

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



“EFECTOS DEL NIVEL DE SALINIDAD DEL AGUA DE RIEGO EN EL
DESARROLLO DEL CULTIVO DE RABANITO (*Raphanus sativus L.*)”

Presentado por:

William Santiago Perez-Albela Díaz

TRABAJO ACADEMICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÍCOLA

Lima – Perú

2018

DEDICATORIA

A mis padres,
Carlos y Rosa.

AGRADECIMIENTO

A la Mg. Sc. Rocío Pastor Jáuregui, por todo lo enseñado a lo largo de la carrera y el asesoramiento en la ejecución del presente trabajo académico.

Al Mg. Sc. Sebastián Santayana Vela, por el asesoramiento en la redacción y sustentación del trabajo académico.

A Alan Santibáñez Portugal, por el apoyo en la fase de campo.

Al Mg. Sc. Rubén Bazán Tapia y Rosmery Arteaga, por el apoyo en la fase de gabinete.

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	GENERALIDADES	1
1.2.	OBJETIVOS	2
1.2.1.	Objetivo principal.....	2
1.2.2.	Objetivos específicos	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	SALINIDAD DEL AGUA DE RIEGO	3
2.1.1.	Conductividad eléctrica (CE).....	3
2.1.2.	Salinidad efectiva (SE).....	5
2.1.3.	Salinidad potencial (SP).....	6
2.2.	SALINIDAD DEL SUELO	6
2.3.	EFFECTOS DE LA SALINIDAD EN LOS CULTIVOS	7
2.4.	CULTIVO DE RABANITO	11
2.4.1.	Taxonomía.....	11
2.4.2.	Importancia	12
2.4.3.	Clima y suelo	12
2.4.4.	Siembra y cosecha.....	12
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1.	LOCALIZACIÓN.....	13
3.1.1.	Ubicación	13
3.1.2.	Clima.....	13
3.2.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	13
3.2.1.	De campo	13
3.2.2.	De laboratorio.....	14
3.2.3.	Agua de riego	15

3.2.4. Suelo.....	15
3.2.5. Semillas.....	15
3.3. MÉTODOLÓGÍA.....	16
3.3.1. Diseño experimental y análisis estadístico.....	16
3.3.2. Preparación de las macetas.....	16
3.3.3. Preparación del agua de riego.....	16
3.3.4. Siembra de las semillas de rabanito.....	17
3.3.5. Aplicación del riego.....	18
3.3.6. Cosecha.....	19
3.3.7. Medición de la longitud de las plantas.....	20
3.3.8. Determinación del peso fresco de las plantas.....	20
3.3.9. Determinación del peso seco de las raíces.....	20
3.3.10. Concentración de iones en las plantas.....	21
3.3.11. Salinidad del suelo.....	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1. LONGITUD DE LA PLANTA.....	24
4.1.1. Longitud total.....	25
4.1.2. Longitud de la parte aérea.....	26
4.1.3. Longitud del diámetro polar de la raíz.....	27
4.1.4. Longitud del diámetro ecuatorial de la raíz.....	29
4.2. PESO FRESCO DE LA PLANTA.....	30
4.2.1. Peso fresco total.....	31
4.2.2. Peso fresco de la parte aérea.....	32
4.2.3. Peso fresco de la raíz.....	33
4.3. PESO SECO DE LA PLANTA.....	35
4.3.1. Peso seco de la raíz.....	35
4.4. CONCENTRACIÓN DE IONES EN LA PLANTA.....	36

4.4.1. Concentración de calcio en la raíz	37
4.4.2. Concentración de magnesio en la raíz.....	38
4.4.3. Concentración de potasio en la raíz	40
4.4.4. Concentración de sodio en la raíz	41
4.4.5. Concentración de cloruros en la raíz.....	43
4.4.6. Concentración de sulfatos en la raíz.....	44
4.5. SALINIDAD DEL SUELO DESPUÉS DE LA COSECHA.....	45
V. CONCLUSIONES	50
VI. RECOMENDACIONES	51
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
VIII. ANEXOS	53

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de las aguas de riego – USDA	3
Tabla 2: Clasificación de las aguas de riego - USLS	4
Tabla 3: Clasificación de las aguas de riego en función de su salinidad efectiva	5
Tabla 4: Clasificación de las aguas de riego en función de su salinidad potencial	6
Tabla 5: Clasificación de suelos salinos	7
Tabla 6: Tolerancia de los cultivos a la salinidad del suelo	10
Tabla 7: Tolerancia de las hortalizas a la salinidad del agua de riego	10
Tabla 8: Datos meteorológicos	14
Tabla 9: Caracterización del agua del canal Huachipa	15
Tabla 10: Caracterización del suelo de Villa El Salvador	15
Tabla 11: Longitud total	25
Tabla 12: Longitud de la parte aérea	26
Tabla 13: Longitud del diámetro polar de la raíz	28
Tabla 14: Longitud del diámetro ecuatorial de la raíz	29
Tabla 15: Peso fresco total	31
Tabla 16: Peso fresco de la parte aérea	32
Tabla 17: Peso fresco de la raíz	34
Tabla 18: Peso seco de la raíz	35
Tabla 19: Concentración de calcio en la raíz	37
Tabla 20: Concentración de magnesio en la raíz	38
Tabla 21: Concentración de potasio en la raíz	40
Tabla 22: Concentración de sodio en la raíz	42
Tabla 23: Concentración de cloruros en la raíz	43
Tabla 24: Concentración de sulfatos en la raíz	44
Tabla 25: Salinidad del suelo después de la cosecha.....	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Conductividad eléctrica del suelo vs Producción del cultivo	9
Figura 2: Mezcla del suelo arenoso	17
Figura 3: Llenado de las macetas	17
Figura 4: Preparación de las soluciones salinas	18
Figura 5: Siembra	18
Figura 6: Aparición de las primeras hojas	19
Figura 7: Cosecha	19
Figura 8: Pesado de las plantas.....	20
Figura 9: Pesado de las raíces.....	21
Figura 10: Molido de las raíces	21
Figura 11: Pesado de las raíces molidas	22
Figura 12: Preparación de las soluciones	22
Figura 13: Medición de la salinidad del suelo	23
Figura 14: Longitud de la planta.....	24
Figura 15: Longitud total	25
Figura 16: Longitud de la parte aérea	27
Figura 17: Longitud del diámetro polar de la raíz	28
Figura 18: Longitud del diámetro ecuatorial de la raíz	29
Figura 19: Peso fresco de la planta.....	30
Figura 20: Peso fresco total	31
Figura 21: Peso fresco de la parte aérea	33
Figura 22: Peso fresco de la raíz	34
Figura 23: Peso seco de la raíz	36
Figura 24: Concentración de iones en la planta.....	37
Figura 25: Concentración de calcio en la raíz	38
Figura 26: Concentración de magnesio en la raíz	39
Figura 27: Concentración de potasio en la raíz	41
Figura 28: Concentración de sodio en la raíz	42
Figura 29: Concentración de cloruros en la raíz	43

Figura 30: Concentración de sulfatos en la raíz	45
Figura 31: Salinidad del suelo después del tratamiento	46

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: ANÁLISIS DE VARIANZA – Longitud total del cultivo	54
ANEXO 2: ANÁLISIS DE VARIANZA – Longitud de la parte aérea del cultivo	55
ANEXO 3: ANÁLISIS DE VARIANZA – Longitud del diámetro polar de la raíz del cultivo.....	56
ANEXO 4: ANÁLISIS DE VARIANZA – Longitud del ecuatorial polar de la raíz del cultivo.....	57
ANEXO 5: ANÁLISIS DE VARIANZA – Peso fresco total del cultivo	58
ANEXO 6: ANÁLISIS DE VARIANZA – Peso fresco de la parte aérea del cultivo	59
ANEXO 7: ANÁLISIS DE VARIANZA – Peso fresco de la raíz del cultivo	60
ANEXO 8: ANÁLISIS DE VARIANZA – Peso seco de la raíz del cultivo	61
ANEXO 9: ANÁLISIS DE VARIANZA – Concentración de calcio en la raíz del cultivo.....	62
ANEXO 10: ANÁLISIS DE VARIANZA – Concentración de magnesio en la raíz del cultivo.....	63
ANEXO 11: ANÁLISIS DE VARIANZA – Concentración de potasio en la raíz del cultivo.....	64
ANEXO 12: ANÁLISIS DE VARIANZA – Concentración de sodio en la raíz del cultivo.....	65
ANEXO 13: ANÁLISIS DE VARIANZA – Concentración de cloruros en la raíz del cultivo.....	66
ANEXO 14: ANÁLISIS DE VARIANZA – Absorción de sulfatos en la raíz del cultivo.....	67
ANEXO 15: ANÁLISIS DE VARIANZA – Salinidad del suelo después de la cosecha ...	68

RESUMEN

El presente trabajo académico se llevó a cabo de manera experimental en la Universidad Nacional Agraria La Molina. Consistió en aplicar agua de riego con diez niveles distintos de salinidad (0,64; 1,30; 2,10; 3,40; 4,60; 5,90; 7,00; 10,00; 12,00 y 15,00 dS/m) en un suelo arenoso, con la finalidad de evaluar los efectos en el desarrollo del cultivo de rabanito. Así como determinar la relación entre el nivel de salinidad del agua de riego y el desarrollo fisiológico del cultivo, la absorción de iones y la salinidad del suelo después de la cosecha.

Se consideró realizar tres repeticiones por cada uno de los tratamientos utilizados, haciendo un total de 30 macetas con 5,5 kg de suelo arenoso cada una. En cada maceta se colocaron 2 semillas de rabanito y se regó con las aguas de tratamiento.

Los resultados obtenidos determinaron que el desarrollo fisiológico de las plantas de rabanito se vio afectado por la salinidad del agua de riego utilizada. La longitud y el peso de la planta tuvieron tendencia a disminuir en la medida en que el agua de riego presentaba mayor nivel de salinidad. Todo lo contrario ocurrió con la salinidad del suelo, que tuvo tendencia a aumentar en la medida en que el agua de riego presentaba mayor nivel de salinidad.

Por otro lado, la concentración de elementos en la raíz fue variable. En la medida en que el agua de riego presentaba mayor nivel de salinidad, la concentración de magnesio y potasio tuvieron tendencia a disminuir; y, los porcentajes de sodio y cloruros tuvieron tendencia a aumentar. Finalmente, no hubo variación significativa del nivel de salinidad de agua de riego en las concentraciones de calcio y sulfato presentes en la raíz del cultivo.

Palabras claves: salinidad, rabanito, desarrollo del cultivo, agua de riego.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

El agua de riego es un recurso que permite aprovechar el potencial de la tierra para favorecer el desarrollo del cultivo. Por lo tanto, para lograr un cultivo en óptimas condiciones, se debe contar con agua de riego de buena calidad en cuanto a sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Sin embargo, no siempre se dispone de agua de riego de buena calidad.

Hurtado (2003) indicó que la calidad del agua de riego está en función de los problemas que ésta genere en el suelo y en el rendimiento del cultivo. También, mencionó que uno de los principales problemas respecto a la calidad del agua de riego es la salinidad, ya que el riego con agua salina aumenta paulatinamente la concentración de sales en el suelo y afecta el desarrollo del cultivo.

Por otro lado, García (2012) mencionó que cuando la cantidad de sales que ingresa a la solución del suelo excede a la cantidad de sales removidas por el agua de riego, se ven afectados tanto el suelo como el cultivo. No obstante, esto va a depender del tipo de suelo y de la tolerancia del cultivo a la salinidad.

Por lo tanto, todas las personas involucradas en la agricultura deben conocer la tolerancia de los cultivos a la salinidad y los efectos que pueden producir en su desarrollo. Por ello, es importante investigar en estos temas que permiten encontrar alternativas de uso para las aguas salinas.

El presente trabajo académico se llevó a cabo de manera experimental. Consistió en aplicar agua de riego con diferentes niveles de salinidad en un suelo de textura arenosa, con la finalidad de evaluar los efectos de la salinidad en el cultivo de rabanito.

El rabanito (*Raphanus sativus* L.) es una hortaliza que se adapta al clima de la costa del Perú, donde se presentan los mayores problemas de salinidad debido a la aridez de la zona. Es un cultivo inmunoestimulante, antimicrobiano, antiséptico, antianémico, antioxidante y digestivo, cuya producción podría ser considerada atractiva para el mercado nacional e internacional.

Es por ello, que se eligió este cultivo para el presente trabajo académico, con el fin de conocer su tolerancia a la salinidad.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo principal

- Evaluar los efectos de diferentes niveles de salinidad del agua de riego en el desarrollo del cultivo de rabanito, en un suelo arenoso.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la relación entre el nivel de salinidad del agua de riego y el desarrollo fisiológico del cultivo de rabanito.
- Determinar la relación entre el nivel de salinidad del agua de riego y la concentración de K^+ , Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Cl^- y SO_4^{-2} en el cultivo de rabanito.
- Determinar la relación entre el nivel de salinidad del agua de riego y nivel de salinidad del suelo después de la cosecha.
- Determinar el nivel de salinidad del agua de riego con el cual el desarrollo del cultivo de rabanito es afectado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. SALINIDAD DEL AGUA DE RIEGO

Hurtado (2003) mencionó que el criterio más importante para determinar la calidad del agua con fines de riego es la concentración salina, donde el agua puede contener sales en menor o mayor concentración.

El método más utilizado para cuantificar la concentración salina de las aguas de riego es la medición de su conductividad eléctrica. Esto se debe a que el agua tiene la propiedad de conducir electricidad en forma proporcional a la cantidad de sales presentes en la solución. Sin embargo, también existen otros métodos utilizados para cuantificar la salinidad del agua con fines de riego, tales como la salinidad efectiva y la salinidad potencial.

2.1.1. Conductividad eléctrica (CE)

El USDA (1954) estableció la clasificación de las aguas de riego en función de su conductividad eléctrica. El sistema propuesto fue desarrollado para las condiciones promedio de la región árida del suroeste de los Estados Unidos. En la Tabla 1 se puede apreciar la clasificación de las aguas de riego con la conductividad eléctrica expresada en $\mu\text{mhos/cm}$, donde 100 $\mu\text{mhos/cm}$ equivalen a 1 dS/m.

Tabla 1: Clasificación de las aguas de riego - USDA

Índice de salinidad	CE ($\mu\text{mhos/cm}$)	Riegos de salinidad
C1	100 - 250	Bajo
C2	250 - 750	Medio
C3	750 - 2250	Alto
C4	> 2250	Muy alto

FUENTE: USDA, 1985

Pla (1979) mencionó que la sencillez del sistema y la falta de criterio sobre sus limitaciones por parte de los usuarios condujeron a un uso general e indiscriminado en distintas situaciones. Ello provocó muchos errores en los diagnósticos de problemas de salinización y en las recomendaciones de prácticas de manejo.

