

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“EFECTO DEL NIVEL DE SALINIDAD DEL AGUA Y LA TEXTURA
DEL SUELO EN EL CULTIVO DE RÚCULA (*Eruca sativa mill*)”**

Presentado por:

DINA SOLEDAD LOPEZ MINAYA

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:
INGENIERA AGRÍCOLA

Lima - Perú

2015

Dedicatoria

A mi mamá, Delia Minaya; por poner en riesgo su vida para que yo pudiera nacer, por darme su amor infinito día a día y porque ha estado conmigo desde antes que yo viniera al mundo.

A mi tía, Fermina Minaya; por ser el ejemplo de humildad, desprendimiento, fortaleza y alegría más grande que pude tener. Un beso al cielo mamita Fermi, algún día nos volveremos a encontrar.

A mi perrito Scott; por haberme acompañado durante diez maravillosos años, siempre te recordaré con el más infinito cariño.

Agradecimientos

- A Dios, por ser la luz que está a mi lado y que nunca me abandona.
- A mis padres, Delia Minaya y Pelayo Lopez; por enseñarme a luchar por lo que se quiere alcanzar, por darme una familia donde nunca faltó lo más importante: amor; les debo todo lo que soy. Mi amor infinito y eterno para ustedes.
- A la Mg Sc. Rocío del Pilar Pastor Jáuregui, por todo lo aprendido durante los cursos que me dictó, y el apoyo recibido en la tesis. Gracias por el tiempo que le dedico a este proyecto.
- Al Ing. Rubén Bazán, al LASPAF de Agronomía, y a la Sra. Rosemarie por la paciencia y los consejos dados durante la etapa experimental de esta investigación.
- Al Ing. Carlos Bravo, por todas sus sabias enseñanzas, por los consejos brindados y aprendidos.
- A mis primos hermanos:
 - Irma Román Minaya; por ayudarme siempre cuando más te necesito. Gracias a Dios por poner en mi camino a una persona tan bondadosa como tú.
 - Rolando Minaya; por ser como un hermano mayor, cuidarme y apoyarme a seguir adelante.
- A mis amigos:
 - Angelina Solsol (Yeli); por ser la persona más noble que he conocido en la universidad, gracias por tantos consejos y bonitas conversaciones.
 - Carolay Melgarejo (Puki); por ser mi hermana con padres diferentes y darme tu amistad desde que ingresamos. Eternamente gracias, por ayudarme durante toda la etapa de mi tesis, desde la siembra hasta la entrega final.

- Liliana Rivera (Lili); gracias por cultivar mi mente en el arte del agro y por ayudarme incondicionalmente en la etapa de la tesis.
 - Luciana Oyarce (Lu); gracias por haber sido la mejor compañía durante los meses de prácticas en Chavimochic.
 - Michael Gómez (Michelito); por ser un chico noble y mi amigo de pre-grado. Gracias por ayudarme en la etapa de campo durante la tesis.
 - Rut García (China); por animarme a vivir mi primera aventura como mochileras en Tingo María.
 - A todos aquellos que me ayudaron a que esta tesis salga adelante.
-
- A la empresa Sumpa S.A.C.; a todo el personal técnico y administrativo que labora ahí, por el apoyo brindado y la comprensión de mis horarios durante el desarrollo de este proyecto.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO	4
2.2 ORIGEN Y EFECTOS DE LAS SALES EN LOS SUELOS	7
2.3 EFECTO DE LA SALINIDAD SOBRE LAS PLANTAS.....	11
2.4 INVESTIGACIONES EN USO DE AGUAS SALINAS PARA CULTIVOS	14
2.5 CULTIVO DE RÚCULA	16
2.5.1 Clasificación botánica	16
2.5.2 Características del cultivo	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1 MATERIALES	18
3.1.1 Ubicación del campo experimental.....	18
3.1.2 Agua	19
3.1.3 Suelo.....	20
3.1.4 Semillas.....	21
3.1.5 Materiales y reactivos	21
3.1.6 Materiales de laboratorio	22
3.2 PROCEDIMIENTO	22
3.2.1 Metodología experimental	22

3.2.2	Preparación de macetas	23
3.2.3	Siembra	24
3.2.4	Preparación de soluciones salinas	25
3.2.5	Aplicación de las soluciones salinas como agua de riego.....	25
3.2.6	Determinación del pH y conductividad eléctrica del suelo.....	26
3.2.7	Determinación del tamaño de la planta.....	27
3.2.8	Determinación del peso fresco y seco de hojas, tallos y raíces.....	27
3.2.9	Humedad	27
3.2.10	Análisis foliar.....	27
3.2.11	Análisis estadístico.....	29
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	30
4.1	PESO DE MATERIA FRESCA	30
4.1.1	Peso total	30
4.1.2	Peso de la parte aérea	31
4.1.3	Peso radicular	34
4.2	PESO DE MATERIA SECA	35
4.2.1	Peso total	35
4.2.2	Peso de la parte aérea	37
4.2.3	Peso radicular	38
4.3	LONGITUD DE LA PLANTA.....	40
4.3.1	Longitud total.....	40
4.3.2	Longitud de la parte aérea	42
4.3.3	Longitud radicular	43
4.4	CONTENIDO DE HUMEDAD.....	45
4.4.1	Contenido de humedad total	45
4.4.2	Contenido de humedad de la parte aérea	46
4.4.3	Contenido de humedad de la parte radicular.....	48

4.5	CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS EN EL CULTIVO DE RUCULA.....	49
4.5.1	Concentración de calcio	49
4.5.2	Concentración de magnesio	51
4.5.3	Concentración de sodio	53
4.5.4	Concentración de potasio	54
4.5.5	Concentración de sulfatos	56
4.5.6	Concentración de cloruros	57
4.5.7	Relación $\text{Na}^{+1}/\text{Ca}^{+2}$	59
4.6	VARIACIÓN DE LOS NIVELES DE SALINIDAD EN EL SUELO	61
4.6.1	Niveles de salinidad del suelo a la mitad del experimento	61
4.6.2	Niveles de salinidad del suelo al final del experimento.....	62
4.7	RELACION ENTRE LAS VARIABLES Y LOS NIVELES DE SALINIDAD DEL EXTRACTO DE SATURACIÓN DEL SUELO	63
4.7.1	Suelo de textura arenosa	63
4.7.2	Suelo de textura franca.....	66
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
5.1	CONCLUSIONES	68
5.2	RECOMENDACIONES	69
VI.	BIBLIOGRAFÍA	70

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Riesgo de salinización propuesto por USDA.....	4
Tabla N° 02: Riesgo de salinización propuesto por USLS	5
Tabla N° 03: Riesgo de salinización propuesto por FAO.....	6
Tabla N° 04: Clasificación de las aguas de riego por su salinidad efectiva (SE)	7
Tabla N° 05: Clasificación de las aguas de riego por su salinidad potencial (SP)	7
Tabla N° 06: Clasificación de las aguas de riego con relación al RAS	10
Tabla N° 07: Clasificación de las aguas de riego con relación al CSR	11
Tabla N° 08: Concentración de elementos en la materia seca.....	13
Tabla N° 09: Datos climáticos de la Estación Alexander Von Humboldt.....	18
Tabla N° 10: Caracterización del agua de riego	19
Tabla N° 11: Caracterización de los suelos	20
Tabla N° 12: Peso total de la materia fresca	30
Tabla N° 13: Peso de la materia fresca aérea.....	32
Tabla N° 14: Peso radicular de la materia fresca.....	34
Tabla N° 15: Peso total de la materia seca.....	36
Tabla N° 16: Peso de la materia seca aérea	37
Tabla N° 17: Peso la materia seca radicular	39
Tabla N° 18: Longitud total de la planta.....	41
Tabla N° 19: Longitud aérea de la planta	42
Tabla N° 20: Longitud radicular de la planta	44
Tabla N° 21: Contenido de humedad total de la planta	45
Tabla N° 22: Contenido de humedad de la parte aérea de la planta	47

Tabla N° 23: Contenido de humedad de la parte radicular de la planta	48
Tabla N° 24: Concentración de calcio	50
Tabla N° 25: Concentración de magnesio	51
Tabla N° 26: Concentración de sodio	53
Tabla N° 27: Concentración de potasio	54
Tabla N° 28: Concentración de sulfatos	56
Tabla N° 29: Concentración de cloruros.....	58
Tabla N° 30: Relación $\text{Na}^{+1} / \text{Ca}^{+2}$	59
Tabla N° 31: CEe durante el experimento	61

