factores abióticos en el desarrollo de raíces primarias de propágulos *Rhizophora mangle* en tres tipos de sustratos diferentes en data de Villamil Provincia de Guayas-Ecuador [Tesis de pregrado, Universidad Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2182>
- Roncagliolo, M. J. (2001). Efecto de dos sistemas de riego presurizado, goteo y microchorro, sobre el lavado de sales, crecimiento vegetativo y reproductivo del palto (*Persea americana* Mill) cv. Hass, en la zona de Mallarauco. [http://avocadosource.com/papers/Chile\\_Papers\\_A-Z/P-Q-R/RoncaglioloMaria2001.pdf](http://avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/P-Q-R/RoncaglioloMaria2001.pdf)
- Samy M. M. (2015). Effect of Irrigation with Saline Water on the Growth and Production of Some Potato Cultivars. *Sciences* 5(4), 1151-1163. <https://www.curresweb.com/mejas/mejas/2015/1151-1163.pdf>
- Sanabria, S. (2016). Tolerancia al estrés por déficit hídrico de 39 variedades de papa nativa (*Solanum spp.*) bajo condiciones de invernadero, para afrontar el cambio climático [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/4382>
- Sánchez, R. M., Guerra, L. D, Scherger, M. (2016). Evaluación de las áreas bajo riego afectadas por salinidad y/o sodicidad en Argentina (1a ed.). – Estación Experimental Hilario Ascasubi, Buenos Aires: Ediciones INTA. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/15403>
- Sánchez, E.; Ortega, M.; González, V.; Camacho, M., & Kohashi, J. (2008). Crecimiento de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) Cv. Alfa, inducida por diversas soluciones salinas. *Interciencia*, 33 (9), 643-650. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442008000900006&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008000900006&lng=es&tlng=es)
- Sánchez, E. & Ortega, M. (2011). Emergencia de brotes de tubérculos de papa en condiciones salinas. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 153-160. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792011000200153&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000200153&lng=es&tlng=es)

- Schleicher, P. (2017). *Mutagenesis insercional en tomate y Solanum pennellii: Identificación de mutantes en inserción alterados en el desarrollo y la tolerancia a la salinidad*. [Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/81860>
- Seabrook, J.E.A. (2005). Efectos de la luz sobre el crecimiento y la morfogénesis de la papa (*Solanum tuberosum*) in vitro. *Revista americana de investigación de la papa*, 82, 353–367. <https://doi.org/10.1007/BF02871966>
- Shabala, S y Munns, R. (2017). Salinity Stress: Physiological Constraints and Adaptive Mechanisms. En S. Shabala (2nd Edition), *Plant Stress Physiology* (pp. 24-63). CABI. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9781780647296.0000>
- Shabala, S., Wu, H., & Bose, J. (2015). Salt stress sensing and early signaling events in plant roots: Current knowledge and hypothesis. *Plant Science*, 241, 109-119. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.10.003>
- Sifuentes, N. S. (2020). *Crecimiento de planta y producción de biomasa y calidad de gel de la hoja de sábila [Aloe vera (L.) Burm. f.], en condiciones de estrés hídrico y salino*. [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma Chapingo]. <http://repositorio.chapingo.edu.mx:8080/handle/20.500.12098/825>
- Solana, G. A. (2019). *Respuesta enzimática antioxidante en condiciones de estrés hídrico y salino en berenjena (S. melongena) y especies relacionadas*. [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. <http://hdl.handle.net/10251/130361>
- Suvra, T.; Chakraborty, R.; Parvez, N.; Mostofa, M.; Ferdous, J.; Ahmed, S. (2017). Yield, Dry Matter and Specific Gravity of Exportable Potato: Response to Salt. *Universal Journal of Agricultural Research* 5(2): 98-103. DOI:10.13189/ujar.2017.050203
- Taiz, L. y Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal*. Volumen 1. Publicacions de la Universitat. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FisiologiaVegetalVolumenII%20espanhol.pdf>

- Terrazas, J. M. (2019). Aprovechamiento del suelo salino: agricultura salina y recuperación de suelos. *Apthapi*, 5(1), 1539-1563. <http://www.centroculturalsol.com/333-1180-1-PB.pdf>
- Tofiño, A.; Romero, H. A.; y Ceballos, H. (2007). Efecto del estrés abiótico sobre la síntesis y degradación de almidón. Una revisión. *Agronomía Colombiana* 25(2), 245-254. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/14127/14882>
- Vargas, P. (2009). *El cambio climático y sus efectos en el Perú*. Banco Central de Reserva del Perú. D.T. N°2009-14. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2009/Documento-de-Trabajo-14-2009.pdf>

## ANEXOS

### ANEXO 1. Conducción del experimento y evaluaciones realizadas

#### FIGURA 9

Desinfección de ambientes para la instalación del experimento



#### FIGURA 10

Desinfección de bandejas para la colocación del sustrato



## FIGURA 11

Preparación del sustrato con la adición de sales



## FIGURA 12

Distribución de las masetas de acuerdo a los tratamiento y repeticiones



**FIGURA 13**

Remoción de sustrato para oxigenar el suelo de las bandejas



**FIGURA 14**

Aplicación de riegos inter diarios para mantener la humedad del sustrato





**FIGURA 15**

Registro diario de la temperatura del invernadero



**FIGURA 16**

Aporque de las plantas de papa en macetas



**FIGURA 17**

Efecto de la salinidad en las plantas de papa



**FIGURA 18**

Evaluación de los efectos de la salinidad en el cultivo de papa



## ANEXO 2. Análisis de suelos



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"  
"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

7.5

### LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : PNIA 172 PAPA - LIMA

PROCEDENCIA: Cajamarca

Fecha: 21/01/2019

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P Ppm	K Ppm	pH	M.O %	Salinidad ds/m
Sustrato Malki M 02 - 1% CaCl <sub>2</sub>	SU0024-EEBI-19	--	--	7.3	--	1.45
Sustrato Malki M 03 - 2% CaCl <sub>2</sub>	SU0025-EEBI-19	--	--	7.0	--	3.80
Sustrato Malki M 04 - 3% CaCl <sub>2</sub>	SU0026-EEBI-19	--	--	6.7	--	4.80



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA  
Estación Experimental Baños del Inca

*Tulio A. Velásquez Camacho*  
Jefe Laboratorio de Suelos

Jr. Wiracocha s/n Baños del Inca - Cajamarca  
T: (076) 348648 Fax: (076) 348386  
E-mail: binca@inia.gob.pe  
www.inia.gob.pe  
www.minagri.gob.pe

EL PERÚ PRIMERO