Es por ello que el USLS propuso su modificación, aumentando los límites en cuanto al riesgo de salinidad (Pizarro, 1985). La clasificación se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2: Clasificación de las aguas de riego - USLS

Índice de salinidad	CE (dS/m)	Riegos de salinidad
C1	< 0,75	Bajo: sin restricción para uso agrícola
C2	0,75 – 1,50	Medio: restricción de uso de grado moderado
C3	1,50 – 3,00	Alto: restricción de uso de grado elevado
C4	> 3,00	Muy alto: restricción de uso de grado severo

FUENTE: USLS, 1972

En seguida, se presentan las condiciones para los índices de salinidad de las Tablas 1 y 2:

- **C1 - Agua de salinidad baja:** sin restricciones para uso agrícola, puede ser utilizada para riego por gravedad y riego por aspersión en la mayoría de los cultivos, con poca probabilidad de que los rendimientos disminuyan y los suelos desarrollen salinidad. Aguas para riego sin problemas, excepto en suelos de deficiente permeabilidad y drenaje.
- **C2 - Agua de salinidad media:** con restricción de uso de grado moderado, puede ser utilizada para riego por gravedad y riego por aspersión en suelos de buen drenaje, siempre y cuando exista un grado moderado de lixiviación de sales y con plantas moderadamente resistentes a la salinidad. Aguas que determinan problemas crecientes de salinidad del suelo.
- **C3 - Agua de salinidad alta:** con restricción de uso de grado elevado, puede ser utilizada para riego por gravedad y riego por aspersión necesitando prácticas especiales en el manejo de riego, control de la salinidad y con plantas resistentes y de baja sensibilidad. Aguas con serios problemas de salinidad.

- **C4 - Agua de salinidad muy alta:** con restricción de uso de grado severo, no debe ser utilizada para riego por gravedad ni riego por aspersión. Las circunstancias muy especiales que permiten su uso estarán relacionadas con suelos de excelente drenaje, plantas altamente resistentes a la salinidad y con pérdidas significativas del rendimiento y deterioro de los suelos. Aguas para riego que determinan problemas de salinidad en suelos y plantas.

2.1.2. Salinidad efectiva (SE)

Según Goicochea (2012), la salinidad efectiva es la estimación más realista del peligro que generan las sales solubles del agua cuando forman parte de la solución. Para calcular la salinidad efectiva se utiliza la siguiente fórmula:

- Si $Ca > CO_3 + HCO_3 + SO_4$, entonces:
SE = Suma de cationes - $(CO_3 + HCO_3 + SO_4)$.
- Si $Ca < CO_3 + HCO_3 + SO_4$, pero $Ca > CO_3 + HCO_3$, entonces:
SE = Suma de cationes - Ca.
- Si $Ca < CO_3 + HCO_3$, pero $Ca + Mg > CO_3 + HCO_3$, entonces:
SE = Suma de cationes - $(CO_3 + HCO_3)$.
- Si $Ca + Mg < CO_3 + HCO_3$, entonces:
SE = Suma de cationes - $(Ca + Mg)$.

En la Tabla 3, se presenta la clasificación de las aguas de riego de acuerdo a su SE.

Tabla 3: Clasificación de las aguas de riego en función de su salinidad efectiva

Clase	SE (meq.l ⁻¹)
Buena	< 3
Condicionada	3 - 15
No recomendable	> 15

FUENTE: Palacios y Aceves, 1970

2.1.3. Salinidad potencial (SP)

Para Goicochea (2012), la salinidad potencial indica el peligro de las aguas de riego cuando el suelo tiene bajos niveles de humedad. Puesto que cuando la humedad del suelo es menor al 50 por ciento de la aprovechable, las últimas sales en solución son los cloruros y parte de los sulfatos, los cuales incrementan la presión osmótica. La salinidad potencial se calcula de la siguiente manera:

$$SP = Cl + \frac{1}{2} SO_4$$

La clasificación de las aguas de riego, de acuerdo a su SP, se aprecia en la Tabla 4.

Tabla 4: Clasificación de las aguas de riego en función de su salinidad potencial

Clase	SP (meq.l ⁻¹)
Buena	< 3
Condicionada	3 - 15
No recomendable	> 15

FUENTE: Palacios y Aceves, 1970

2.2. SALINIDAD DEL SUELO

La salinidad en el suelo es un proceso complejo de degradación química, influyente en las propiedades físicas del suelo (Girón-Ríos *et al*, 2009). Según Ramoliya et al (2006), en el mundo existen más de 800 millones de hectáreas de suelos afectados por las altas concentraciones de salinidad, lo que dificulta el uso de estos suelos para fines agrícolas. Por otro lado, Flores (1991) indicó que estas sales provienen de diferentes orígenes, que pueden ser naturales o antrópicos, siendo el uso de aguas salinas con fines de riego uno de los orígenes antrópicos más comunes de la formación de suelos salinos. Por otro lado, para Perelman (1959), el origen natural de los suelos salinos puede ser:

- **Descomposición de rocas:** la principal fuente de iones y aniones son los minerales primarios del suelo y las rocas expuestas de la corteza terrestre que durante el proceso de meteorización se fueron liberando y pasaron a formar parte del suelo.

- **Aguas de mar:** la mayor parte de los suelos eriazos de la costa peruana tienen su origen en el periodo Terciario, donde estuvieron cubiertos por las aguas del mar. En estos suelos predomina el cloruro de sodio, el cual permanece debido a las escasas lluvias de la zona.
- **Sales cíclicas:** la turbulencia del mar origina la formación de pequeñas gotas cargadas de sales que son llevadas por el viento y luego son depositadas sobre los suelos costeros.

Los suelos salinos se pueden clasificar en función del nivel de afectación por salinidad a través de parámetros como pH, CE y PSI (Tabla 5).

Tabla 5: Clasificación de suelos salinos

Clasificación	pH	CE	PSI	Proceso
Salinos	< 8,5	> 4	< 15	Salinización
Sódicos	> 8,5	< 4	> 15	Sodificación
Salinos - sódicos	< 8,5	> 4	> 15	Salinización - sodificación

FUENTE: Kochba *et al*, 2004

2.3. EFECTOS DE LA SALINIDAD EN LOS CULTIVOS

El mayor efecto de la salinidad sobre el cultivo es la reducción de su desarrollo debido al incremento del potencial osmótico de la solución del suelo, generando un esfuerzo adicional por parte de los cultivos para obtener agua de la solución del suelo a través de las raíces. Allison (1972). Sin embargo, el aumento de la presión osmótica no es la única razón por la que los cultivos se ven afectados en un suelo salino. Para Allison (1964), existen otras dos razones:

- Acumulación de iones tóxicos en los tejidos de las hojas
- Alteraciones de la nutrición mineral.

El ion cloro es el que presenta mayor toxicidad, ya que se acumula con facilidad en las hojas del cultivo, causándole quemaduras e impidiendo su desarrollo natural (Moya, 2012). Mientras que, la alteración de la nutrición mineral ocurre cuando los cultivos presentan dificultades para absorber iones esenciales en presencia de elevados niveles de salinidad.

Martínez (1996) clasificó los efectos de la salinidad en el suelo en tres aspectos:

- **Relaciones hídricas:** se tiene en cuenta que el agua tiende a desplazarse desde la solución menos concentrada a la más concentrada; cuando la concentración salina de la solución del suelo es superior a la del jugo celular de las plantas, el agua tenderá a salir de estas últimas hacia la solución del suelo. A partir de este fenómeno se puede deducir que cuando se riega con agua salina, por más humedad que tenga el suelo, los cultivos sufrirán estrés hídrico.
- **Balance energético:** cuando la presión osmótica del suelo se eleva, debido a la alta concentración salina, los cultivos se ven en la necesidad de adaptarse. Uno de los mecanismos utilizados es la adaptación osmótica de sus células para poder absorber agua en condiciones desfavorables. Lo cual requiere un consumo de energía extra que impide el crecimiento regular del cultivo.
- **Nutrición:** las variaciones de pH afectan la disponibilidad de nutrientes y la presencia en exceso de ciertos iones puede provocar toxicidad debido a su acumulación en distintas partes del cultivo como raíces, tallos y hojas.

Fuentes (1999) señaló que regar con agua salina puede ocasionar en los cultivos una serie de efectos, tales como:

- **Osmótico:** debido a la cantidad de sales solubles en la solución del suelo.
- **Reducción de la velocidad de infiltración:** las partículas del suelo tienden a disgregarse debido al alto contenido de sodio y al bajo contenido de calcio.
- **Toxicidad:** iones contenidos en el agua de riego se acumulan en el cultivo en concentraciones elevadas, generando una reducción en su rendimiento.

Mass y Hoffman (1977) establecieron una relación lineal entre la salinidad del suelo y la disminución de la producción en los cultivos, la cual se puede apreciar en la Figura 1:

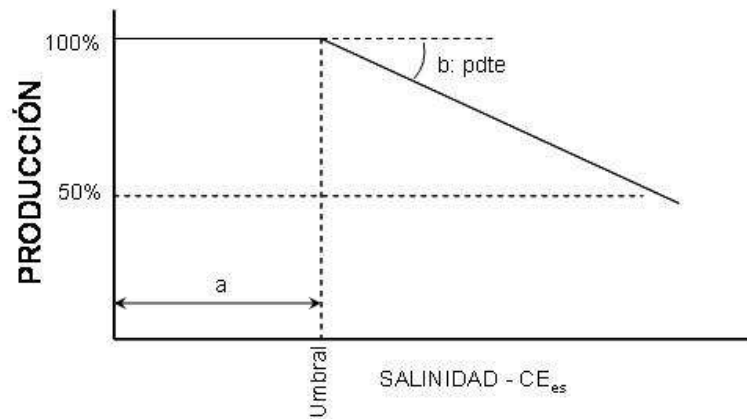


Figura 1: Conductividad eléctrica del suelo vs Producción del cultivo

FUENTE: Mass y Hoffman, 1977

La relación lineal entre la salinidad del suelo y la producción del cultivo es:

$$P = 100 - b(CEe - a) \leq 100$$

Donde:

P = Producción del cultivo (%)

CEe = Conductividad de eléctrica del extracto de saturación (dS/m)

a y b = Parámetros cuyos valores son constantes para cada cultivo

Los parámetros a y b varían de acuerdo al cultivo, en la Tabla 6 se puede apreciar los resultados de un grupo cultivos que fue estudiado por la FAO. Estos parámetros se tendrán en cuenta como referencia cuando se evalúen los efectos del nivel de salinidad en los cultivos.

Para el cultivo de rabanito, los valores de a y b son 1,20 y 10,18 dS/m, respectivamente. Esto significa que el nivel de salinidad del suelo a partir del cual el cultivo de rabanito se ve afectado es de 1,20 dS/m y que a partir de ahí la producción de rabanito se verá afectada en 10,18 por ciento, por cada unidad adicional de dS/m que incremente la salinidad del suelo.

Por otro lado, Minhas (1996) indicó que las hortalizas tienden a ser sensibles a las sales. En la Tabla 7 se puede apreciar la tolerancia relativa a la salinidad de algunas hortalizas

Tabla 6: Tolerancia de los cultivos a la salinidad del suelo

Cultivo	a (CE, dS/m)	b (pdte)	Tolerancia
Cebolla	1,20	160	Sensible
Guisante	1,50	140	Sensible
Zanahoria	1,00	140	Sensible
Alfalfa	2,00	7,30	Moderadamente sensible
Apio	1,80	4,80	Moderadamente sensible
Berenjena	1,10	6,90	Moderadamente sensible
Espinaca	2,00	6,30	Moderadamente sensible
Lechuga	1,25	10,18	Moderadamente sensible
Pimiento	1,50	11,04	Moderadamente sensible
Rábano	1,20	10,18	Moderadamente sensible
Trigo	6,00	7,10	Moderadamente sensible
Algodón	7,70	5,20	Tolerante
Cebada	8,00	5,00	Tolerante

FUENTE: Mass y Hoffman, 1977

Tabla 7: Tolerancia de las hortalizas a la salinidad del agua de riego

Cultivo	Rendimiento			
	100%	75%	50%	0%
Calabacita	3,1	4,9	6,7	10,0
Brócoli	1,9	3,7	5,5	9,1
Tomate	1,7	3,4	5,0	8,4
Pepino	1,7	2,9	4,2	6,8
Apio	1,2	3,9	6,6	12,0
Papa	1,1	2,5	3,9	6,7
Maíz dulce	1,1	2,5	3,9	6,7
Pimiento	1,0	2,2	3,4	5,8
Lechuga	0,9	2,1	3,4	6,0
Rábano	0,8	2,1	3,4	5,9
Cebolla	0,8	1,8	2,9	5,0
Zanahoria	0,7	1,9	3,0	5,4

FUENTE: Ayers y Westcot, 1985

2.4. CULTIVO DE RABANITO

El rábano (*Raphanussativus L.*) es una hortaliza de origen chino que pertenece a la familia de las brasicáceas (*Brassicaceae*) o crucíferas (*Cruciferae*) y que se cultiva por sus raíces comestibles (Maroto, 1992). También, mencionó que existe una variación significativa en las características de los rábanos cultivados en diversas partes del mundo.

En el grupo *Raphanussativus L. var. Sativus* se incluye la mayoría de los cultivares de rábano utilizados en Perú, a ellos se les conoce comúnmente como rabanitos. Es un cultivo de tamaño pequeño y de corto periodo vegetativo, levemente picante y de corta duración en pos cosecha. Son muy variables en color (blanco, rojo y rojiblanco) y forma (redonda, cilíndrica y puntuda).

Gosálbez (2011) mencionó que las ventajas que confiere el corto periodo vegetativo del rabanito son básicamente tres: no permite el desarrollo de plagas, puede ser un cultivo secundario y se pueden obtener varias cosechas al año. En buenas condiciones de siembra, pasada una semana y media se podrá ver las primeras plántulas; y hacia los treinta días se puede cosechar.