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Homogenización del suelo	23
Figura N° 02: Preparación de las macetas.....	23
Figura N° 03: Camas de almácigos antes del trasplante	24
Figura N° 04: Maceta con tres plantas de rúcula	24
Figura N° 05: Aplicación de soluciones salinas.....	26
Figura N° 06: Obtención del extracto de saturación	26
Figura N° 07: Digestión de tejido vegetal por vía húmeda para determinar calcio, magnesio, sodio y potasio	28
Figura N° 08: Determinación de cloruros	29
Figura N° 09: Variación del peso total de la materia fresca promedio	31
Figura N° 10: Variación del peso de la materia fresca aérea promedio.....	32
Figura N° 11: Quemaduras en la superficie de las hojas	33
Figura N° 12: Variación del peso radicular de la materia fresca promedio	34
Figura N° 13: Variación del peso total de la materia seca promedio.....	36
Figura N° 14: Variación del peso de la materia seca aérea promedio.....	38
Figura N° 15: Variación del peso de la materia seca radicular promedio.....	39
Figura N° 16: Variación de la longitud total promedio.....	41
Figura N° 17: Variación de la longitud aérea promedio	42
Figura N° 18: Variación de la longitud radicular promedio	44
Figura N° 19: Variación de la humedad total promedio de la planta.....	45
Figura N° 20: Variación de la humedad promedio de la parte aérea de la planta.....	47
Figura N° 21: Variación de la humedad promedio de la parte radicular de la planta	49

Figura N° 22: Variación de la concentración de calcio.....	50
Figura N° 23: Variación de la concentración de magnesio.....	52
Figura N° 24: Variación de la concentración de sodio	53
Figura N° 25: Variación de la concentración de potasio.....	55
Figura N° 26: Variación de la concentración de sulfatos.....	56
Figura N° 27: Variación de la concentración de cloruros	58
Figura N° 28: Variación de la relación $\text{Na}^{+1} / \text{Ca}^{+2}$	60
Figura N° 29: CEe a mitad del experimento	62
Figura N° 30: CEe al final del experimento.....	62
Figura N° 31: Peso fresco vs CEe	64
Figura N° 32: Peso seco vs CEe.....	65
Figura N° 33: Longitud vs CEe.....	65
Figura N° 34: Peso fresco vs CEe	66
Figura N° 35: Peso seco vs CEe.....	67
Figura N° 36: Longitud vs CEe.....	67

RESUMEN

La rúcula es una hortaliza con una demanda creciente en Argentina y en países europeos. La investigación se basó en determinar el máximo nivel de sales que el cultivo puede tolerar sin afectar sus parámetros de calidad, para lo cual, después de la cosecha se determinó: el peso fresco, el peso seco, la longitud de la planta, el contenido de humedad y la concentración de elementos foliares que representan nutrientes para la planta.

La etapa experimental duró 35 días. Las semillas fueron sembradas en almacigueras y se trasplantaron cuando las hojas verdaderas empezaron a nacer. El trasplante se realizó en macetas, donde se trabajó con dos clases texturales de suelo: arenoso y franco; y de aquí en adelante se aplicaron las dosis de agua de riego a las macetas con diferentes salinidades: 0.76, 2, 5, 9, 13 y 18 dS.m⁻¹, de acuerdo a las necesidades hídricas de la planta. Luego de la cosecha se determinaron los pesos, tamaños, concentración de elementos en las plantas y la salinidad del suelo.

Los resultados mostraron que el mejor escenario para el desarrollo del experimento de rúcula fue el tratamiento en suelo arenoso regado con agua de conductividad eléctrica de 2 dS.m⁻¹ ya que presentó los mejores resultados después de la cosecha.

Palabras claves: salinidad, rúcula, agua de riego, suelo.

ABSTRACT

The rocket is a vegetable with a growing demand in Argentina and other European countries. The research was based on determining the maximum level of salts that the rocket's plants can tolerate without affecting their quality parameters for that measured after harvest: fresh weight, dry weight, plant height, moisture content and the concentration of elements representing foliar nutrients for the plant.

The experimental phase lasted 35 days, the seeds were sown in seedbeds and transplanted when the true leaves began to be born; since the transplant onwards doses of irrigation water applied to the pots. The irrigation water had different salinities level: 0.76, 2, 5, 9, 13 and 18 dS.m⁻¹, it was given according to the water needs of the plants. Pots substrates were composed of sandy soil and loamy soil.

The results showed that the best scenario for rocket crop development treatment was developed in sandy soil irrigated with water of electric conductivity 2 dS.m⁻¹ because it presented the best results after harvest.

Keywords: salinity, rocket, irrigation water, soil.

“EFECTO DEL NIVEL DE SALINIDAD DEL AGUA Y LA TEXTURA DEL SUELO EN EL CULTIVO DE RÚCULA (*Eruca sativa mill*)”

I. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

La agricultura es la actividad que sostiene la alimentación del mundo; y desempeña un rol importante en la economía de cualquier país. El contexto de la globalización permite a cualquier Estado formar parte del comercio internacional, dinamizando así los mercados de producción. Perú ha sido uno de estos países que ha optado por la exportación, sobre todo por exportar productos frutícolas y hortícolas debido a que se cuenta con zonas aptas para una producción muy diversa.

La principal ventaja competitiva para la exportación de productos agrícolas es la producción en contraestación, es decir, vender al mercado internacional cuando las condiciones climáticas de producción son adversas para el país de envío; otro punto a favor de la exportación es la variedad de climas con los que se cuenta en el país y los diferentes cultivos que se pueden adaptar aquí. Las zonas de mayor producción se encuentran ubicadas en la costa norte, ya que los Proyectos Regionales Especiales aseguran el agua para las campañas agrícolas.

La costa es un excelente escenario de producción debido al clima, suelo, y diferentes accesos al mercado con el que cuenta; sin embargo, los malos manejos en las prácticas de labranza, riego, fumigación, fertilización, entre otros, ha hecho que los suelos tiendan a salinizarse y en consecuencia, en muchos valles, ha llegado a afectar hasta los acuíferos. En muchas zonas los acuíferos son la única fuente de agua para consumo que tienen las personas.

La salinización de los suelos es un problema común de las regiones áridas y semiáridas, esto se debe a que la evapotranspiración es mayor que la precipitación lo que origina el

aumento de las sales solubles en el perfil del suelo, debido a procesos de capilaridad; también, se presentan problemas de salinización en lugares donde el drenaje es muy pobre. Las sales acumuladas en el suelo generan cambios en el crecimiento de las plantas, los efectos pueden ser distintos en función al nivel de salinidad.

Una manera de aprovechar los terrenos afectados por sales o las fuentes de agua salina es producir cultivos que sean tolerantes a éstas, es decir, que su producción no se vea afectada, de modo que se puedan aprovechar los recursos existentes; para ello, es necesario conocer e investigar qué tipos de cultivos son tolerantes y que niveles de salinidad resisten.

La rúcula (*Eruca Sativa* Mill.), también conocida como roqueta o arúgula, es una hortaliza de hoja de corte y tiene un sabor suavemente amargo y picante a la vez. Este cultivo ha quintuplicado su consumo en Argentina, debido a la presencia de comunidades europeas residentes en zonas como Buenos Aires, Córdoba y Rosario. Por otro lado una encuesta realizada en ese país encontró que el 83% sería consumidor habitual de esta hortaliza y el 88% estaría dispuesto a pagar igual que el precio que paga por su ensalada preferida que, según se vio, es la lechuga. Es así que la producción de roqueta encuentra un mercado interesante en Argentina, sobre todo porque en Perú no hay empresas que se dediquen a su producción para la exportación.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de seis niveles de salinidad del agua de riego en el cultivo de rúcula, en dos texturas de suelo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la relación existente entre la conductividad eléctrica del agua de riego y longitud total de las plantas, peso fresco y peso seco del cultivo de rúcula.
- Determinar el contenido de K^+ , Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Cl^- y SO_4^{-2} en la materia seca para evaluar la absorción de estos elementos en el cultivo.

- Hallar la relación entre la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo que se obtiene al final de la evaluación y los parámetros analizados.
- Determinar el nivel de salinidad del agua de riego con el cual el desarrollo del cultivo de rúcula es afectado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO

La salinidad del agua es uno de los criterios que define su aptitud de uso para riego. Su calidad, en función a la salinidad, está definida por la cantidad de sales que pueda aportar al suelo y la variación que pueda producir en la producción.

Hurtado (2003) señala que la buena calidad del agua de riego está en función al rendimiento óptimo del cultivo, sin que se produzca efectos negativos en el suelo. El agua en su estado natural contiene sólidos disueltos que pueden limitar su uso en agricultura; asimismo, la salinización de origen agrícola va en aumento debido al uso de fertilizantes que afecta los flujos de retorno del riego ya que van cargados de sales y agroquímicos. Lowell (1966) resalta que el criterio más importante respecto a la calidad del agua para riego es la concentración total de sales, medido indirectamente a partir de la conductividad eléctrica.

USDA (1954) propuso un sistema para alertar el peligro de salinización, basado en la conductividad eléctrica del agua y la relación de adsorción de sodio. Aquí se definieron cuatro clases de riesgo de salinización, que se muestran a continuación en la *Tabla N° 01*.