2.4.1. Taxonomía

Reino: *Plantae*

Subreino: *Traqueobinta*

División: *Spermatophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Dilleniidae*

Orden: *Capparales*

Familia: *Cruciferae*

Género: *Raphanus*

Especie: *Raphanussativus*

2.4.2. Importancia

El rabanito es una hortaliza utilizada comúnmente en ensaladas o encurtidos que no se caracteriza por su importancia económica, pero sí por su riqueza en cuanto a sus propiedades alimenticias. Ramírez y Pérez (2006) indicaron que 100 g de materia fresca de rabanito contiene 0,86 g de proteínas, 30 UI (Unidades Internacionales) de vitamina A, 30 mg de vitamina B1, 20 mg de vitamina B2 y 24 mg de vitamina C. Es una planta inmunoestimulante, antimicrobiano, antiséptico, antianémico, antioxidante y digestivo.

2.4.3. Clima y suelo

Casares (1981) mencionó que los rabinos son poco exigentes en cuanto a la temperatura requerida para el crecimiento, pero lo ideal es que se cultiven en un clima templado, con temperaturas que oscilen entre 15 y 18 °C. También, indicó que el suelo de textura arenosa es el mejor para sembrar rabanito, siempre que tenga suficiente material orgánico. Además, manifestó que los rabinos pueden ser cultivados en suelos ligeros y que los suelos pesados y arcillosos no son favorables para estas plantas.

2.4.4. Siembra y cosecha

La siembra se debe realizar preferentemente en otoño, primavera o invierno. Se esparce un promedio de 12 kg de semillas por hectárea y, por lo general, se siembra el rabanito intercalando con otras hortalizas de ciclo más largo. A los 15 o 20 días es recomendable aclarar las plantas, dejando un marco de plantación de 5 cm. Las plantas más pequeñas se pueden cultivar a partir de los 45 días, las medianas a los 50 días y las grandes a los 70 u 80 días. En el invierno se puede dejar la planta sin recolectar durante cierto tiempo, pero en verano es necesario cosecharlas a tiempo porque la raíz se puede ahuecar (INFOAGRO, 1997).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

3.1.1. Ubicación

El experimento se llevó a cabo en la parcela donde está instalada la caseta de control del cabezal de riego tecnificado de la Facultad de Ingeniería Agrícola, en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), cuya ubicación geográfica es:

- Latitud Sur: 12° 4' 42"
- Longitud Oeste: 76° 56' 46"
- Altitud: 245 m.s.n.m.

3.1.2. Clima

Para conocer el clima del lugar donde se realizó el experimento se tomaron como referencia algunos datos meteorológicos de la estación Alexander Von Humboldt del 2007 (Tabla 8).

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. De campo

- 30 macetas
- 200 kg de arena
- Un taladro
- 10 galoneras (40 litros)
- Una bolsa de cloruro de sodio (sal de mesa)
- Un conductivímetro
- Una probeta (1000 mL)

Tabla 8: Datos meteorológicos

Mes	T° media (°C)	HR media (%)	Precipitación (mm)	Horas de sol (horas/mes)	Evaporación (mm)
Enero	24.7	79	0.4	143.8	141.6
Febrero	24.3	75	0.6	182.5	123.6
Marzo	24.4	79	0.0	206.3	139.1
Abril	22.0	79	0.3	213.9	114.9
Mayo	19.4	82	0.2	191.5	81.6
Junio	16.0	91	0.3	93.9	49.1
Julio	15.1	91	3.1	40.4	33.3
Agosto	14.7	90	2.8	41.5	37.9
Septiembre	14.9	88	4.6	57.9	53.1
Octubre	16.6	87	0.8	148.2	88.5
Noviembre	18.5	82	0.3	182.9	105.5
Diciembre	20.1	81	0.0	163.1	116.0

FUENTE: López, 2007

3.2.2. De laboratorio

- Conductivímetro
- Horno
- Balanza digital
- Bomba de succión
- Moledora
- Agitador eléctrico
- Equipo espectrofotómetro
- Equipo de absorción atómica
- Papel filtro, envases, agua destilada, embudos, pipetas, tubos de ensayo, wincha, picetas.

3.2.3. Agua de riego

Para la preparación de las soluciones salinas se utilizó agua del reservorio ubicado en la parcela donde se realizó el experimento proveniente del canal Huachipa. La conductividad eléctrica del agua fue de 0,64 dS/cm, lo que indica que es ligeramente salina. La caracterización del agua se puede apreciar en la Tabla 9.

Tabla 9: Caracterización del agua del canal Huachipa

Parámetro	Unidad	Valor
CE	dS/m	0,63
pH	-	7,68
Calcio	meq/l	4,52
Magnesio	meq/l	0,74
Sodio	meq/l	1,26
Potasio	meq/l	0,09
Cloruros	meq/l	0,73
Sulfatos	meq/l	2,96

FUENTE: López, 2015

3.2.4. Suelo

Para el presente trabajo se utilizó suelo arenoso, proveniente del Parque Central del distrito de Villa El Salvador. La salinidad del suelo fue de 1,06 dS/m y su caracterización se puede apreciar en la Tabla 10.

Tabla 10: Caracterización del suelo de Villa El Salvador

pH	M.O (%)	Análisis mecánico (%)			Cationes cambiabiles				Clase textural
		Arena	Limo	Arcilla	Ca ⁺²	Mg ⁺	K ⁺	Na ⁺	
7,16	0,40	90	10	0	4,60	0,85	0,44	0,19	Suelo arenoso

FUENTE: López, 2015

3.2.5. Semillas

Se compró semillas de rabanito de la marca Hortus, con un 99% de pureza. En cada unidad experimental se colocaron 2 semillas, haciendo un total de 60 semillas utilizadas en el experimento.

3.3. MÉTODOLÓGÍA

3.3.1. Diseño experimental y análisis estadístico

Se aplicó un diseño completamente al azar, una prueba basada en un análisis de varianza (ANOVA), donde la varianza total se descompone en “varianza de los tratamientos” y “varianza del error”, con el objetivo de establecer si existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Por otro lado, en el presente trabajo académico se trabajó con macetas, las cuales son comúnmente usadas en trabajos de investigación debido a que permiten un mayor control en el experimento. En este caso, la única variable independiente fue la salinidad del agua de riego, mientras que el resto se mantuvo constante. Sin embargo, se debe cumplir ciertas condiciones en función a la planta seleccionada para el uso de macetas. En el caso del rabanito, la maceta necesitó tener una altura mínima de 30 cm.

Los análisis estadísticos utilizados fueron la prueba F de Fisher y t de Student a un nivel de significancia del 1 y 5 por ciento, con el fin de evaluar la relación del nivel de salinidad del agua de riego con el desarrollo fisiológico del cultivo de rabanito, la concentración de iones en el cultivo de rabanito y la salinidad del suelo.

3.3.2. Preparación de las macetas

Una vez adquiridos los materiales, se lavó la arena con agua del canal Huachipa con la finalidad de eliminar el exceso de sales. La arena lavada se mezcló en una superficie de plástico para homogenizarla (Figura 2). Se utilizaron baldes reciclados como macetas, los cuales fueron lavados y perforados con un taladro en la base para que el exceso de agua de riego se elimine con facilidad, luego se llenó cada maceta con arena, cuyo peso fue de 5,5 kg (Figura 3).

3.3.3. Preparación del agua de riego

El agua de riego utilizada fue una mezcla de agua del canal Huachipa y cloruro de sodio, cuya conductividad eléctrica fue medida con un conductivímetro, hasta alcanzar los parámetros seleccionados de acuerdo al tratamiento correspondiente (Figura 4).

3.3.4. Siembra de las semillas de rabanito

Las semillas se sembraron directamente en cada una de las 30 macetas (Figura 5). Se colocaron 2 semillas en cada maceta. Un día antes de la siembra se saturó el suelo y se dejó drenar durante 24 horas, para alcanzar la condición de capacidad de campo.



Figura 2: Mezcla del suelo arenoso



Figura 3: Llenado de las macetas



Figura 4: Preparación de las soluciones salinas



Figura 5: Siembra

3.3.5. Aplicación del riego

El riego a cada unidad experimental se aplicó de acuerdo a la necesidad hídrica de las plantas. Al principio, se aplicó el riego con agua del canal Huachipa, antes de ser mezclada con cloruro de sodio. Una vez que empezaron a nacer las hojas verdaderas a las plántulas se procedió a aplicar el riego con el tratamiento correspondiente (Figura 6). La dosis de

riego fue de 120 ml al día durante las dos primeras semanas; luego, se aumentó a 150 ml al día hasta el final del tratamiento.



Figura 6: Aparición de las primeras hojas

3.3.6. Cosecha

La cosecha se realizó 35 días después de la siembra (Figura 7).



Figura 7: Cosecha

3.3.7. Medición de la longitud de las plantas

Se realizó antes de ponerlas a secar en el horno. Se midió la longitud total y de la parte aérea; además, el diámetro ecuatorial y polar de la raíz.

3.3.8. Determinación del peso fresco de las plantas

En campo, luego de la cosecha, se estableció el peso fresco total, el de la parte aérea y de la raíz (Figura 8). Luego, se colocó cada planta en un recipiente para llevarlas al laboratorio.



Figura 8: Pesado de las plantas

3.3.9. Determinación del peso seco de las raíces

En el Laboratorio de Riego y Drenaje (LRD) de la Facultad de Ingeniería Agrícola, se colocaron al horno durante 24 horas y a una temperatura de 70°C, los recipientes con las raíces de las plantas cortadas en tiras. En este caso, sólo se determinó el peso seco de la raíz debido a que es la parte comestible de la planta y, por ende, la más importante (Figura 9).



Figura 9: Pesado de las raíces

3.3.10. Concentración de iones en las plantas

Para medir la concentración de los iones de calcio, magnesio, potasio, sodio, cloruros y sulfatos; se analizaron las raíces secas y molidas de las plantas de rabanito en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF) de la facultad de Agronomía de la UNALM (Figuras 10, 11 y 12).



Figura 10: Molido de las raíces



Figura 11: Pesado de las raíces molidas



Figura 12: Preparación de las soluciones

3.3.11. Salinidad del suelo

Se determinó mediante la conductividad eléctrica de las muestras de suelo extraídas en campo. Estas muestras se llevaron al Laboratorio de Riego y Drenaje (LRD) de la Facultad de Ingeniería Agrícola, con las que se preparó la pasta de saturación, que se colocó en la bomba de succión, para obtener el extracto de saturación; en la que, finalmente, se midió la salinidad, mediante un conductímetro (Figura 13).



Figura 13: Medición de la salinidad del suelo

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cultivo de rabanito se cosechó 35 días después de la siembra, con excepción de las plantas sometidas a los tratamientos T9 y T10, que no sobrevivieron a las condiciones salinas generadas por el agua de riego de 12 y 15 dS/m, respectivamente. Por lo tanto, dichos tratamientos no fueron tomados en cuenta en el análisis de los resultados obtenidos.

4.1. LONGITUD DE LA PLANTA

Los resultados demuestran la influencia de la salinidad del agua de riego en el crecimiento del cultivo de rabanito. Donde la longitud de la planta tiende a ser menor en la medida que la salinidad del agua de riego aumenta.

En la figura 14 se observa que la mayor variación con respecto a la longitud de la planta ocurrió entre el tratamiento T1 y T2, con 0,64 y 1,30 dS/m, respectivamente. Por lo que se deduce que la tolerancia del rabanito a la salinidad es baja.

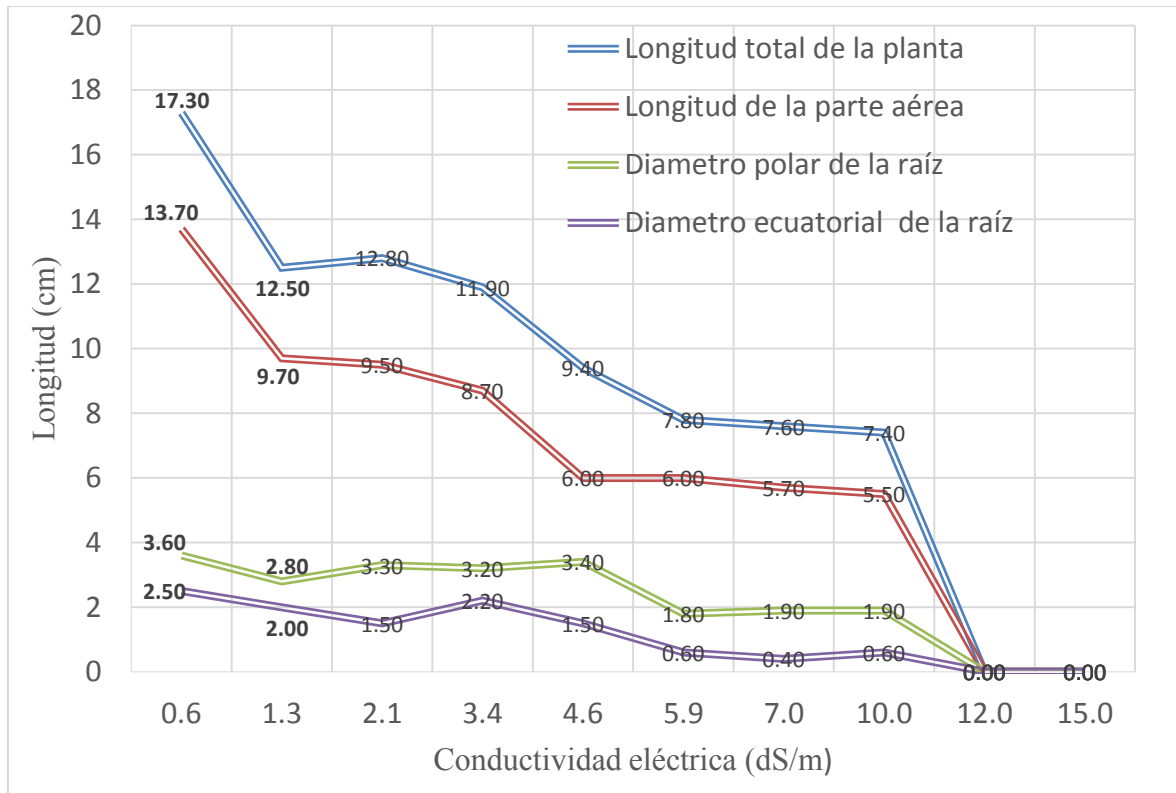


Figura 14: Longitud de la planta

4.1.1. Longitud total

La medición incluyó hojas, tallo y raíz de la planta. En la Tabla 11 se presenta los resultados obtenidos, observándose que la mayor longitud total de la planta fue de 19,5 cm, correspondiente a la primera muestra del tratamiento T1.

Tabla 11: Longitud total

Tratamiento	Nivel de salinidad (dS/m)	Longitud total (cm)						Longitud promedio (cm)
T1	0,64	19,5	17,5	17,0	16,3	18,5	15,0	17,3
T2	1,30	15,0	14,5	16,7	7,3	12,0	9,5	12,5
T3	2,10	15,8	12,2	14,0	11,9	11,5	11,3	12,8
T4	3,40	12,0	13,3	13,3	13,0	8,5	11,5	11,9
T5	4,60	10,8	7,5	9,3	8,8	10,3	9,4	09,4
T6	5,90	9,5	9,4	4,6	7,9	8,8	6,4	07,8
T7	7,00	10,5	8,9	4,8	6,9	6,9	7,4	07,6
T8	10,00	3,6	10,3	7,6	8,5	6,0	8,2	07,4
T9	12,00	-	-	-	-	-	-	-
T10	15,00	-	-	-	-	-	-	-

En la Figura 15 se muestra la variación de los valores medios para cada uno de los tratamientos aplicados. De ella, se puede inferir que la longitud total de la planta tiende a ser mayor, cuanto menor es el nivel de salinidad del agua de riego utilizada.

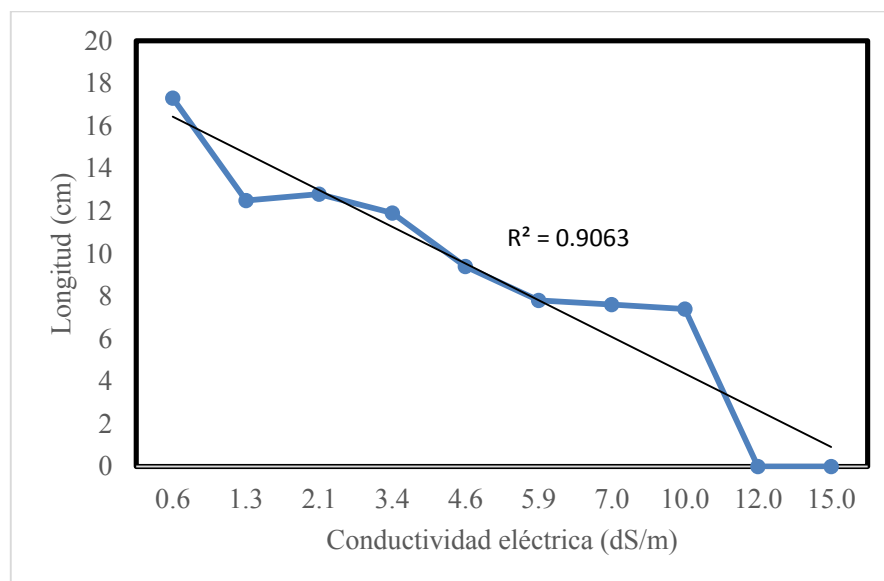


Figura 15: Longitud total

El estadístico de prueba F calculado fue 15,80 y el F de tabla, con un nivel de significancia de 1 por ciento, 3,12. Por lo tanto, se puede deducir que el efecto de los tratamientos de aguas salinas es altamente significativo. Es decir, cuando varía la concentración salina del agua de riego, se obtiene efectos diferentes en la longitud total de la planta. Además, los datos obtenidos se ajustan a una ecuación lineal, donde el coeficiente de determinación es 0,9063, lo que indica que existe un 90,63 por ciento de probabilidades de que el decrecimiento de la longitud total de la planta se deba al aumento de la salinidad del agua de riego.

4.1.2. Longitud de la parte aérea

La medición incluyó hojas y tallo de la planta. En la Tabla 12 se presenta los resultados obtenidos, observándose que la mayor longitud de la parte aérea de la planta fue de 15,0 cm, correspondiente a la primera muestra del tratamiento T1.

Tabla 12: Longitud de la parte aérea

Tratamiento	Nivel de salinidad (dS/m)	Longitud de la parte aérea (cm)						Longitud promedio (cm)
T1	0,64	15,0	14,0	13,5	13,0	15,5	11,4	13,7
T2	1,30	11,6	11,5	13,6	5,2	9,5	7,0	9,7
T3	2,10	11,8	9,7	9,6	8,4	8,9	8,4	9,5
T4	3,40	8,4	10,5	9,8	9,5	5,5	8,3	8,7
T5	4,60	8,1	5,5	6,0	6,3	3,3	6,5	6,0
T6	5,90	7,3	7,3	3,5	5,9	6,6	5,2	6,0
T7	7,00	7,5	7,1	3,6	5,3	5,2	5,5	5,7
T8	10,00	3,6	7,5	5,2	6,4	4,2	6,0	5,5
T9	12,00	-	-	-	-	-	-	-
T10	15,00	-	-	-	-	-	-	-

En la Figura 16 se muestra la variación de los valores medios para cada uno de los tratamientos aplicados. De ella, se puede inferir que la longitud de la parte aérea de la planta tiende a ser mayor, cuanto menor es el nivel de salinidad del agua de riego utilizada.

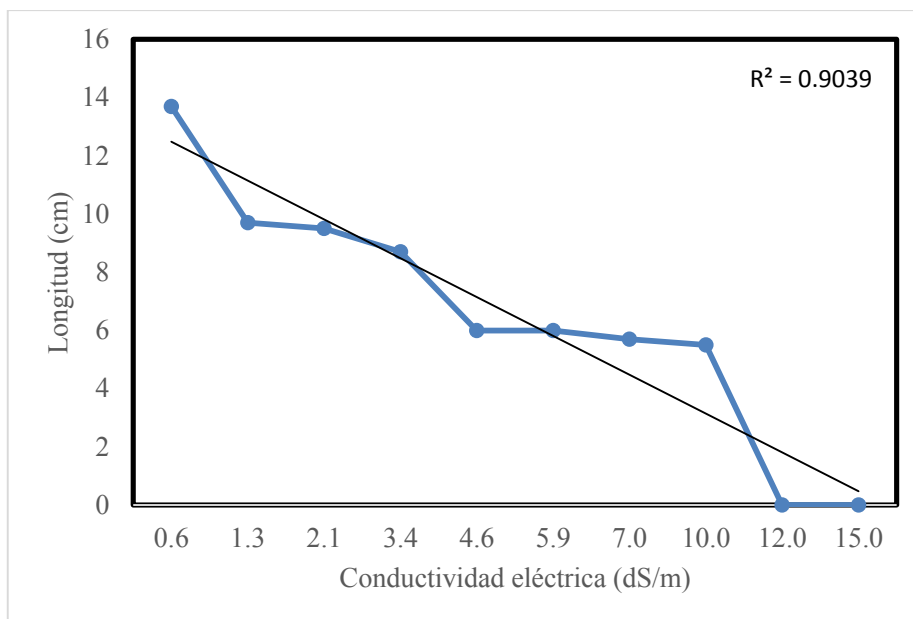


Figura 16: Longitud de la parte aérea

El estadístico de prueba F calculado fue 15,47 y el F de tabla, con un nivel de significancia de 1 por ciento, 3,12. Por lo tanto, se puede deducir que el efecto de los tratamientos de aguas salinas es altamente significativo. Es decir, cuando varía la concentración salina del agua de riego, se obtiene efectos diferentes en la longitud de la parte aérea de la planta. Además, los datos obtenidos se ajustan a una ecuación lineal, donde el coeficiente de determinación es 0,9039, lo que indica que existe un 90,39 por ciento de probabilidades de que el decrecimiento de la longitud de la parte aérea de la planta se deba al aumento de la salinidad del agua de riego.

4.1.3. Longitud del diámetro polar de la raíz

En la Tabla 13 se presenta los resultados de la medición del diámetro polar de la raíz, en la que se observa que el mayor valor fue de 4,5 cm, que se obtuvo en la primera muestra del tratamiento T1.

En la Figura 17 se muestra la variación de los valores medios en cada uno de los tratamientos aplicados. De ella, se puede inferir que el diámetro polar de la raíz de la planta se mantiene constante hasta un nivel de salinidad del agua de riego de 4,6 dS/m, luego desciende a medida que la salinidad aumenta.

Tabla 13: Longitud del diámetro polar de la raíz

Tratamiento	Nivel de salinidad (dS/m)	Longitud del diámetro polar de la raíz (cm)						Longitud promedio (cm)
T1	0,64	4,5	3,5	3,5	3,3	3,0	3,6	3,6
T2	1,30	3,4	3,0	3,1	2,1	2,5	2,5	2,8
T3	2,10	4,0	2,5	4,4	3,5	2,6	2,9	3,3
T4	3,40	3,6	2,8	3,5	3,5	3,0	3,0	3,2
T5	4,60	2,7	2,0	3,3	2,5	7,0	2,9	3,4
T6	5,90	2,2	2,1	1,1	2,0	2,2	1,2	1,8
T7	7,00	3,0	1,8	1,2	1,6	1,7	1,9	1,9
T8	10,00	0,0	2,8	2,4	2,1	1,8	2,2	1,9
T9	12,00	-	-	-	-	-	-	-
T10	15,00	-	-	-	-	-	-	-

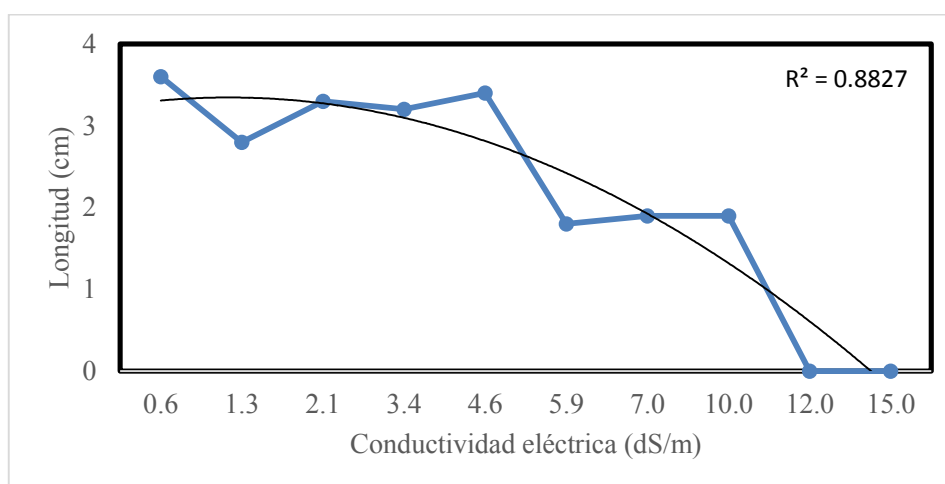


Figura 17: Longitud del diámetro polar de la raíz

El estadístico de prueba F calculado fue 4,50 y el F de tabla, con un nivel de significancia de 1 por ciento, 3,12. Por lo tanto, se puede deducir que el efecto de los tratamientos de aguas salinas es altamente significativo. Es decir, cuando varía la concentración salina del agua de riego, se obtiene efectos diferentes en el diámetro polar de la raíz de la planta. Además, los datos obtenidos se ajustan a una ecuación polinómica de segundo grado, donde el coeficiente de determinación es 0,8827, lo que indica que existe un 88,27 por ciento de probabilidades de que el decrecimiento de la longitud del diámetro polar de la planta se deba al aumento de la salinidad del agua de riego.

4.1.4. Longitud del diámetro ecuatorial de la raíz

En la Tabla 14 se presenta los resultados de la medición del diámetro ecuatorial de la raíz, en la que se observa que el mayor valor fue de 3,2 cm, que se obtuvo en la segunda muestra del tratamiento T1.

Tabla 14: Longitud del diámetro ecuatorial de la raíz

Tratamiento	Nivel de salinidad (dS/m)	Longitud del diámetro ecuatorial de la raíz (cm)						Longitud promedio (cm)
T1	0,64	2,8	3,2	2,1	2,9	1,8	2,3	2,5
T2	1,30	1,3	2,2	2,1	1,7	2,3	2,1	2,0
T3	2,10	1,7	0,9	2,1	1,7	0,6	1,7	1,5
T4	3,40	1,5	2,4	2,2	2,3	3,1	1,8	2,2
T5	4,60	2,0	1,6	1,4	1,6	1,1	1,2	1,5
T6	5,90	0,6	0,9	0,1	1,0	0,9	0,1	0,6
T7	7,00	1,2	0,6	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4
T8	10,00	0,1	1,1	0,9	0,3	0,4	1,0	0,6
T9	12,00	-	-	-	-	-	-	-
T10	15,00	-	-	-	-	-	-	-

En la Figura 18 se muestra la variación de los valores medios para cada uno de los tratamientos aplicados. De ella, se puede inferir que el diámetro ecuatorial de la raíz de la planta tiende a ser mayor, cuanto menor es el nivel de salinidad del agua de riego utilizada.

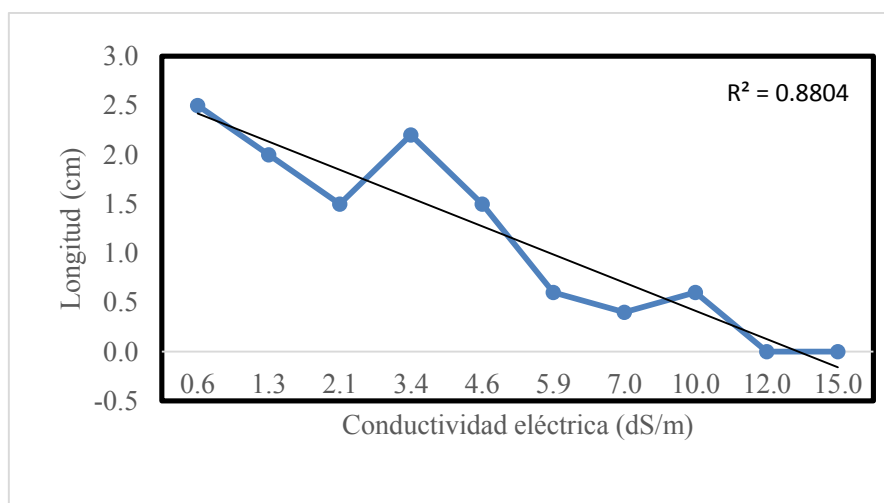


Figura 18: Longitud del diámetro ecuatorial de la raíz

El estadístico de prueba F calculado fue 18,12 y el F de tabla, con un nivel de significancia de 1 por ciento, 3,12. Por lo tanto, se puede deducir que el efecto de los tratamientos de aguas salinas es altamente significativo. Es decir, cuando varía la concentración salina del agua de riego, se obtiene efectos diferentes en el diámetro ecuatorial de la raíz de la planta. Además, los datos obtenidos se ajustan a una ecuación lineal, donde el coeficiente de determinación es 0,8804, lo que indica que existe un 88,04 por ciento de probabilidades de que el decrecimiento de la longitud del diámetro ecuatorial de la planta se deba al aumento de la salinidad del agua de riego.