Tabla N° 01: Riesgo de salinización propuesto por USDA

Índice	CE (dS.m ⁻¹)	Riesgo de salinidad
C1	0,1 - 0,25	Bajo
C2	0,25 - 0,75	Medio
C3	0,75 - 2,25	Alto
C4	2,25 - 4,0	Muy alto
C5	> 4,0	Excesivo

- *Agua de baja salinidad (C1)*: puede usarse para riego de la mayor parte de cultivos, en casi cualquier tipo de suelo con muy poca probabilidad que desarrolle salinidad. Se necesita algún lavado, pero éste se logra en condiciones normales de riego, excepto en suelos de muy baja permeabilidad.
- *Agua de salinidad media (C2)*: puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad, se pueden producir las plantas moderadamente tolerantes a las sales.
- *Agua altamente salina (C3)*: no puede usarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente. Aun con drenaje adecuado se pueden necesitar prácticas especiales de control de la salinidad, debiendo seleccionar únicamente aquellas especies vegetales muy tolerantes a las sales.
- *Agua muy altamente salina (C4)*: no es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero puede usarse ocasionalmente en circunstancias muy especiales. Los suelos deben ser muy permeables, el drenaje adecuado, debiendo aplicarse un exceso de agua para lograr buen lavado. Se deben seleccionar cultivos altamente tolerantes a sales.
- *Agua de salinidad excesiva (C5)*: sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.

USLS (1972) propuso la modificación de la clasificación de USDA, porque se consideraba que los rangos de conductividad eléctrica usados eran muy conservadores (*Tabla N° 02*).

Tabla N° 02: Riesgo de salinización propuesto por USLS

CE (dS.m⁻¹)	Riesgo de salinidad
< 0,75	Bajo
0,75 - 1,5	Medio
1,5 - 3,0	Alto
> 3,0	Muy alto

Existe una clasificación de la FAO (Ayers y Westcot, 1985) que es muy similar a la modificación propuesta por el Comité de Consultores de la Universidad de California, ya que unifica los dos tramos intermedios y disminuye ligeramente el valor del primer límite (Tabla N° 03).

Tabla N° 03: Riesgo de salinización propuesto por FAO

CE (dS.m⁻¹)	Riesgo de salinidad
< 0,7	Sin problemas
0,7 - 3,0	Problemas crecientes
> 3,0	Problemas serios

Goicochea (2012) indica la salinidad efectiva (SE) como un criterio para clasificar el agua de riego. Es un parámetro de estimación más real del peligro de las sales solubles del agua al pasar a formar parte de la solución del suelo. El cálculo de esta variable depende de la cantidad de iones presentes en el agua, expresados en meq/l.

- Si $Ca > CO_3 + HCO_3 + SO_4$
SE = suma de cationes – (CO₃ + HCO₃ + SO₄)
- Si $Ca < CO_3 + HCO_3 + SO_4$ pero $Ca > CO_3 + HCO_3$
SE = suma de cationes – (Ca)
- Si $Ca < CO_3 + HCO_3$ pero $Ca + Mg > CO_3 + HCO_3$
SE = suma de cationes – (CO₃ + HCO₃)
- Si $Ca + Mg < CO_3 + HCO_3$
SE = suma de cationes – (Ca + Mg)

La Tabla N° 04 muestra la clasificación del agua de riego de acuerdo a los resultados que derivan del cálculo de la salinidad efectiva.

Tabla N° 04: Clasificación de las aguas de riego por su salinidad efectiva (SE)

Clase	SE (meq/l)
Buena	< de 3
Condicionada	de 3-15
No recomendable	> 15

Según el mismo autor, otro criterio para indicar el contenido de sales en el agua de riego es la salinidad potencial (SP). Cuando la humedad aprovechable total del suelo es menor al 50% las últimas sales que quedan en la solución son los cloruros y los sulfatos, que tienden a aumentar la presión osmótica. La SP es uno de los mejores estimadores del efecto de las sales sobre las plantas y se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

La *Tabla N° 05* presenta la clasificación de las aguas de riego de acuerdo a los resultados que se obtienen del cálculo de la salinidad potencial.

Tabla N° 05: Clasificación de las aguas de riego por su salinidad potencial (SP)

Clase	SP (meq/l)
Buena	< de 3
Condicionada	de 3-15
No recomendable	> 15

2.2 ORIGEN Y EFECTOS DE LAS SALES EN LOS SUELOS

Cornejo (1967) menciona que el suelo es un cuerpo natural, resultante de sus factores de formación: clima, relieve, organismos vivos, material parental y la acción del hombre; por tanto, si se conoce los factores de formación se podrá predecir las particularidades del suelo en cuestión. Para las condiciones propicias del desarrollo de un suelo salino destaca la aridez, y sus principales características son: baja precipitación, alta radiación solar y humedad relativa baja. Cabe resaltar que los suelos salinos no solo son propios de las

regiones áridas, también pueden encontrarse en otros tipos de climas, principalmente en zonas donde existe un mal drenaje.

El origen de las sales en los suelos se debe a factores naturales y antrópicos; el primero está referido al origen del suelo, mientras que el segundo factor es consecuencia de las acciones del hombre.

Perelman (1959) describe las causas naturales de la formación de un suelo salino, las cuales son agrupadas de la siguiente manera:

- 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 edafización se fueron liberando y pasaron a formar parte del suelo. Las costas peruanas no deben sus sales a esta causa.
- 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, luego sufrieron un levantamiento o simplemente el agua del mar se alejó. En estos suelos abundan los iones provenientes del cloruro de sodio, que permanecen en el mismo lugar 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 que están frente a la costa.

El mismo autor hace referencia al origen de las sales en los suelos debido a malas prácticas agrícolas, estas son:

- Aguas de percolación: Cuando los suelos de las partes altas de una cuenca son lavados, las partes medias y bajas reciben el agua de percolación provocando la salinización. Este caso se presentó en el valle de Pisco.
- Aguas salinas: En muchos casos las fuentes naturales de agua para riego son salinas, como sucede en el sur del Perú con el río Locumba.

Hurtado (2003) indica que uno de los factores atribuidos al hombre que causan la salinización de los suelos es hacer uso de un riego localizado de alta frecuencia con agua salina sin considerar la aplicación de una lámina de lixiviación.

FAO (1976) recalca que el drenaje limitado de muchas zonas contribuye a la salinización de los suelos y esto favorece el aumento del nivel freático y disminuye la permeabilidad del suelo. Las condiciones del clima árido favorecen el movimiento ascendente del agua subterránea o la evaporación del agua superficial dando a la formación de suelos salinos debido a la acumulación de sales en la zona de raíces.

Fuentes (2003) señala que la salinidad del suelo es la concentración de sales solubles, siendo estas sales más solubles que el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), cuya solubilidad es de 2.4 g.L^{-1} a $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Las sales de los suelos están representadas por iones que en su mayoría sirven de nutrientes a las plantas, pero que en concentraciones muy altas pueden afectar el rendimiento y causar toxicidad.

Según Moya (2012) los efectos de las sales en los suelos son el hinchamiento de las arcillas del suelo, la dispersión de partículas finas, la formación de costras y la disminución de la actividad y eficiencia de los microorganismos del suelo. Además, García (2003) añade que el efecto de agregación o floculación de las partículas del suelo se debe a las fuerzas de atracción que se generan sobre la superficie de las arcillas cargadas negativamente.

Goicochea (2012) presenta algunos parámetros para estimar el efecto del sodio, contenido en el agua de riego, sobre las características físicas del suelo. Esto se debe a que las altas concentraciones de este ion generan problemas en la estructura del suelo, sobre todo cuando la textura tiene mayor composición de arcillas; el sodio también afecta a algunos cultivos que son sensibles a altas concentraciones de este elemento.

Un parámetro que indica la peligrosidad de sodificación es la relación de adsorción del sodio (RAS) determinada por Richards en 1954. Consiste en evaluar la concentración de sodio en la solución del suelo con respecto a los cationes calcio y magnesio, de la siguiente manera:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Donde:

RAS = relación de adsorción de sodio (meq/l)

Na⁺, Ca⁺² y Mg⁺² = cantidad de cationes en el extracto de saturación (meq/l)

En la *Tabla N° 06* se presenta la clasificación de las aguas de riego con relación a la RAS.

Tabla N° 06: *Clasificación de las aguas de riego con relación a la RAS*

Clasificación	RAS
S ₁ Agua baja en sodio	0 - 10
S ₂ Agua media en sodio	10 - 18
S ₃ Agua alta en sodio	18 - 26
S ₄ Agua muy alta en sodio	> 26

Además, el mismo autor, señala el carbonato de sodio residual (CSR) como un índice que mide el efecto de la concentración de bicarbonatos en la calidad del agua de riego, que puede afectar la estructura del suelo. Si el contenido de CO₃ y HCO₃ es > Ca y Mg, existe la posibilidad de formarse carbonato de sodio. Por su alta solubilidad, el carbonato de sodio permanece en solución aun después de precipitados los carbonatos de Ca y Mg. En estas condiciones la concentración total de sodio puede ser suficiente para desplazar al Ca y Mg del complejo de intercambio, produciéndose la defloculación del suelo. USDA determinó que el CSR se calcula por:

$$CSR = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$$

La *Tabla N° 07* presenta la clasificación de las aguas de riego según el CSR.