4.2. PESO FRESCO DE LA PLANTA

Los resultados demuestran la influencia de la salinidad del agua de riego en el peso fresco del cultivo de rabanito. Donde el peso fresco de la planta tiende a ser menor en la medida que la salinidad del agua de riego aumenta.

En la figura 19 se observa que la mayor variación con respecto al peso fresco de la planta ocurrió entre el tratamiento T1 y T2, con 0,64 y 1,30 dS/m respectivamente. Lo que confirma que la tolerancia del rabanito a la salinidad es baja.

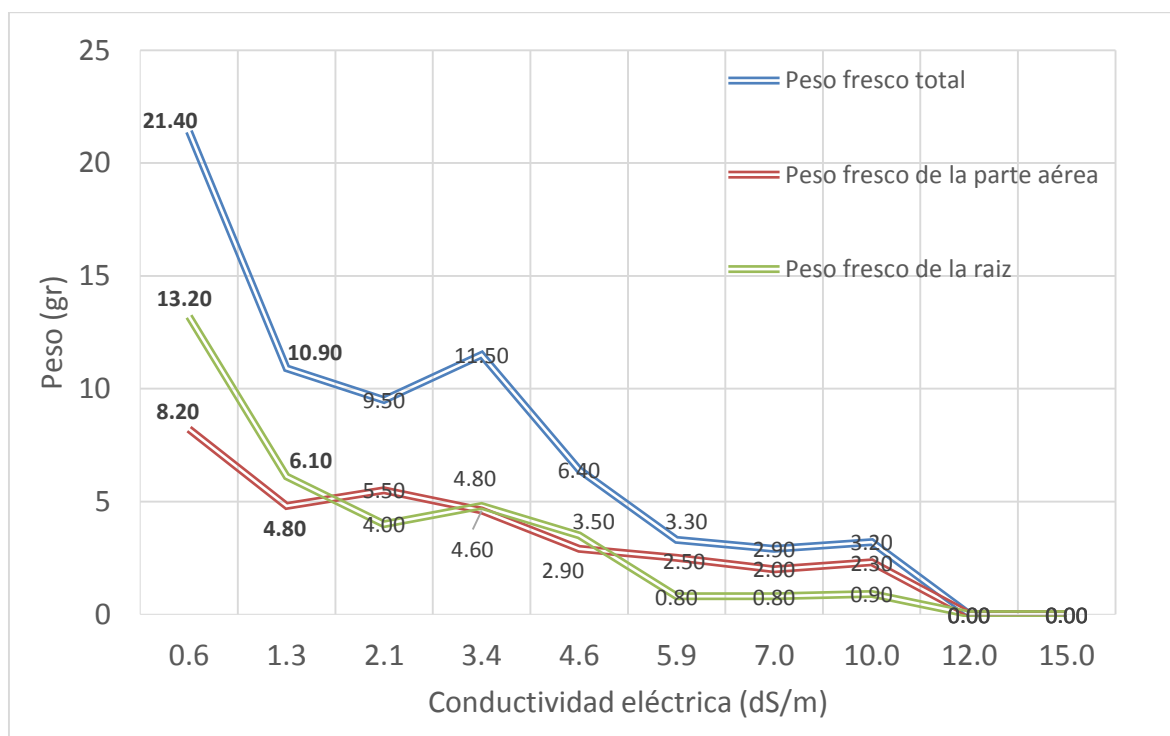


Figura 19: Peso fresco de la planta

4.2.1. Peso fresco total

La medición incluyó hojas, tallo y raíz de la planta. En la Tabla 15 se presenta los resultados obtenidos, observándose que el mayor peso fresco total de la planta fue de 28,9 gramos, correspondiente a la segunda muestra del tratamiento T1.

Tabla 15: Peso fresco total

Tratamiento	Nivel de salinidad (dS/m)	Peso fresco total (gr)							Peso promedio (gr)
T1	0,64	25,4	28,9	15,0	23,4	19,1	16,5	21,4	
T2	1,30	13,7	13,7	10,5	5,4	12,7	9,3	10,9	
T3	2,10	13,5	5,9	12,9	8,3	7,8	8,5	9,5	
T4	3,40	7,0	10,4	12,4	13,3	19	6,9	11,5	
T5	4,60	10,2	4,5	8,3	6,8	4,5	4,2	6,4	
T6	5,90	5,6	4,4	1,1	4,0	3,0	1,6	3,3	
T7	7,00	6,4	3,9	1,1	2,0	1,1	2,7	2,9	
T8	10,00	1,0	6,4	3,6	2,6	1,4	4	3,2	
T9	12,00	-	-	-	-	-	-	-	
T10	15,00	-	-	-	-	-	-	-	

En la Figura 20 se muestra la variación de los valores medios para cada uno de los tratamientos aplicados. De ella, se puede inferir que el peso fresco total de la planta tiende a ser mayor, cuanto menor es el nivel de salinidad del agua de riego utilizada.

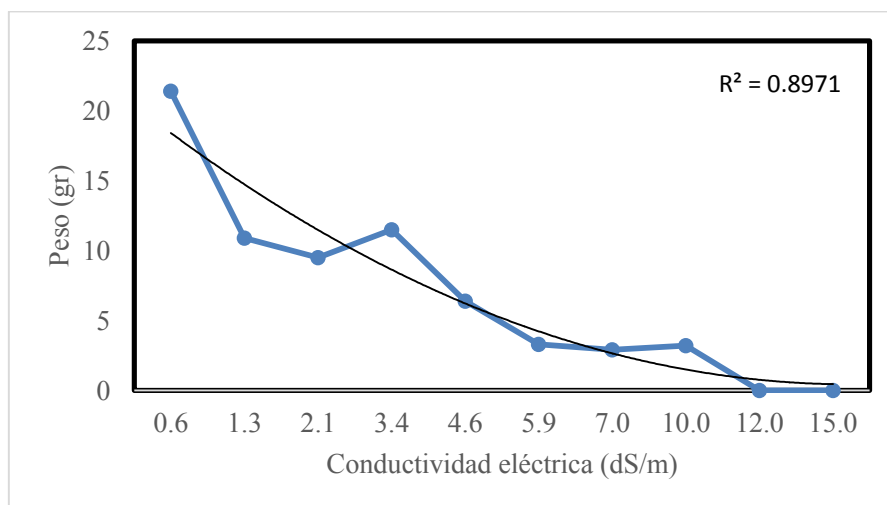


Figura 20: Peso fresco total

El estadístico de prueba F calculado fue 21,64 y el F de tabla, con un nivel de significancia de 1 por ciento, 3,12. Por lo tanto, se puede deducir que el efecto de los tratamientos de aguas salinas es altamente significativo. Es decir, cuando varía la concentración salina del agua de riego, se obtiene efectos diferentes en el peso fresco total de la planta. Además, los datos obtenidos se ajustan a una ecuación polinómica de segundo grado, donde el coeficiente de determinación es 0,8971, lo que indica que existe un 89,71 por ciento de probabilidades de que el decrecimiento del peso fresco total de la planta se deba al aumento de la salinidad del agua de riego.

4.2.2. Peso fresco de la parte aérea

La medición incluyó hojas y tallo de planta. En la Tabla 16 se presenta los resultados obtenidos, observándose que el mayor peso fresco de la parte aérea de la planta fue de 10,1 gramos, correspondiente a la primera muestra del tratamiento T2.

Tabla 16: Peso fresco de la parte aérea

Tratamiento	Nivel de salinidad (dS/m)	Peso fresco de la parte aérea (gr)						Peso promedio (gr)
T1	0,64	9,4	8,1	6,6	7,2	13,2	4,8	8,2
T2	1,30	10,1	6,0	3,6	1,3	5,0	3,0	4,8
T3	2,10	7,6	4,9	5,4	3,6	7,2	4,2	5,5
T4	3,40	3,6	8,4	4,5	4,5	5,0	1,8	4,6
T5	4,60	4,0	1,9	3,5	3,7	2,0	2,2	2,9
T6	5,90	4,6	3,3	1,1	2,8	1,5	1,6	2,5
T7	7,00	3,1	3,1	1,0	1,8	1,0	2,2	2,0
T8	10,00	1,0	4,8	2,3	2,3	1,0	2,4	2,3
T9	12,00	-	-	-	-	-	-	-
T10	15,00	-	-	-	-	-	-	-

En la Figura 21 se muestra la variación de los valores medios para cada uno de los tratamientos aplicados. De ella, se puede inferir que el peso fresco de la parte aérea de la planta tiende a ser mayor, cuanto menor es el nivel de salinidad del agua de riego utilizada.

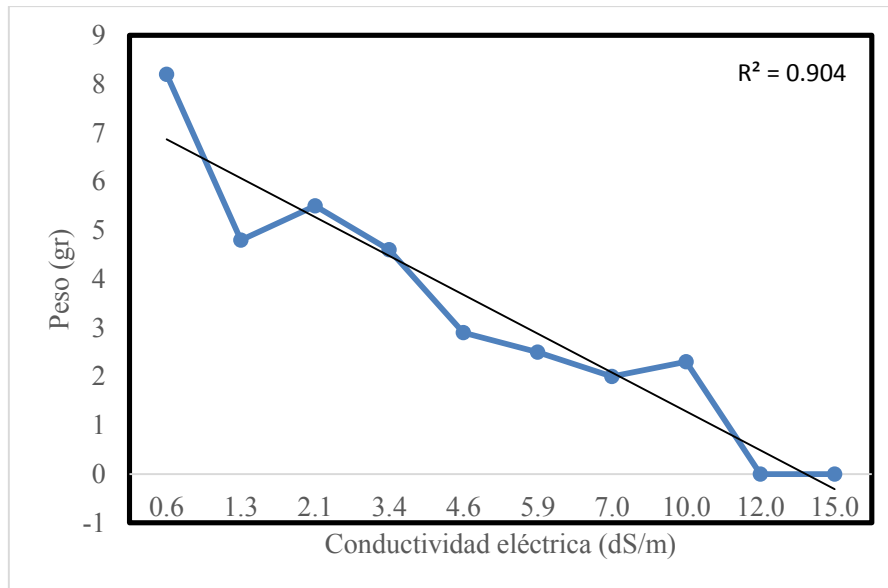


Figura 21: Peso fresco de la parte aérea

El estadístico de prueba de F calculado fue 7,03 y el F de tabla, con un nivel de significancia de 1 por ciento, 3,12. Por lo tanto, se puede deducir que el efecto de los tratamientos de aguas salinas es altamente significativo. Es decir, cuando varía la concentración salina del agua de riego, se obtiene efectos diferentes en el peso fresco de la parte aérea de la planta. Además, los datos obtenidos se ajustan a una ecuación lineal, donde el coeficiente de determinación es 0,9040, lo que indica que existe un 90,40 por ciento de probabilidades de que el decrecimiento del peso fresco de la parte aérea de la planta se deba al aumento de la salinidad del agua de riego.

4.2.3. Peso fresco de la raíz

En la tabla 17 se presenta los resultados del peso fresco de la raíz, en la que se observa que el mayor valor fue de 20,8 gramos, que se obtuvo en la segunda muestra del tratamiento T1.

En la Figura 22 se muestra la variación de los valores medios para cada uno de los tratamientos aplicados. De ella, se puede inferir que el peso fresco de la parte aérea de la planta tiende a ser mayor, cuanto menor es el nivel de salinidad del agua de riego utilizada.

Tabla 17: Peso fresco de la raíz

Tratamiento	Nivel de salinidad (dS/m)	Peso fresco de la raíz (gr)						Peso promedio (gr)
T1	0,64	16,0	20,8	8,4	16,2	5,9	11,7	13,2
T2	1,30	3,6	7,7	6,9	4,1	7,7	6,3	6,1
T3	2,10	5,9	1,0	7,5	4,7	0,6	4,3	4,0
T4	3,40	3,4	2,0	7,9	8,8	1,4	5,1	4,8
T5	4,60	6,2	2,6	4,8	3,1	2,5	2,0	3,5
T6	5,90	1,0	1,1	0,0	1,2	1,5	0,0	0,8
T7	7,00	3,3	0,8	0,1	0,2	0,1	0,5	0,8
T8	10,00	0,0	1,6	1,3	0,3	0,4	1,6	0,9
T9	12,00	-	-	-	-	-	-	-
T10	15,00	-	-	-	-	-	-	-

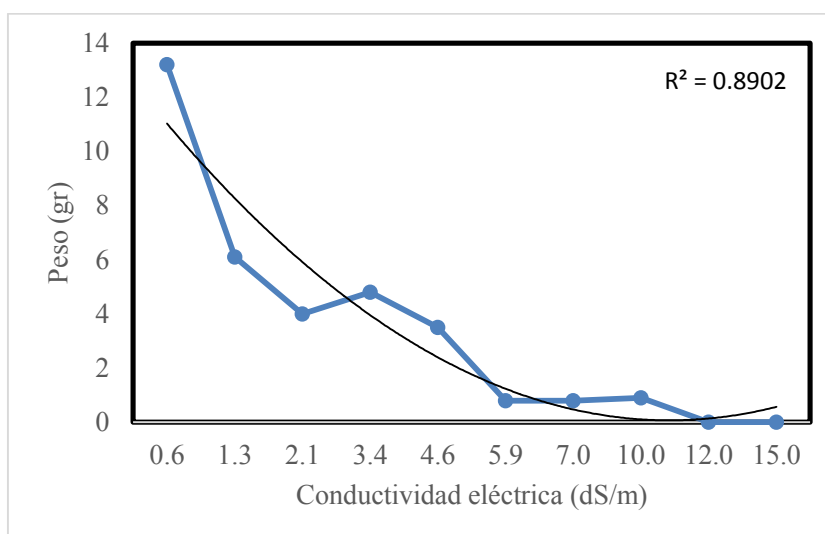


Figura 22: Peso fresco de la raíz

El estadístico de prueba F calculado fue 14,69 y el F de tabla, con un nivel de significancia de 1 por ciento, 3,12. Por lo tanto, se puede deducir que el efecto de los tratamientos de aguas salinas es altamente significativo. Es decir, cuando varía la concentración salina del agua de riego, se obtiene efectos diferentes en el peso fresco de la raíz de la planta. Además, los datos obtenidos se ajustan a una ecuación polinómica de segundo grado, donde el coeficiente de determinación es 0,8902, lo que indica que existe un 89,02 por

ciento de probabilidades de que el decrecimiento del peso fresco de la raíz de la planta se deba al aumento de la salinidad del agua de riego.