Tabla N° 07: Clasificación de las aguas de riego con relación al CSR

Clase	CSR (meq/l)
Buena	< de 1,25
Condicionada	de 1,25 - 2,50
No recomendable	> de 2,5

En Perú, el problema de la salinidad de suelos se presenta mayormente en la costa y está estrechamente ligado a un mal drenaje. En las zonas de cordillera, la salinización de los suelos tiende a desaparecer aunque un caso particular son las mesas altiplánicas que se sitúan entre los 3500 a 4000 m.s.n.m.; los problemas en esta región podrían empezar a ser serios si es que no se tiene un plan de lixiviación en las áreas nuevas que se está implementando para el riego. En el caso de la selva la salinidad del suelo es nula debido al clima tropical, contrario a la región árida que representa la costa peruana (ONERN, 1966).

2.3 EFECTO DE LA SALINIDAD SOBRE LAS PLANTAS

Cuando el contenido de sales solubles en la solución del suelo es alto, la tensión osmótica aumenta, esto hace que la planta tenga que hacer un mayor esfuerzo de succión para absorber el agua por las raíces, generándose un estrés hídrico que se traduce en problemas fisiológicos (Fuentes, 2003). La salinidad también disminuye la facilidad de ingreso del agua a las raíces, y además puede originar un daño duradero debido a la acumulación de iones tóxicos en la planta (Paliwall *et. al*, 2001).

La germinación es el estado más crítico en el desarrollo de las plantas llegando a inhibir su crecimiento. Por ello se recomienda hacer germinar las semillas en pequeños depósitos para que luego puedan ser trasplantadas. El trasplante se realiza cuando las plántulas puedan soportar el estrés por salinidad, además esto se debe acompañar con una fertilización de nutrientes solubles (Bendezú, 1999).

Allison (1959) encontró que las sales del suelo afectan a las plantas por las siguientes razones:

- Acumulación de iones tóxicos en los tejidos
- Incremento de la presión osmótica del suelo
- Alteraciones de la nutrición mineral.

Resh (1987) destacó algunos síntomas que se encuentran en plantas que son afectadas por salinidad:

- Retraso general en el crecimiento de la planta
- Quemaduras en los bordes de las hojas que luego se extienden hacia la misma lamina foliar.
- Hojas pequeñas de color verde oscuro. Black (1975) indica que las plantas que crecen en suelos salinos presentan el follaje de color verde azulado oscuro debido a un alto contenido de clorofila y de un recubrimiento grueso de cutícula

El efecto toxico de los iones se debe a las alteraciones que producen en el metabolismo de la planta, ya que originan la acumulación de productos tóxicos. Los cloruros tienen una mayor incidencia en desbalance hídrico foliar con respecto a los sulfatos, ya que tienden a aumentar la presión osmótica dentro de la planta (Mieri *et al*, 1970).

Moya (2012) señala que el síntoma más frecuente causado por el sodio es el quemado de las hojas, muerte de las hojas empezando desde la superficie exterior, acompañado de muerte de los tejidos de la planta en diferentes partes. Además, Resh (1987) reporta que concentraciones muy altas de sulfatos dan lugar a la absorción de sodio, causando una disminución de la absorción de calcio, magnesio y genera una interferencia en la absorción de potasio.

Domínguez, (1984) indica que el efecto de sales, tales como el NaCl, es menos grave cuando la intensidad lumínica es alta. Cuando las concentraciones de sodio son elevadas, la permeabilidad de la membrana celular aumenta pudiendo afectar la estructura de los cloroplastos en cultivos tolerantes.

Moya (2012), resalta que el cloro presenta un rápido movimiento dentro de las plantas, siendo fácilmente acumulado en las hojas donde se presentan los mayores daños. Los primeros síntomas aparecen en forma de quemaduras en las hojas jóvenes, empezando en las puntas y terminado en los bordes; finalmente se produce una defoliación intensa. Awad (1966) hace referencia a que los cultivos presentan toxicidad al cloro cuando sus concentraciones foliares varían entre 0,2% a 1,8% del peso seco, mientras que las especies tolerantes pueden acumular hasta un 4% de cloro sin mostrar síntomas de toxicidad. En las huertas y plantaciones cercanas a la costa, la brisa marina puede transportar cantidades tóxicas de sodio y cloro, siendo las especies más susceptibles aquellas que son sensibles a estos elementos y tienen una considerable velocidad de absorción foliar. Los cultivos más sensibles al cloro son: los frutales de hueso, los cítricos y el palto.

Azabache (2003), describe las necesidades de los nutrientes de las plantas de acuerdo a los iones absorbidos por estas; para ello establece rangos en función a la concentración foliar presente en la materia seca. Estos rangos han sido resumidos en la *Tabla N° 08*

Tabla N° 08: Concentración de elementos en la materia seca

Elemento	Forma de absorción	% en la materia seca de la planta
Potasio (K)	K^{+1}	1 - 4
Calcio (Ca)	Ca^{+2}	0 - 10
Azufre (S)	SO_4^{-2}	0,1 – 0,4
Magnesio (Mg)	Mg^{+2}	0,1 – 0,4
Sodio (Na)	Na^{+1}	0,01 - 10
Cloro (Cl)	Cl^{-1}	0,2 - 2

Cramer (1992) señala que la alta proporción Na^{+}/Ca^{+2} en medios salinos juega un papel importante en la planta ya que produce la inhibición del crecimiento, así como también genera cambios significantes en la morfología y anatomía.

Hoffman y Jobes (1977) mencionan que la tolerancia a la salinidad de un cultivo no es absoluta, si no que depende de factores ambientales como la humedad relativa, un manejo

conveniente del riego y la dosis de fertilización que se aplique. Awad (1966), citado anteriormente, indica que las características de las plantas tolerantes a la salinidad son:

- La razón parte aérea / raíces es baja y como resultado de esto, la capacidad de absorción de agua es satisfactoria con relación a la capacidad de transpiración.
- Una gran sensibilidad de los estomas que les permite abrirse rápidamente temprano por la mañana y cerrarse rápidamente cuando se presenta una tensión hídrica en la planta.
- Gran resistencia del protoplasma a altas concentraciones de sales necesarias para mantener la turgidez.

Cruz-Romero (1983) señala que bajo condiciones de salinidad, la producción debe buscar nuevas estrategias basadas en la biología y en la tecnología.

- Las mejoras biológicas conducen a seleccionar plantas que posean una mayor tolerancia a la salinidad y a la sequía.
- La tecnología puede enfocarse al control de la salinidad de las aguas de riego, el empleo de sistemas de altas frecuencias de riego y prácticas que maximicen la eficiencia de la utilización del agua en el sector agrario.

2.4 INVESTIGACIONES EN USO DE AGUAS SALINAS PARA CULTIVOS

Schwarz (1968) señala que cuando se emplea aguas salinas y gravilla como sustrato, los riegos deberían ser más frecuentes para evitar la acumulación de las sales en el sustrato, además que con esto se logra una reposición frecuente de la solución nutritiva.

El riego con agua salina de algunas hortalizas, como tomate o melón, generan la reducción del tamaño del fruto y el rendimiento total, pero por otro lado mejora la calidad del fruto al incrementar la concentración de azúcares reducidos, la acidez titulable y el total de sólidos solubles, mejorando de esta manera el sabor del fruto (Mizrahi *et al*, 1988).

Zayed (1987) indica que al cultivar lechuga en un sistema hidropónico NTF, con agua que tenía diferentes niveles de concentración de NaCl, no se encuentra mayores efectos en el crecimiento y en el rendimiento en concentraciones salinas de hasta 400 mg/l, pero si se observaron reducciones significativas en el peso fresco, el área foliar y el número de hojas a concentraciones de 800 y 1000 mg/l.

Casas (1990) evaluó la influencia de tres niveles de salinidad del agua de riego en el rendimiento de tomate cultivado en pozas de arena. Se utilizaron los siguientes niveles de salinidad: 1,23; 3 y 4,5 dS.m⁻¹, estos valores cambiaron a 3,45, 5,20 y 6,65 dS.m⁻¹ a 25 °C cuando se les adiciono fertilizantes. La principal diferencia se halló en los rendimientos, estos fueron de: 53,13; 39,75 y 22,35 t.ha⁻¹ respectivamente.

La alfalfa y la betarraga azucarera son consideradas como cultivos tolerantes a la sal, también presentan una relativa sensibilidad durante la etapa de germinación, mientras que el maíz es menos tolerante durante su etapa de crecimiento (Ayers y Westcot, 1985).

Clavero *et. al* (2002) evaluaron el efecto de la salinidad en plantas de *Gliricidia sepium* cultivadas en macetas. Los niveles de salinidad del agua de riego fueron: 0; 3; 6 y 9 dS.m⁻¹. Los resultados mostraron una disminución significativa en todos los indicadores evaluados a medida que la salinidad era mayor, especialmente a partir de los 3 dS.m⁻¹.

Lesmes *et. al* (2007) estudiaron el crecimiento de la lechuga Batavia en condiciones hidropónicas con diferentes concentraciones sal en el agua de riego. Se utilizaron dos sustratos: turba rubia y turba rubia mezclada con cascarilla de arroz en una proporción 1:1. Las variables que se evaluaron fueron: altura de planta, número de hojas por planta, peso seco, peso fresco y área foliar. Los resultados mostraron que la longitud de plantas fue mayor en el sustrato turba rubia, el mayor número de hojas se presentó en plantas sembradas en turba sin adición de NaCl y el área foliar disminuyo de acuerdo a las concentraciones de sal. Con respecto al peso seco foliar, las plantas que se obtuvieron en el sustrato de turba presentaron más peso en comparación al otro tratamiento, siendo mayor en un 38%.

Salaverry (2014) estudió el desarrollo de la acelga bajo 20 niveles de salinidad (desde 0,76 dS.m⁻¹ hasta 38 dS.m⁻¹). Las plántulas fueron cultivadas en almacigueras y luego trasplantadas a macetas. Los resultados mostraron una disminución del peso seco y fresco a partir de los niveles de 6 dS.m⁻¹ y 8 dS.m⁻¹ en el agua de riego, pero mostró incremento desde los niveles más bajos hasta los niveles indicados. Los niveles de salinidad en el agua de riego afectó en forma severa el peso seco de la zona radicular, a comparación de la zona aérea, ya que comienza significativamente a presentar efectos negativos a partir del nivel de salinidad 8 dS.m⁻¹; asimismo el tamaño de la planta fue afectada conforme se incrementaron los niveles de salinidad en el agua de riego.

2.5 CULTIVO DE RÚCULA

La rúcula es una planta herbácea anual, se le conoce por diversos nombres vulgares: oruga, eruca, roqueta, rúgula, arúgula, etc. Tiene un sabor suavemente amargo y picante a la vez, originado por la presencia de glucosilanatos. Es una planta muy utilizada en la cocina de Italia, Francia y Grecia. En la actualidad su empleo se ha incrementado para saborizar ensaladas, embutidos, pizzas, pastas, risottos y aperitivos (Hurrel *et. al*, 2008). Es considerada importante como cultivo en Europa Meridional, Egipto y Sudán, también es cultivada por el aceite de sus semillas en India (De Wolf *et. al*, 1987).

Esta hortaliza fue muy apreciada en la Antigua Roma y se atribuye su origen al Mediterráneo. Ha sido largamente cultivada en Europa para su uso en ensaladas y como planta medicinal, últimamente se ha vuelto muy popular en América (Phillips *et al*, 1995). En los últimos años se ha observado una demanda creciente, sobre todo en las grandes capitales de Argentina: Buenos Aires, Córdoba y Rosario, y en aquellos lugares donde hay una fuerte presencia de descendientes italianos o del norte de Europa (FAO, 2010).

2.5.1 Clasificación botánica

- *Familia:* Brassicaceae
- *Género:* Eruca Mill
- *Especie:* sativa Mill
- *Nombre vulgar en español:* rúcula

2.5.2 Características del cultivo

Esta hortaliza no tiene grandes exigencias de suelos, pero se prefieren aquellos que tengan buena provisión de calcio. Se caracteriza por una elevada capacidad de acumulación de nitratos en las hojas, aun cuando no hay gran presencia de este elemento en el medio de cultivo. Su capacidad de acumulación de nitratos podría estar ligada a su tolerancia a la salinidad, entre otros aspectos.

Pino (2012) señala que la planta tiene de 5 a 7 hojas, cuyo tamaño varía según la época de año, pero pueden llegar a medir 25 cm de largo o más. El principal órgano de consumo es la hoja sin inflorescencia y se cultiva al aire libre o en invernadero. La germinación es rápida y sin problemas en cualquier época del año, con temperaturas óptimas de 25 °C a 27 °C. Se disponen en hileras con una densidad aproximada de 200 semillas por metro lineal. Asimismo, el ciclo vegetativo es muy corto, de 20 a 60 días; y la cosecha se realiza con raíz o por cortes, cuando las hojas aún son jóvenes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 Ubicación del campo experimental

El experimento se realizó en la parcela para investigación de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina, cuya ubicación geográfica es:

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

Se tomó como referencia los registros de los datos climáticos de la Estación Alexander Von Humboldt del año 2007, cuyos resultados se muestran en la *Tabla N° 09*.

Tabla N° 09: Datos climáticos de la Estación Alexander Von Humboldt

Mes	T° media (°C)	HR Media (%)	Precipitación (mm)	Horas de sol al mes	Evaporación (mm)
Ene	24,7	79	0,4	143,8	141,6
Feb	24,3	75	0,6	182,5	123,6
Mar	24,4	79	0	206,3	139,1
Abr	22	79	0,3	213,9	114,9
May	19,4	82	0,2	191,5	81,6
Jun	16	91	0,3	93,9	49,1
Jul	15,1	91	3,1	40,4	33,3
Ago	14,7	90	2,8	41,5	37,9
Set	14,9	88	4,6	57,9	53,1
Oct	16,6	87	0,8	148,2	88,5
Nov	18,5	82	0,3	182,9	105,5
Dic	20,1	81	0	163,1	116

3.1.2 Agua

La fuente para preparar las soluciones fue el agua de canal Ate, que se utiliza para regar los campos y jardines de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). La caracterización físico-química se muestra en la *Tabla N° 10*.

Tabla N° 10: Caracterización del agua de riego

Parámetro	Unidades	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
Suma de cationes	meq/l	6,61
Cloruros	meq/l	0,73
Sulfatos	meq/l	2,96
Bicarbonatos	meq/l	2,81
Nitratos	meq/l	0,02
Carbonatos	meq/l	0,08
Suma de aniones	meq/l	6,60
RAS	-	0,77
Clasificación	-	C2-S1
Boro	ppm	0,38

La conductividad eléctrica del agua con que se preparó los tratamientos es ligeramente salina debido a que tiene una CE de 0,63 dS/m. Con respecto a la salinidad efectiva (SE) y la salinidad potencial (SP) se obtuvieron valores de 2,09 y 2,21 respectivamente, lo que indica que el agua es buena y presenta condiciones óptimas para ser usada en riego.

Con respecto a los parámetros que involucran al ion sodio como nocivo para la estructura del suelo, se calculó el RAS y el CSR obteniéndose valores de 0,77 y -2,37 respectivamente, corroborando que el agua es baja en sodio y presenta condiciones favorables para su uso en riego.

El contenido de boro y cloruros son muy bajos de acuerdo a los resultados mostrados en la tabla anterior, con lo cual se confirma que el agua puede ser usada para preparar la soluciones de los tratamientos.

3.1.3 Suelo

Los resultados del análisis de suelos se muestran en la *Tabla N° 11*. El suelo La Molina, de textura franca, proviene de la parcela experimental de duraznos de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNALM. El suelo V.E.S, arenoso, proviene del Parque Central del Sector 2, de Villa El Salvador.

Tabla N° 11: Caracterización de los suelos

Muestra	pH	C.E dS/m	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	P (ppm)	K (ppm)	Análisis Mecánico (%)			Clase Textural
							Arena	Limo	Arcilla	
V.E.S	7,16	1,03	1	0,4	18	146	90	10	0	Arena
La Molina	7,77	1,08	2,5	0,7	6,2	128	50	28	22	Franco

Muestra	CIC	Cationes Cambiables					Σ de cationes	PSI	Σ de bases	% Sat. de bases
		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺				
V.E.S.	6,08	4,6	0,85	0,44	0,19	0	6,08	3,12	6,08	100
La Molina	13,6	10,79	2,02	0,53	0,26	0	13,6	1,91	13,6	100

De acuerdo a los resultados de la caracterización de suelo, las variables de C.E., PSI y pH muestran que el ambas texturas de suelo no presentan condiciones salinas ni sódicas al inicio del experimento.

3.1.4 Semillas

Se utilizaron semillas del cultivo de rúcula con un 90% de germinación.

3.1.5 Materiales y reactivos

- 36 baldes de 15 cm de diámetro y 18 cm de altura, utilizadas como macetas.
- Suelo franco procedente del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Suelo arenoso procedente de Villa El Salvador.
- 6 galoneras de 40 litros c/u para almacenar y preparar las soluciones salinas.
- Agua libre de sales procedente del canal, que fue extraído por bombeo y almacenada en el reservorio de la parcela experimental.
- Cloruro de sodio.
- 01 conductímetro para medir la conductividad eléctrica al preparar las soluciones salinas empleadas como dosis de riego en los tratamientos.
- 01 probeta de plástico de 1 litro y 01 embudo para medición del volumen y aplicación de las soluciones salinas (agua de riego).
- 01 palana.
- Cinta maskingtape, plumón indeleble, lápiz, borrador, cuaderno, hojas bond, pabilo.
- Bolsas de papel para muestra de suelos y para materia fresca, para secar al horno.
- Ácido nitroperclórico
- Ácido clorhídrico de 0,1 N
- Acid seed solution
- Cloruro de bario
- Cromato de potasio
- Nitrato de plata al 0,012 N

3.1.6 Materiales de laboratorio

- 01 conductivímetro para medir la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo.
- 01 wincha, 01 bandeja de plástico, 01 regla y balanza digital de precisión para medición de las plantas al final de la prueba, peso de materia fresca y seca.
- 01 pHmetro para medir el pH del extracto de saturación del suelo.
- 01 balanza de precisión para pesar la materia fresca y seca.
- 01 horno para secar las muestras de suelo y la materia fresca.
- 01 bomba de succión de vacío, para extraer los extractos de saturación del suelo.
- 01 moledora, para procesar las hojas para el ensayo de determinación de la concentración de elementos foliares.
- Agitador eléctrico, para homogenizar las muestras durante los ensayos.
- Equipo espectrofotómetro.
- Equipo de absorción atómica.
- Campana extractora
- Picetas, matraces, tubos de ensayo, baquetas, pipetas, embudos de vidrio, agua destilada, envases de plástico, papel filtro.