4.3. PESO SECO DE LA PLANTA

En los resultados demuestran la influencia de la salinidad del agua de riego en el peso seco del cultivo de rabanito. Donde el peso seco de la raíz de la planta tiende a ser menor en la medida que la salinidad del agua de riego aumenta.

4.3.1. Peso seco de la raíz

Por recomendaciones del jefe del LASPAF de la Facultad de Agronomía de la UNALM (Ing. Rubén Bazán), las tres muestras de cada tratamiento se juntaron en un solo envase, con la finalidad de tener una muestra representativa por cada uno, con el peso necesario para continuar con las pruebas de laboratorio.

En la Tabla 18 se presenta los resultados obtenidos del peso seco de la raíz, en la que se observa que el mayor valor fue de 8,3 gramos, correspondiente al tratamiento T1.

Tabla 18: Peso seco de la raíz

Tratamiento	Nivel de salinidad (dS/m)	Peso seco de la raíz (g)
T1	0,64	8,3
T2	1,30	6,1
T3	2,10	6,1
T4	3,40	5,5
T5	4,60	5,2
T6	5,90	4,8
T7	7,00	4,6
T8	10,00	4,0
T9	12,00	-
T10	15,00	-

En la Figura 23 se presenta los valores medios para cada uno de los tratamientos aplicados. De ella, se puede inferir que el peso seco de la raíz de la planta tiende a ser mayor, cuanto menor es el nivel de salinidad del agua de riego utilizada.

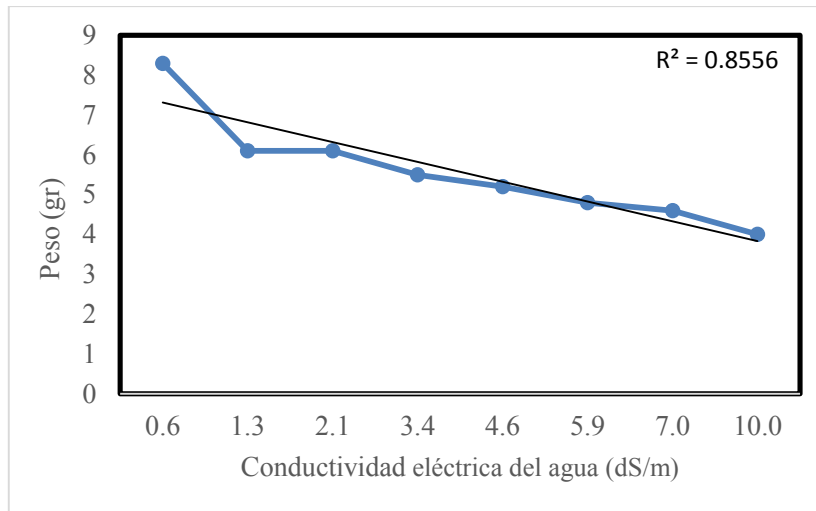


Figura 23: Peso seco de la raíz

El estadístico de prueba t calculado fue 4,42 y el t de tabla, con un nivel de significancia de 1 por ciento, 3,00. Por lo tanto, se puede deducir que el efecto de los tratamientos de aguas salinas es altamente significativo. Es decir, cuando varía la concentración salina del agua de riego, se obtienen efectos diferentes en el peso seco de la raíz de la planta. Además, los datos obtenidos se ajustan a una ecuación lineal, donde el coeficiente de determinación es 0,8556, lo que indica que existe un 85,56 por ciento de probabilidades de que el decrecimiento del peso seco de la raíz de la planta se deba al aumento de la salinidad del agua de riego.

4.4. CONCENTRACIÓN DE IONES EN LA PLANTA

Los resultados demuestran la influencia de la salinidad del agua de riego en la concentración de algunos iones, tales como cloruros, sodio, potasio y magnesio. En la figura 24 se observa que la variación de la concentración de elementos en la raíz de la planta de rabanito.

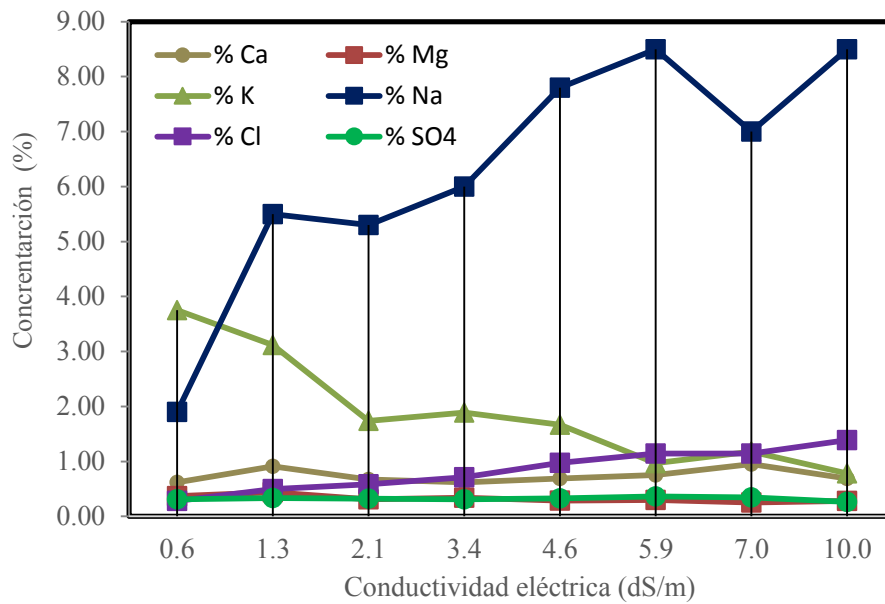


Figura 24: Concentración de iones

4.4.1. Concentración de calcio en la raíz

Los resultados se presentan en la Tabla 19, observándose que la mayor concentración de calcio en la raíz de la planta fue de 0,95 por ciento, que se obtuvo en el tratamiento T7.

En la Figura 25 se muestra la variación de la concentración en cada uno de los tratamientos aplicados. De ella, se deduce que la concentración de calcio en la raíz de la planta no depende del nivel de salinidad del agua de riego utilizada.

Tabla 19: Concentración de calcio en la raíz

Tratamiento	Nivel de salinidad (dS/m)	% Ca
T1	0,64	0,62
T2	1,30	0,91
T3	2,10	0,67
T4	3,40	0,62
T5	4,60	0,69
T6	5,90	0,76
T7	7,00	0,95
T8	10,00	0,69
T9	12,00	-
T10	15,00	-

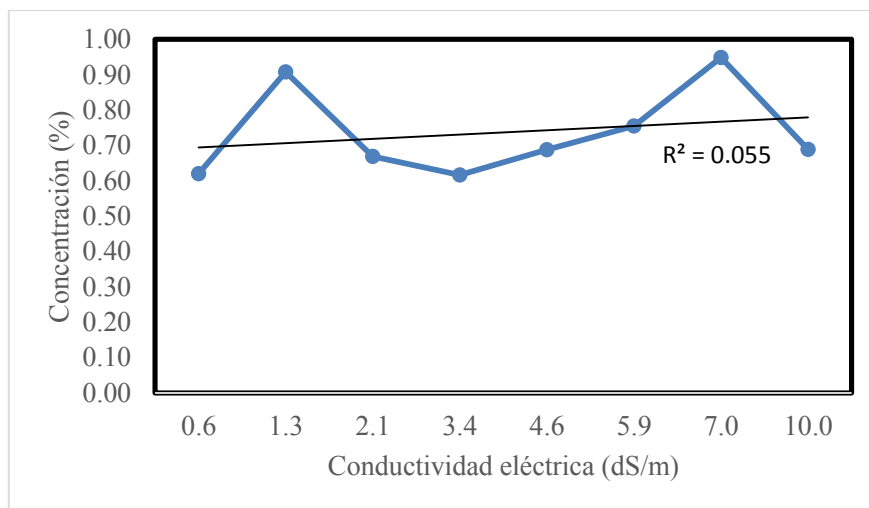


Figura 25: Concentración de calcio en la raíz

El estadístico de prueba t calculado fue 0,43 y el t de tabla, con un nivel de significancia de 1 por ciento, 3,00. Por lo tanto, se puede deducir que el efecto de los tratamientos de aguas salinas no es altamente significativo. Además, el t de tabla, con un nivel de significancia de 5 por ciento, fue 1,90. Por consiguiente, el efecto de los tratamientos de aguas salinas tampoco es significativo. Es decir, cuando varía la concentración salina del agua de riego, no se obtiene efectos diferentes en la concentración de calcio en la raíz de la planta. Además, los datos obtenidos no se ajustan a ninguna ecuación y el coeficiente de determinación es 0,0550, lo que indica que existe sólo un 5,50 por ciento de probabilidades de que la variación en la concentración de calcio en la raíz de la planta se deba al aumento de la salinidad del agua de riego.

4.4.2. Concentración de magnesio en la raíz

Los resultados se presentan en la Tabla 20, observándose que la mayor concentración de magnesio en la raíz de la planta fue de 0,44 por ciento, que se obtuvo en el tratamiento T2.

En la Figura 26 se muestra la variación de la concentración en cada uno de los tratamientos aplicados. De ella, se deduce que la concentración de magnesio en la raíz de la planta tiende a ser mayor, cuanto menor es el nivel de salinidad del agua de riego utilizada.

Tabla 20: Concentración de magnesio en la raíz

Tratamiento	Nivel de salinidad (dS/m)	% Mg
T1	0,64	0,37
T2	1,30	0,44
T3	2,10	0,25
T4	3,40	0,34
T5	4,60	0,29
T6	5,90	0,30
T7	7,00	0,25
T8	10,00	0,28
T9	-	-
T10	-	-

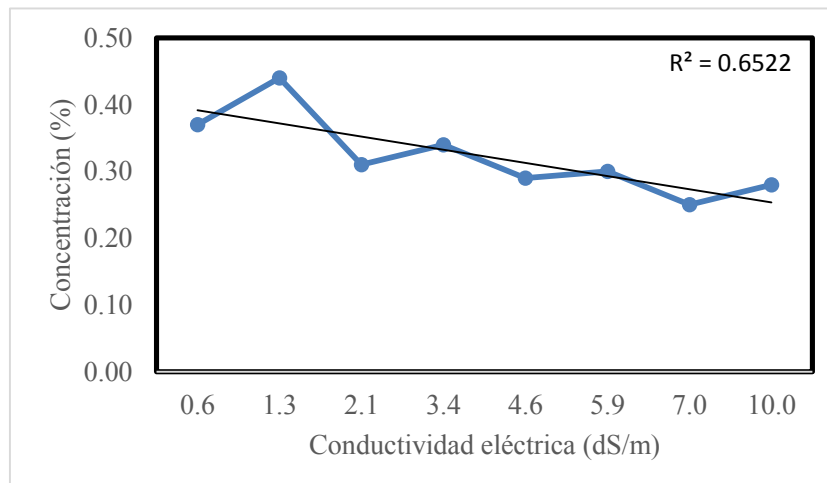


Figura 26: Concentración de magnesio en la raíz

El estadístico de prueba t calculado fue 2,78 y el t de tabla, con un nivel de significancia de 1 por ciento, 3,00. Por lo tanto, se puede deducir que el efecto de los tratamientos de las aguas salinas no es altamente significativo. Sin embargo, el t de tabla, con un nivel de significancia de 5 por ciento, fue 1,90. Por consiguiente, se puede deducir que el efecto de los tratamientos de aguas salinas es significativo. Es decir, cuando varía la concentración salina del agua de riego, se obtiene efectos diferentes en la concentración de magnesio en la raíz de la planta. Además, los datos obtenidos se ajustan a una ecuación lineal, donde el coeficiente de determinación es 0,6522, lo que indica que existe un 65,22 por ciento de probabilidades de que la variación en la concentración de magnesio en la raíz de la planta se deba al aumento de la salinidad del agua de riego.

4.4.3. Concentración de potasio en la raíz

Los resultados se presentan en la Tabla 21, observándose que la mayor concentración de potasio en la raíz de la planta fue 3,75 por ciento, correspondiente al tratamiento T1.

En la Figura 27 se muestra la variación de las concentraciones en cada uno de los tratamientos aplicados. De ella, se deduce que la concentración de potasio en la raíz de la planta tiende a ser mayor, cuanto menor es el nivel de salinidad del agua de riego utilizada.

Tabla 21: Concentración de potasio en la raíz

Tratamiento	Nivel de salinidad (dS/m)	% K
T1	0,64	3,75
T2	1,30	3,12
T3	2,10	1,74
T4	3,40	1,89
T5	4,60	1,67
T6	5,90	0,97
T7	7,00	1,18
T8	10,00	0,78
T9	-	-
T10	-	-

El estadístico de prueba t calculado fue 4,14 y el t de tabla, con un nivel de significancia de 1 por ciento, 3,00. Por lo tanto, se puede deducir que el efecto de los tratamientos de aguas salinas es altamente significativo. Es decir, cuando varía la concentración salina del agua de riego, se obtiene efectos diferentes en la concentración de potasio en la raíz de la planta. Además, los datos obtenidos se ajustan a una ecuación polinómica de segundo grado, donde el coeficiente de determinación es 0,9303, lo que indica que existe un 93,03 por ciento de probabilidades de que la variación en la concentración de potasio en la raíz de la planta se deba al aumento de la salinidad del agua de riego

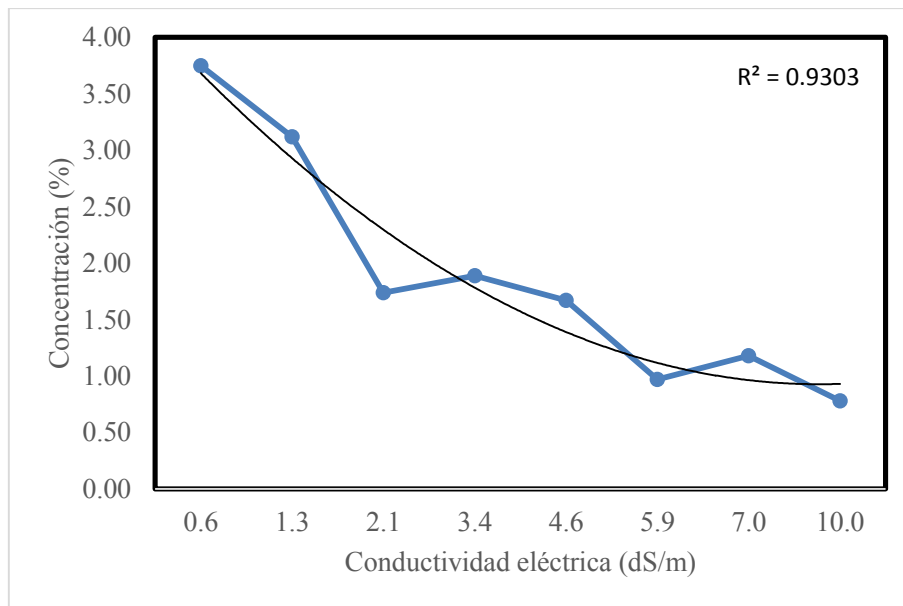


Figura 27: Concentración de potasio en la raíz

El estadístico de prueba t calculado fue 4,14 y el t de tabla, con un nivel de significancia de 1 por ciento, 3,00. Por lo tanto, se puede deducir que el efecto de los tratamientos de aguas salinas es altamente significativo. Es decir, cuando varía la concentración salina del agua de riego, se obtiene efectos diferentes en la concentración de potasio en la raíz de la planta. Además, los datos obtenidos se ajustan a una ecuación polinómica de segundo grado, donde el coeficiente de determinación es 0,9303, lo que indica que existe un 93,03 por ciento de probabilidades de que la variación en la concentración de potasio en la raíz de la planta se deba al aumento de la salinidad del agua de riego.