3.2 PROCEDIMIENTO

3.2.1 Metodología experimental

Se seleccionaron seis tratamientos con el cultivo de rúcula para suelo franco y para suelo arenoso. Cada uno consistió en la preparación de agua con una determinada conductividad eléctrica, que fue aplicada como agua de riego a las unidades experimentales. Cada tratamiento contó con tres repeticiones, dando un total de 36 unidades experimentales.

3.2.2 Preparación de macetas

Se utilizaron 36 baldes vacíos de pintura como macetas, los cuales fueron perforados en la base con el fin de facilitar el drenaje. Para homogenizar el suelo, cada textura se mezcló con palana sobre una superficie de plástico (Fig. N° 01). Cada maceta con suelo arenoso peso 5 kg, mientras que las que contenían suelo franco pesaron 4 kg (Fig. N° 02). Una maceta representó una unidad experimental.



Figura N° 01: Homogenización del suelo



Figura N° 02: Preparación de las macetas

3.2.3 Siembra

Las semillas se sembraron en camas de almácigos, hasta que les nacieron las hojas verdaderas a las plántulas (*Fig. N° 03*). Se trasplantaron tres plántulas en cada maceta, de las cuales solamente se evaluó una por maceta que fue la más representativa y tratando que las tres repeticiones del tratamiento presenten características similares (*Fig. N° 04*).



Figura N° 03: Camas de almácigos antes del trasplante



Figura N° 04: Maceta con tres plantas de rúcula

3.2.4 Preparación de soluciones salinas

Para la preparación de las soluciones se utilizó cloruro de sodio (NaCl), que fue diluida con el agua proveniente del canal de $0,78 \text{ dS.m}^{-1}$ de CE promedio. Se eligió dicha sal debido a que es la que predomina en nuestros suelos salinos y presenta mayor toxicidad. Se prepararon 6 soluciones, siendo cada una un tratamiento a aplicar en ambas clases texturales. Los valores de la CE de cada tratamiento fue:

- T1: $0,78 \text{ dS.m}^{-1}$
- T2: 2 dS.m^{-1}
- T3: 5 dS.m^{-1}
- T4: 9 dS.m^{-1}
- T5: 13 dS.m^{-1}
- T6: 18 dS.m^{-1}

3.2.5 Aplicación de las soluciones salinas como agua de riego

La aplicación del agua de riego preparada a diferentes concentraciones salinas se empleó de acuerdo a las necesidades hídricas del cultivo. Cuando las macetas fueron llenadas a los $2/3$ con los respectivos suelos, se procedió a saturarlas con agua de baja conductividad ($0,78 \text{ dS.m}^{-1}$), luego se procedió a completar el peso con el $1/3$ restante. Se realizó el trasplante y se dejó drenar durante 24 horas para alcanzar la condición de capacidad de campo. A partir de ahí se empezó a contabilizar la lámina que se consumía durante una semana para después reponerla. A cada uno de los tratamientos se le aplicó el mismo volumen de agua de acuerdo a su etapa fenológica; cambiando la concentración salina del agua de riego.

En la primera etapa de crecimiento del cultivo se le aplicó 1300 ml una vez por semana. Después, conforme el cultivo fue creciendo y la temperatura ambiente fue aumentando, el cultivo demandó más agua. Según sus necesidades hídricas y evitando el drenaje (condición de capacidad de campo) para que las sales no se pierdan por lavado, se procedió a aplicar 2 dosis a la semana: una de 1700 ml y otra de 1800 ml, dejando un intervalo de 3 a 4 días entre cada dosis. En la última semana se aplicó 550 ml dos veces por semana (*Fig. N° 05*).



Figura N° 05: Aplicación de soluciones salinas

3.2.6 Determinación del pH y conductividad eléctrica del suelo

Durante la etapa de campo se tomaron tres muestras de suelo de cada maceta: al inicio, a la mitad de la ejecución del experimento y en la cosecha; estas muestras se utilizaron para determinar las variaciones de pH y el incremento de la salinidad del suelo debido al riego con agua salina.

Para la determinación del pH y de la salinidad se preparó en laboratorio las pastas saturadas de cada muestra, procediendo a la obtención por succión del extracto de saturación (*Fig. N° 06*) y midiendo dichos parámetros con el pHmetro y conductímetro.



Figura N° 06: Obtención del extracto de saturación

3.2.7 Determinación del tamaño de la planta

El tamaño de las plantas se midió después de la cosecha, antes de ponerlas a secar al horno. La altura total fue medida considerando las hojas, el tallo y la raíz; la longitud aérea fue medida desde la parte donde comienza el tallo hasta la parte más alta de las hojas y por último se midió el tamaño de las raíces.

3.2.8 Determinación del peso fresco y seco de hojas, tallos y raíces

- *Peso fresco*: se determinó inmediatamente después que se cosechó cada maceta. Se pesó toda la planta, luego el tallo con hojas y finalmente las raíces. Luego de pesarlas se colocaron en sobres de papel para su secado.
- *Peso seco*: se determinó luego de introducir las plantas en bolsas de papel y en el horno a 70 °C, por 24 horas.

3.2.9 Humedad

Para determinar el contenido de humedad de la planta se realizó la diferencia entre los pesos fresco y seco, dividiendo la diferencia entre el peso fresco.

3.2.10 Análisis foliar

Para el análisis foliar se tomaron muestras de las hojas secas para procesarlas en el Laboratorio de análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes (LASPAF) de la Facultad de Agronomía.

- *Digestión de tejido vegetal por vía húmeda para determinar calcio, magnesio, sodio y potasio (Fig. N° 07)*
 - Se pesó 0,5 g de muestra molida de cada unidad experimental y se colocó en un matraz Erlenmeyer.
 - Se añadió 12 mL de ácido nitroperclórico y se dejó reposar.

- En la estufa las muestras se llevaron gradualmente hasta 200 °C. Se dejó en digestión hasta que la muestra se volvió clara y el volumen remanente fue de 1 mL.
- Se removieron los matraces y se adicionó 15 mL de HCl al 0,1 N. Se agitó para disolver el remanente.
- Se llevó al volumen de referencia (50 mL) y se filtró la solución.
- Se tomó una alícuota de la solución obtenida para realizar la lectura en el equipo de absorción atómica.



Figura N° 07: Digestión de tejido vegetal por vía húmeda para determinar calcio, magnesio, sodio y potasio

- *Determinación de sulfatos*
 - Se separaron 7 mL de extracto (obtenido por vía húmeda) y se añadieron 9 mL de Acid seed solution. Se llevaron los tubos de ensayo a un agitador para homogenizar las muestras.
 - Se adicionaron 4 mL de cloruro de bario y se llevaron las muestras al agitador.
 - Se realizó la lectura de la transmitancia a la longitud de onda de 535 nm.
 - Para determinar la curva patrón, se tomaron alícuotas de S-SO₄ a concentraciones de 0, 10, 20, 30, 40 y 50 ppm. La curva se preparó de forma similar a la muestra.

- *Determinación de cloruros (Fig. N° 08)*
 - Se pesó 1 gramo de muestra molida de cada unidad experimental y se colocó en un matraz Erlenmeyer.
 - Se añadió 50 ml de agua destilada a cada matraz y se agitó por 20 minutos.
 - Se filtraron las muestras y se separaron 20 mL de alícuota.
 - Se añadió 1 mL de cromato de potasio a cada alícuota y se tituló con nitrato de plata al 0,012 N.
 - Se determinó el volumen del gasto para hallar la cantidad de cloruros.



Figura N° 08: Determinación de cloruros

3.2.11 Análisis estadístico

Se aplicaron modelos dependiendo de cada caso:

- Diseño de bloques completamente al azar (DBCA).
- Diseño completamente al azar (DCA).
- Análisis descriptivo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

La cosecha de todos los tratamientos se realizó después de 25 días, contados desde el trasplante, para que las evaluaciones se realizaran con el mismo tiempo en maceta todas las muestras. Solo el tratamiento T2 llegó a completar su ciclo fenológico.

4.1 PESO DE MATERIA FRESCA

4.1.1 Peso total

El peso total de la materia fresca comprende hojas, tallos y raíces, pesados inmediatamente después de la cosecha. En la *Tabla N° 12* se muestran los resultados de acuerdo a cada tratamiento y en la *Fig. N° 09* se presenta la variación de los promedios obtenidos de acuerdo a la textura del suelo.