4.4.4. Concentración de sodio en la raíz

Los resultados se presentan en la Tabla 22, observándose que la mayor concentración de calcio en la raíz del cultivo fue 8,50 por ciento, que se obtuvo en el tratamiento T8.

En la Figura 28 se muestra la variación de las concentraciones en cada uno de los tratamientos aplicados. De ella, se deduce que la concentración de sodio en la raíz de la planta tiende a ser mayor, cuanto mayor es el nivel de salinidad del agua de riego utilizada

Tabla 22: Concentración de sodio en la raíz

Tratamiento	Nivel de salinidad (dS/m)	% Na
T1	0,64	1,90
T2	1,30	5,50
T3	2,10	5,30
T4	3,40	6,00
T5	4,60	7,80
T6	5,90	8,50
T7	7,00	7,00
T8	10,00	8,50
T9	-	-
T10	-	-

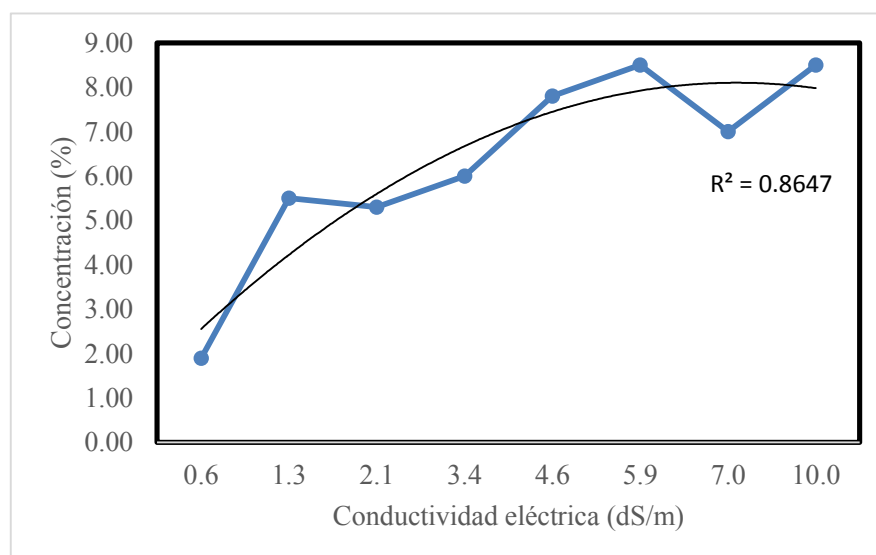


Figura 28: Concentración de sodio en la raíz

El estadístico de prueba t calculado fue 3,38 y el t de tabla, con un nivel de significancia de 1 por ciento, 3,00. Por lo tanto, se puede deducir que el efecto de los tratamientos de aguas salinas es altamente significativo. Es decir, cuando varía la concentración salina del agua de riego, se obtiene efectos diferentes en la concentración de sodio en la raíz de la planta. Además, los datos obtenidos se ajustan a una ecuación polinómica de segundo grado, donde el coeficiente de determinación es 0,8647, lo que indica que existe un 86,47 por ciento de probabilidades de que la variación en la concentración de sodio en la raíz de la planta se deba al aumento de la salinidad del agua de riego.

4.4.5. Concentración de cloruros en la raíz

Los resultados se presentan en la Tabla 23, observándose que la mayor concentración de cloruros en la raíz de la planta fue 1,39 por ciento, que se obtuvo en el tratamiento T8.

Tabla 23: Concentración de cloruros en la raíz

Tratamiento	Nivel de salinidad (dS/m)	Cl ⁺
T1	0,64	0,28
T2	1,30	0,50
T3	2,10	0,59
T4	3,40	0,71
T5	4,60	0,98
T6	5,90	1,15
T7	7,00	1,15
T8	10,00	1,39
T9	-	-
T10	-	-

En la Figura 29 se muestra la variación de las concentraciones en cada uno de los tratamientos aplicados. De ella, se deduce que la concentración de cloruros en la raíz de la planta tiende a ser mayor, cuanto mayor es el nivel de salinidad del agua de riego utilizada.

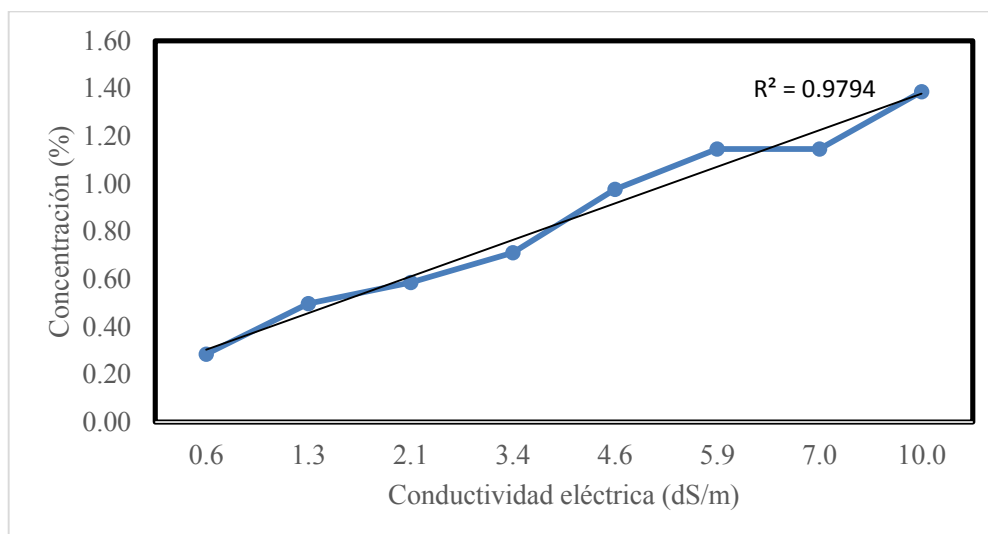


Figura 29: Concentración de cloruros en la raíz

El estadístico de prueba t calculado fue 10,16 y el t de tabla, con un nivel de significancia de 1 por ciento, 3,00. Por lo tanto, se puede deducir que el efecto de los tratamientos de aguas salinas es altamente significativo. Es decir, cuando varía la concentración salina del agua de riego, se obtiene efectos diferentes en la concentración de cloruros en la raíz de la planta. Además, los datos obtenidos se ajustan a una ecuación lineal, donde el coeficiente de determinación es 0,9794, lo que indica que existe un 97,94 por ciento de probabilidades de que la variación en la concentración de cloruros en la raíz de la planta se deba al aumento de la salinidad del agua de riego.

4.4.6. Concentración de sulfatos en la raíz

Los resultados se presentan en la Tabla 24, observándose que la mayor concentración de sulfatos en la raíz de la planta fue de 0,36 por ciento, que se obtuvo en el tratamiento T6.

En la Figura 30 se muestra la variación de las concentraciones en cada uno de los tratamientos aplicados. De ella, se deduce que la concentración de sulfatos en la raíz de la planta no depende del nivel de salinidad.

Tabla 24: Concentración de sulfatos en la raíz

Tratamiento	Nivel de salinidad (dS/m)	% SO ₄ ⁻²
T1	0,64	0,31
T2	1,30	0,33
T3	2,10	0,32
T4	3,40	0,31
T5	4,60	0,33
T6	5,90	0,36
T7	7,00	0,35
T8	10,00	0,26
T9	-	-
T10	-	-

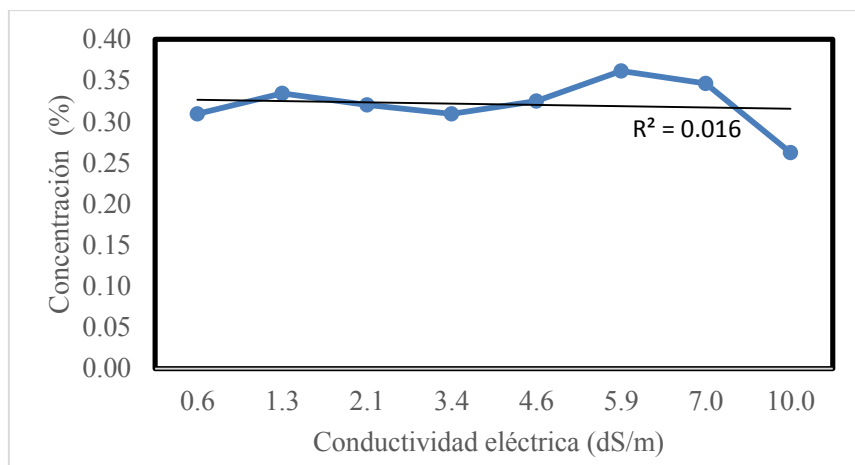


Figura 30: Concentración de sulfatos en la raíz

El estadístico de prueba t calculado fue 0,71 y el t de tabla, con un nivel de significancia de 1 por ciento, 3,00. Por lo tanto, se puede deducir que el efecto de los tratamientos de aguas salinas no es altamente significativo. Además, el t de tabla, con un nivel de significancia de 5 por ciento, fue 1,90. Por consiguiente, el efecto de los tratamientos de aguas salinas tampoco es significativo. Es decir, cuando varía la concentración salina del agua de riego, no se obtiene efectos diferentes en la concentración de calcio en la raíz de la planta. Además, los datos obtenidos no se ajustan a ninguna ecuación y el coeficiente de determinación es 0,0160, lo que indica que existe sólo un 1,60 por ciento de probabilidades de que la variación de la concentración de sulfatos en la raíz de la planta se deba al aumento de la salinidad del agua de riego.

4.5. SALINIDAD DEL SUELO DESPUÉS DE LA COSECHA

Los resultados se presentan en la Tabla 25, observándose que el mayor nivel de salinidad del suelo después de la cosecha fue de 40,5 dS/m, correspondiente al tratamiento T10.

En la Figura 31 se muestra la variación de la salinidad en cada uno de los tratamientos aplicados. De ella, se deduce que el nivel de salinidad del suelo después de la cosecha tiende a ser mayor, cuanto mayor es el nivel de salinidad del agua de riego utilizada.

Tabla 25: Salinidad del suelo después de la cosecha

Tratamiento	Nivel de salinidad del agua de riego (dS/m)	Nivel de salinidad del suelo al inicio del tratamiento (dS/m)	Nivel de salinidad del suelo después del tratamiento (dS/m)
T1	0,64	1,06	2,95
T2	1,30	1,06	4,82
T3	2,10	1,06	5,83
T4	3,40	1,06	6,51
T5	4,60	1,06	10,11
T6	5,90	1,06	14,02
T7	7,00	1,06	17,5
T8	10,00	1,06	22,5
T9	12,00	1,06	31,4
T10	15,00	1,06	40,5

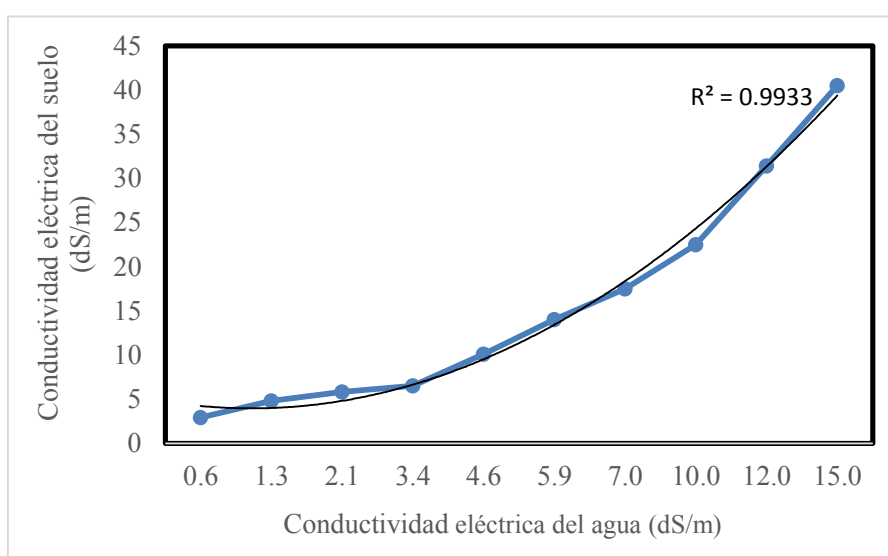


Figura 31: Salinidad del suelo después de la cosecha

El estadístico de prueba t calculado fue 20,25 y el t de tabla, con un nivel de significancia de 1 por ciento, 3,00. Por lo tanto, se puede deducir que el efecto de los tratamientos de aguas salinas es altamente significativo. Es decir, cuando varía la concentración salina de las muestras de agua de riego, se obtiene efectos diferentes en el nivel de salinidad del suelo después de la cosecha. Además, los datos obtenidos se ajustan a una ecuación lineal, donde el coeficiente de determinación es 0,9933, lo que indica que existe un 99,33 por ciento de probabilidades de que el incremento de la salinidad del suelo después de la cosecha se deba al aumento de la salinidad del agua de riego.