Tabla N° 12: Peso total de la materia fresca

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Peso (g)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	4,9	5,1	5,4	5,1	4,3	4,2	4,2	4,2
T2	2	15,9	16,8	16,5	16,4	5,8	5,6	5,5	5,6
T3	5	12,4	11,9	12,2	12,2	4,3	4,3	4,4	4,3
T4	9	4	4,6	4,4	4,3	2,7	2,5	2,1	2,4
T5	13	1,6	1,7	1,7	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
T6	18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

El tratamiento T1 no presenta mucha diferencia de peso fresco total promedio entre ambas texturas de suelo. El tratamiento T2 cosechada en arena pesa 10,8 g más que la muestra obtenida en suelo franco, lo cual puede deberse a que, como se mencionó en un inicio, solo el tratamiento T2 en arena completo su ciclo fenológico. Comparando los resultados obtenidos para T1 y T2 se puede decir que la planta de rúcula necesita sales solubles en la solución del suelo para que pueda crecer y desarrollarse óptimamente.

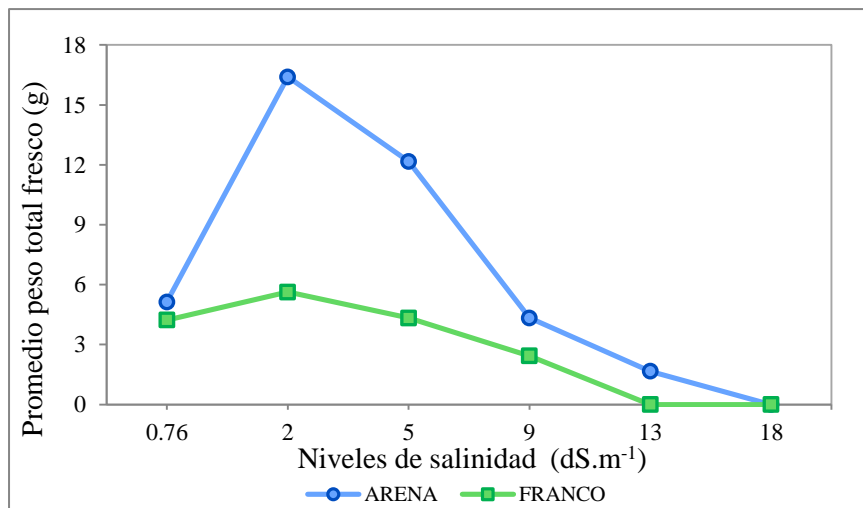


Figura N° 09: Variación del peso total de la materia fresca promedio

A partir del tratamiento T3 los pesos empiezan a disminuir llegando a ser cero para los tratamientos T5 y T6 en el suelo franco y solo T6 para el suelo arenoso. Aun cuando disminuyen los pesos, las plantas desarrolladas en arena contienen más materia fresca que aquellas que crecieron en suelo franco. En un inicio del tratamiento, después del trasplante, todas las plantas crecieron hasta que la necrosis foliar afectó severamente los dos últimos tratamientos.

El estadístico de prueba valor de F calculado es 21,935, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, es decir el efecto de los tratamientos de aguas salinas son significativos. Por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar el peso total fresco promedio de rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T2 es el que produce significativamente el mayor peso fresco promedio (11,02 g) en las plantas de rúcula. Mientras que el efecto del tratamiento T6, es el que produce el menor peso fresco promedio (0 g), aun cuando no es significativamente diferente al efecto del tratamiento T5 (*Anexo N° 01*).

4.1.2 Peso de la parte aérea

El peso aéreo de la materia fresca comprende hojas y tallos, pesados inmediatamente después de la cosecha. En la *Tabla N° 13* se muestran los resultados de acuerdo a cada

tratamiento y en la Fig. N° 10 se presenta la variación de los promedios obtenidos de acuerdo a la textura del suelo.

Tabla N° 13: Peso de la materia fresca aérea

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Peso (g)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	4,3	4,5	4,7	4,5	3,2	3,1	3,2	3,2
T2	2	14,3	15,2	14,8	14,8	4,1	4	4,1	4,1
T3	5	11,3	10,9	11,2	11,1	3,6	3,7	3,8	3,7
T4	9	3,7	4,2	4,1	4,0	2,3	2,2	1,8	2,1
T5	13	1,4	1,4	1,5	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
T6	18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

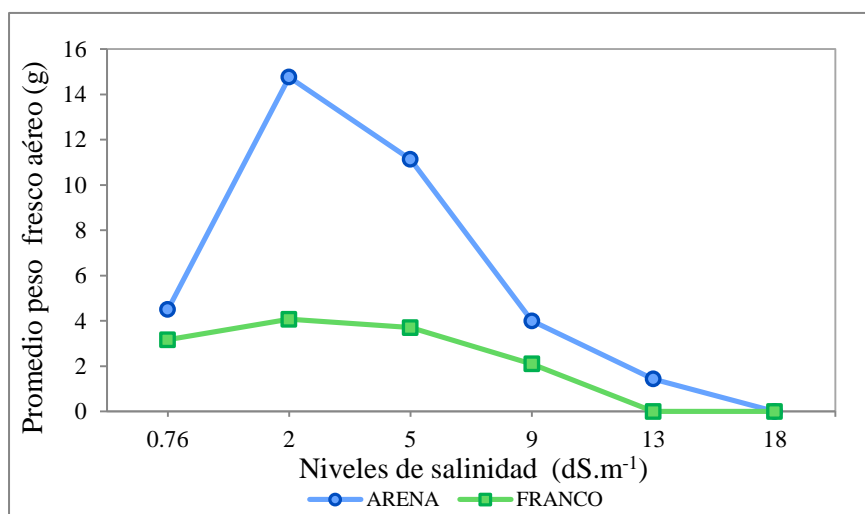


Figura N° 10: Variación del peso de la materia fresca aérea promedio

El mayor peso fresco aéreo se presentó en el tratamiento T2, para el suelo arenoso, diferenciándose en 10,7 g con el peso del suelo franco. A partir de este resultado todos los valores empiezan a decrecer hasta llegar a cero, teniendo en cuenta que el peso aéreo de los tratamientos en suelo arenoso es mayor que los del suelo franco. Solo el tratamiento de 2

dS.m⁻¹, que creció en arena, alcanzó el tamaño adecuado para la venta comercial, debido a ello presentó un mayor peso, ya que la parte foliar se desarrolló completamente.

Tal como menciona Resh (1987), se observaron quemaduras en las hojas que empezaron en borde (*Fig. N° 11*) y terminaron abarcando toda la superficie foliar, generando la muerte del tejido. Además, el aumento de la tensión osmótica, generada por la concentración de sales solubles en la solución del suelo, ocasionó que las plantas tengan que hacer un mayor esfuerzo por absorber agua, lo que se tradujo en un estrés hídrico que tuvo como consecuencias problemas fisiológicos.



Figura N° 11: Quemaduras en la superficie de las hojas

El estadístico de prueba valor de F calculado es 17,486, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, de ahí que el efecto de los niveles de salinidad son significativos. Por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar el peso aéreo total promedio de rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T2 es el que produce significativamente el mayor peso aéreo total promedio (9,42 g) en las plantas de rúcula, aun cuando no es diferente del efecto del tratamiento T3. Mientras que el efecto del tratamiento T6, es el que produce significativamente el menor contenido de peso aéreo total promedio (de 0 g), aun cuando no es diferente del tratamiento T5 (*Anexo N° 02*).

4.1.3 Peso radicular

El peso radicular de la materia fresca comprende las raíces, pesadas inmediatamente después de la cosecha. En la *Tabla N° 14* se muestran los resultados de acuerdo a cada tratamiento y en la *Fig. N° 12* se presenta la variación de los promedios obtenidos de acuerdo a la textura del suelo.

Tabla N° 14: *Peso radicular de la materia fresca*

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Peso (g)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0.76	0,6	0,6	0,7	0,6	1,1	1,1	1,0	1,1
T2	2	1,6	1,6	1,7	1,6	1,7	1,6	1,4	1,6
T3	5	1,1	1,0	1,0	1,0	0,7	0,6	0,6	0,6
T4	9	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
T5	13	0,2	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
T6	18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

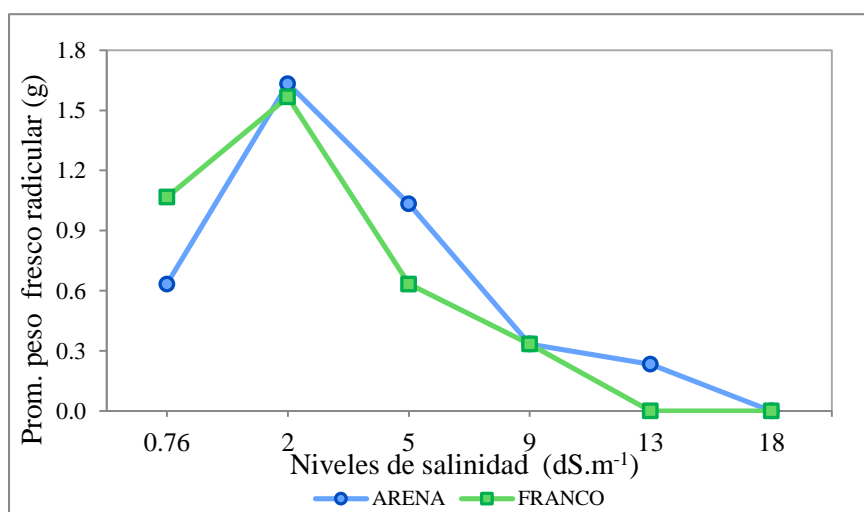


Figura N° 12: *Variación del peso radicular de la materia fresca promedio*

El peso fresco radicular también presenta una tendencia a disminuir conforme aumentan los niveles de salinidad, teniendo un mayor valor para plantas que fueron regadas con agua de 2 dS.m^{-1} . A partir del tratamiento T3, los pesos radiculares fueron decreciendo hasta llegar a cero. El peso de las raíces desarrolladas en arena fue mayor que las que crecieron en suelo franco, aunque en el tratamiento T4 los pesos fueron iguales.