V. CONCLUSIONES

- Tanto la longitud total y de la parte aérea; diámetro ecuatorial y polar de la raíz; peso fresco total, de la parte aérea y de la raíz; y, peso seco de la raíz, tuvieron tendencia a disminuir en la medida en que el agua de riego presentaba mayor nivel de salinidad. Todo lo contrario ocurrió con la salinidad del suelo, que tuvo tendencia a aumentar en la medida en que el agua de riego presentaba mayor nivel de salinidad.
- La disminución del desarrollo fisiológico de las plantas de rabanito se presentó a partir del tratamiento T2, de 1,3 dS/m. Por lo tanto, se deduce que la tolerancia a la salinidad del cultivo de rabanito es baja. Es decir, el nivel de salinidad del agua de riego con el cual el desarrollo del cultivo de rabanito es afectado se encuentra en el rango de 0,64 a 1,3 dS/m.
- El peso fresco de la raíz de la planta cayó de 6,1 a 13,2 gramos desde el tratamiento T1 al T2, con 0,64 y 1,3 dS/m, respectivamente. Lo que equivale a una caída de más del 50 por ciento del peso.
- La concentración de iones en la raíz de las plantas de rabanito fue variable. En la medida en que el agua de riego presentaba mayor nivel de salinidad, la concentración de magnesio y potasio en la raíz de las plantas tuvieron tendencia a disminuir; y, los porcentajes de sodio y cloruros tuvieron tendencia a aumentar.
- No hubo variación significativa del nivel de salinidad de agua de riego en las concentraciones de calcio y sulfato presentes en la raíz del cultivo.
- La variación de la concentración de potasio en la raíz de la planta, de 3,75% a 0,78%, está relacionado con la variación de la concentración de sodio, de 1,90% a 8,50%, debido a que son elementos antagónicos.
- El incremento de la concentración de cloruros en la raíz de la planta, de 0,28% a 1,39%, generó intoxicación en las plantas, la cual afectó el desarrollo fisiológico del rabanit

VI. RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta que las plantas suelen ser muy sensibles a la salinidad en su etapa de germinación, por lo tanto, es conveniente que el tratamiento con aguas salinas inicie después de la germinación de las semillas.
- Realizar este experimento en condiciones de menor salinidad, con la finalidad de comprobar con mayor precisión en qué nivel empieza a descender su desarrollo.
- Realizar el mismo experimento utilizando diferentes tipos de suelo, para verificar la influencia de la textura del suelo en el desarrollo del cultivo, en condiciones salinas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allison, L. 1964. Salinity in relation to irrigation. 139-180 p.
- Allison, L. 1972. Effect of synthetic polyelectrolytes on the structure of saline and alkali soils science. 442-448 p.
- Ayers, R. y Westcot, D. 1985. Water quality. Roma, IT. 97 p. Publication FAO N°29.
- Casares, E. 1981. Producción de hortalizas. Tercera edición. Costa Rica. 272-275 p.
- Flores, A. 1991. Suelos salinos y sódicos. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana. Facultad de Agronomía. 32 p.
- Fuentes, J. 1999. El suelo y los fertilizantes. 613 p.
- García, A. 2012. Criterios modernos para evaluación de la calidad de agua para riego. 27 p.
- Girón-Ríos, Y.; Oleschko-Lutkova, K.; Jean-Francois, P.; Hernández-Alcántara, M.; Camarillo García, E.; Velázquez-García, J. 2009. Análisis fractal de la reflectancia de los suelos salinos. AGROCIENCIA. 43:403-416 p.
- Goicochea, J. 2012. Ingeniería de drenaje. La Molina, Lima, PE. EDIAGRARIA. 155-188 p.
- Gosálvez, C. 2011. Rábano: cultivo rapidísimo. (En línea). Consultado el 03 de agosto de 2018. Disponible en https://www.planetahuerto.es/revista/rabano-cultivo-rapidisimo_00022.
- Hurtado, L. 2003. Manejo y conservación del suelo: Fundamentos y prácticas. 2° ed. Lima, PE. 225-230 p.
- INFOAGRO. 1997. El cultivo de rábano. (En línea). Consultado el 1 de agosto de 2018. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/rabano.htm>

- Kochba, M., Ritvo, G. y Avnimelech, Y. 2004. The effect of municipal solid waste compost on the replacement of sodium in sodic soil models. 567-572 p.
- López, D. 2015. Efecto del nivel de salinidad del agua y la textura del suelo en el cultivo de rúcula (*Eruca sativa* mill). Tesis Ingeniero Agrícola. UNALM. 19-20 p.
- Maas, E y Hoffman, G. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division* 113. 115-134 p.
- Maroto, J. 1995. Horticultura herbácea especial. 4ta Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 37-40 p.
- Martínez Raya, A. 1996: Evaluación y manejo de suelos salinos y sódicos. En López, B. 2007. Efectos de la salinidad en suelo y planta. Diplomado en fertirrigación (en línea). Consultado 05 agosto de 2016. Disponible en: <http://es.slideshare.net/miguelcarlos17211/fertirrigsifuentes>
- Minhas, P. 1996. Saline water management for irrigation in India. *Agric. Water Management* 30: 1–24 p.
- Moya, L. 2012. Evaluación de la salinidad del agua de riego en el desarrollo y nutrición del maíz bajo diferentes niveles de fertilización. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNALM. 6-13 p.
- Palacios, O. y Aceves, E. 1970. Instructivo para el muestreo, registro de datos e interpretación de la calidad del agua para riego agrícola. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Perelman, G. 1959. Estudio comparativo de resistencia a concentraciones crecientes de sales en el agua de riego entre variedades de alfalfa Var. San Pedro y Ureta. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNALM. 23-50 p.
- Pizarro, F. 1985. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. 542 p.
- Pla, I. 1979. Calidad y uso de agua para riego. 46 p.

- Ramírez, R. y M. Pérez, M. 2006. Evaluación del potencial de los sólidos procedentes del tratamiento de aguas residuales para uso agrícola y su efecto sobre el cultivo de rábano rojo (*Raphanus sativus*, L.). Revista Nacional de Agronomía Medellín, Vol. 59. 3543-3556 p.
- Ramoliya, P; Patel, H; Pandey, A. 2006. Effect of salinization of soil on growth and nutrient accumulation in seedlings of *Prosopis cineraria*. J. Plant Nutr. 29: 283-30 p.
- USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agr. Handbook N° 60. L.A. Richards. Washington, USA. 124-160 p.
- USLS (Comité de Consultores de la Universidad de California). 1972. Sobre la utilización de la clasificación de agua de riego. GEOGACETA. 5: 111-115 p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable dependiente: longitud total del cultivo

H₀: Todos los niveles de salinidad tienen el mismo efecto en la longitud total del cultivo.

H₁: Con al menos uno de los niveles de salinidad se obtiene un efecto diferente en la longitud total del cultivo.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F	F tabla	
						5%	1%
Modelo	7	498,59	71,23	15,80	< 0,0001	2,25	3,12
Error	40	180,36	4,51				
Total	47	683,73					

ANEXO 2

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable dependiente: longitud de la parte aérea

H₀: Todos los niveles de salinidad tienen el mismo efecto en la longitud de la parte aérea del cultivo.

H₁: Con al menos uno de los niveles de salinidad se obtiene un efecto diferente en la longitud de la parte aérea del cultivo.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F	F tabla	
						5%	1%
Modelo	7	345,48	49,35	15,47	< 0,0001	2,25	3,12
Error	40	127,62	3,19				
Total	47	477,80					

ANEXO 3

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable dependiente: longitud del diámetro polar de la raíz del cultivo

H₀: Todos los niveles de salinidad tienen el mismo efecto en la longitud del diámetro polar de la raíz del cultivo.

H₁: Con al menos uno de los niveles de salinidad se obtiene un efecto diferente en la longitud del diámetro polar de la raíz del cultivo.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F	F tabla	
						5%	1%
Modelo	7	23,99	3,43	4,50	< 0,0001	2,25	3,12
Error	40	30,48	0,76				
Total	47	54,90					

ANEXO 4

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable dependiente: longitud del diámetro ecuatorial de la raíz del cultivo

H₀: Todos los niveles de salinidad tienen el mismo efecto en la longitud del diámetro ecuatorial de la raíz del cultivo.

H₁: Con al menos uno de los niveles de salinidad se obtiene un efecto diferente en la longitud del diámetro ecuatorial de la raíz del cultivo.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F	F tabla	
						5%	1%
Modelo	7	27,05	3,86	18,12	< 0,0001	2,25	3,12
Error	40	8,53	0,21				
Total	47	35,21					

ANEXO 5

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable dependiente: peso fresco total del cultivo

H₀: Todos los niveles de salinidad tienen el mismo efecto en el peso fresco total del cultivo.

H₁: Con al menos uno de los niveles de salinidad se obtiene un efecto diferente en el peso fresco total del cultivo.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F	F tabla	
						5%	1%
Modelo	7	1637,51	233,93	21,64	< 0,0001	2,25	3,12
Error	40	432,31	10,81				
Total	47	2,071,74					

ANEXO 6

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable dependiente: peso fresco de la parte aérea del cultivo

H₀: Todos los niveles de salinidad tienen el mismo efecto en el peso fresco de la parte aérea del cultivo.

H₁: Con al menos uno de los niveles de salinidad se obtiene un efecto diferente en el peso fresco de la parte aérea del cultivo.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F	F tabla	
						5%	1%
Modelo	7	186,96	26,71	7,03	< 0,0001	2,25	3,12
Error	40	152,06	3,80				
Total	47	339,76					

ANEXO 7

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable dependiente: peso fresco de la raíz del cultivo

H₀: Todos los niveles de salinidad tienen el mismo efecto en el peso fresco de la raíz del cultivo.

H₁: Con al menos uno de los niveles de salinidad se obtiene un efecto diferente en el peso fresco de la raíz del cultivo.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F	F tabla	
						5%	1%
Modelo	7	716,87	102,41	14,69	< 0,0001	2,25	3,12
Error	40	278,79	6,97				
Total	47	990,43					

ANEXO 8

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable dependiente: peso seco de la raíz del cultivo

H₀: Todos los niveles de salinidad tienen el mismo efecto en el peso seco de la raíz del cultivo.

H₁: Con al menos uno de los niveles de salinidad se obtiene un efecto diferente en el peso seco de la raíz del cultivo.

n	$\sum X^2$	$\sum Y^2$	Desviación estándar (X)	Desviación estándar (Y)	Covarianza (X, Y)	Coeficiente de correlación de Pearson	T calculada	T tabla	
								5%	1%
8	223,04	260,80	2,97	1.23	0,87	0,20	4,42	1,90	3,00

ANEXO 9

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable dependiente: concentración de calcio en la raíz del cultivo

H₀: Todos los niveles de salinidad tienen el mismo efecto en la adsorción de calcio en la raíz del cultivo.

H₁: Con al menos uno de los niveles de salinidad se obtiene un efecto diferente en la concentración de calcio en la raíz del cultivo.

n	$\sum X^2$	$\sum Y^2$	Desviación estándar (X)	Desviación estándar (Y)	Covarianza (X, Y)	Coeficiente de correlación de Pearson	T calculada	T tabla	
								5%	1%
8	223,04	4,46	2,97	0,12	0,17	0,40	0,43	1,90	3,00

ANEXO 10

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable dependiente: concentración de magnesio en la raíz del cultivo

H₀: Todos los niveles de salinidad tienen el mismo efecto en la adsorción de magnesio en la raíz del cultivo.

H₁: Con al menos uno de los niveles de salinidad se obtiene un efecto diferente en la concentración de magnesio en la raíz del cultivo.

n	$\sum X^2$	$\sum Y^2$	Desviación estándar (X)	Desviación estándar (Y)	Covarianza (X, Y)	Coeficiente de correlación de Pearson	T calculada	T tabla	
								5%	1%
8	223,04	0,86	2,97	0,06	0,75	0,27	2,78	1,90	3,00

ANEXO 11

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable dependiente: concentración de potasio en la raíz del cultivo

H₀: Todos los niveles de salinidad tienen el mismo efecto en la adsorción de potasio en la raíz del cultivo.

H₁: Con al menos uno de los niveles de salinidad se obtiene un efecto diferente en la concentración de potasio en la raíz del cultivo.

n	$\sum X^2$	$\sum Y^2$	Desviación estándar (X)	Desviación estándar (Y)	Covarianza (X, Y)	Coeficiente de correlación de Pearson	T calculada	T tabla	
								5%	1%
8	223,04	36,13	2,97	0,98	0,86	0,21	4,14	1,90	3,00

ANEXO 12

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable dependiente: concentración de sodio en la raíz del cultivo

H₀: Todos los niveles de salinidad tienen el mismo efecto en la adsorción de sodio en la raíz del cultivo.

H₁: Con al menos uno de los niveles de salinidad se obtiene un efecto diferente en la concentración de sodio en la raíz del cultivo.

n	$\sum X^2$	$\sum Y^2$	Desviación estándar (X)	Desviación estándar (Y)	Covarianza (X, Y)	Coeficiente de correlación de Pearson	T calculada	T tabla	
								5%	1%
8	223,04	352,29	2,97	2,05	0,81	0,24	3,39	1,90	3,00

ANEXO 13

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable dependiente: concentración de cloruros en la raíz del cultivo

H₀: Todos los niveles de salinidad tienen el mismo efecto en la adsorción de cloruros en la raíz del cultivo.

H₁: Con al menos uno de los niveles de salinidad se obtiene un efecto diferente en la concentración de cloruros en la raíz del cultivo.

n	$\sum X^2$	$\sum Y^2$	Desviación estándar (X)	Desviación estándar (Y)	Covarianza (X, Y)	Coeficiente de correlación de Pearson	T calculada	T tabla	
								5%	1%
8	223,04	6,67	2,97	0,36	0,97	0,10	10,16	1,90	3,00

ANEXO 14

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable dependiente: concentración de sulfatos en la raíz del cultivo

H₀: Todos los niveles de salinidad tienen el mismo efecto en la adsorción de sulfatos en la raíz del cultivo.

H₁: Con al menos uno de los niveles de salinidad se obtiene un efecto diferente en la concentración de sulfatos en la raíz del cultivo.

n	$\sum X^2$	$\sum Y^2$	Desviación estándar (X)	Desviación estándar (Y)	Covarianza (X, Y)	Coeficiente de correlación de Pearson	T calculada	T tabla	
								5%	1%
8	223,04	0,83	2,97	0,03	0,28	0,39	0,71	1,90	3,00

ANEXO 15

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable dependiente: salinidad del suelo después de la cosecha

H₀: Todos los niveles de salinidad tienen el mismo efecto en el nivel de salinidad del suelo después de la cosecha.

H₁: Con al menos uno de los niveles de salinidad se obtiene un efecto diferente en el nivel de salinidad del suelo después de la cosecha.

n	$\sum X^2$	$\sum Y^2$	Desviación estándar (X)	Desviación estándar (Y)	Covarianza (X, Y)	Coeficiente de correlación de Pearson	T calculada	T tabla	
								5%	1%
8	592,04	3845,79	4,56	11,87	0,99	0,05	20,25	2,84	1,83