Las raíces se comportan como membranas semipermeables que separan dos soluciones de distinta concentración salina y por tanto de diferente potencial osmótico; en el exterior se encuentra el agua del suelo y en el interior está el agua del xilema. La concentración de sales en la solución del suelo reduce el crecimiento de la planta debido a una disminución en la absorción del agua a través de las raíces porque el movimiento del agua se reduce al aumentar la concentración de sales.

El estadístico de prueba valor de F calculado es 89,421, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, lo que quiere decir que el efecto de los niveles de salinidad son significativos a ese nivel. Por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar el peso subterráneo total promedio de rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T2 es el que produce significativamente el mayor peso radicular promedio (1,60 g) en las plantas de rúcula. Mientras que el efecto del tratamiento T6, es el que produce el menor peso radicular promedio, aun cuando no es significativamente diferente del tratamiento T5 (*Anexo N° 03*).

4.2 PESO DE MATERIA SECA

4.2.1 Peso total

El peso total de la materia seca comprende hojas, tallos y raíces, pesados después de haber sido sacados del horno de secado. En la *Tabla N° 15* se muestran los resultados de acuerdo a cada tratamiento y en la *Fig. N° 13* se presenta la variación de los promedios obtenidos de acuerdo a la textura del suelo.

Tabla N° 15: Peso total de la materia seca

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Peso (g)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	0,9	1,4	1,1	1,1	0,5	0,6	0,5	0,5
T2	2	4,9	4,2	4,1	4,4	0,7	0,6	0,6	0,6
T3	5	2,4	1,9	2,1	2,1	0,3	0,3	0,3	0,3
T4	9	0,7	0,6	0,6	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1
T5	13	0,2	0,2	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
T6	18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

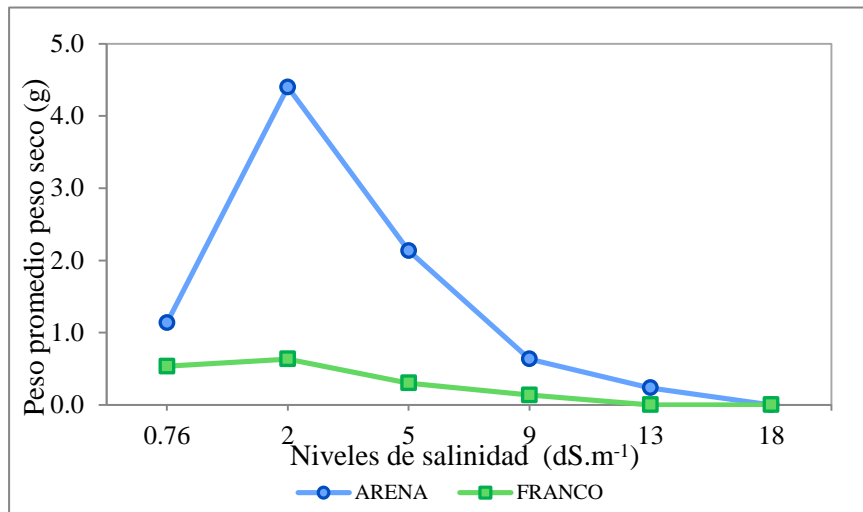


Figura N° 13: Variación del peso total de la materia seca promedio

Al igual que en el peso fresco, el mayor rendimiento de materia seca se presentó en el tratamiento T2 para ambos suelos; aunque la planta desarrollada en arena para este nivel de salinidad del agua de riego pesó 3,8 g más que la que se desarrolló en suelo franco. Luego todos los pesos decrecen hasta llegar a cero, teniendo en cuenta que en todos los puntos, los pesos secos de las muestras de arena son mayores a los del suelo franco.

El estadístico de prueba valor de F calculado es 9,568, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, es decir el efecto de los niveles de salinidad son significativos.

Por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar el peso seco fresco promedio de rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T2 es el que produce significativamente el mayor peso total seco promedio (2,52 g) en las plantas de rúcula. Mientras que el efecto del tratamiento T6 es el que produce el menor peso seco promedio (0 g), aun cuando no es significativamente diferente al efecto del tratamiento T1, T4 y T5 (*Anexo N° 04*).

4.2.2 Peso de la parte aérea

El peso aéreo de la materia seca comprende hojas y tallos, pesados después de haber sido sacados del horno de secado. En la *Tabla N° 16* se muestran los resultados de acuerdo a cada tratamiento y en la *Fig. N° 14* se presenta la variación de los promedios obtenidos de acuerdo a la textura del suelo.

Tabla N° 16: Peso de la materia seca aérea

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Peso (g)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	0,8	1,3	1,0	1,0	0,5	0,6	0,6	0,5
T2	2	4,7	4,0	3,9	4,2	0,5	0,4	0,4	0,4
T3	5	2,2	1,7	1,9	2,0	0,3	0,3	0,3	0,3
T4	9	0,7	0,6	0,6	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1
T5	13	0,2	0,2	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
T6	18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Se aprecia que la variación del peso aéreo seco es similar al del peso total seco. El mayor peso seco se presentó en el tratamiento T2 desarrollado en el suelo de textura arenosa. Esto se debe a que solo este tratamiento alcanzó características físicas adecuadas para la venta del producto, mientras que las plantas de los demás tratamiento no alcanzaron el tamaño óptimo en el mismo tiempo de cultivo. Para los siguientes niveles de salinidad del agua de

riego los pesos aéreos secos fueron disminuyendo hasta alcanzar el valor de cero, pero en todos los puntos los valores de los pesos de las plantas cosechadas en arena fueron mayores a los pesos de las muestras obtenidas en suelo franco.

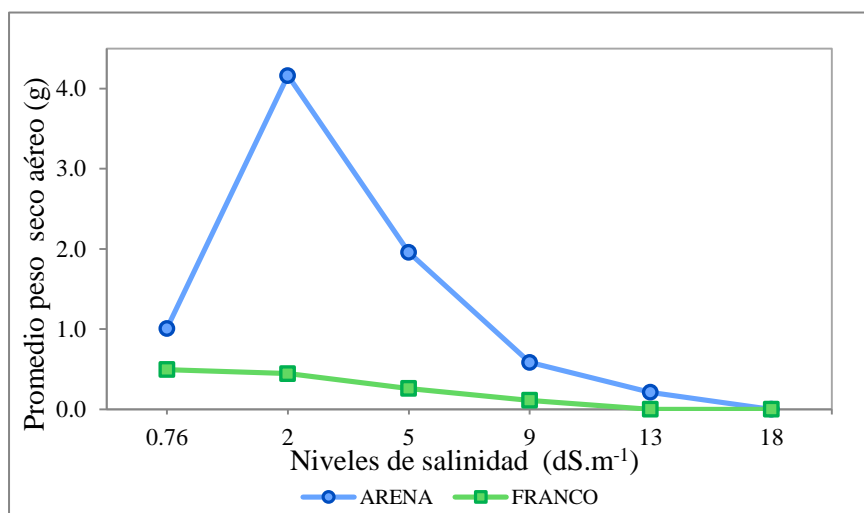


Figura N° 14: Variación del peso de la materia seca aérea promedio

El estadístico de prueba valor de F calculado es 8,212, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, de ahí que el efecto de los niveles de salinidad son significativos. Por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar el peso aéreo seco promedio de rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T2 es el que produce significativamente el mayor contenido de peso seco aéreo promedio (2,3 g) en las plantas de rúcula. Mientras que el efecto del tratamiento T6 es el que produce el menor peso seco promedio (0 g), aun cuando no es significativamente diferente de los tratamientos T1, T4 y T5 (*Anexo N° 05*).

4.2.3 Peso radicular

El peso radicular de la materia seca comprende las raíces, pesadas después de haber sido sacados del horno de secado. En la *Tabla N° 17* se muestran los resultados de acuerdo a cada tratamiento y en la *Fig. N° 15* se presenta la variación de los promedios obtenidos de acuerdo a la textura del suelo.

Tabla N° 17: Peso la materia seca radicular

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Peso (g)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	0,11	0,13	0,13	0,12	0,03	0,05	0,03	0,04
T2	2	0,24	0,23	0,24	0,24	0,18	0,20	0,19	0,19
T3	5	0,19	0,17	0,17	0,18	0,04	0,04	0,04	0,04
T4	9	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,10
T5	13	0,03	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
T6	18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

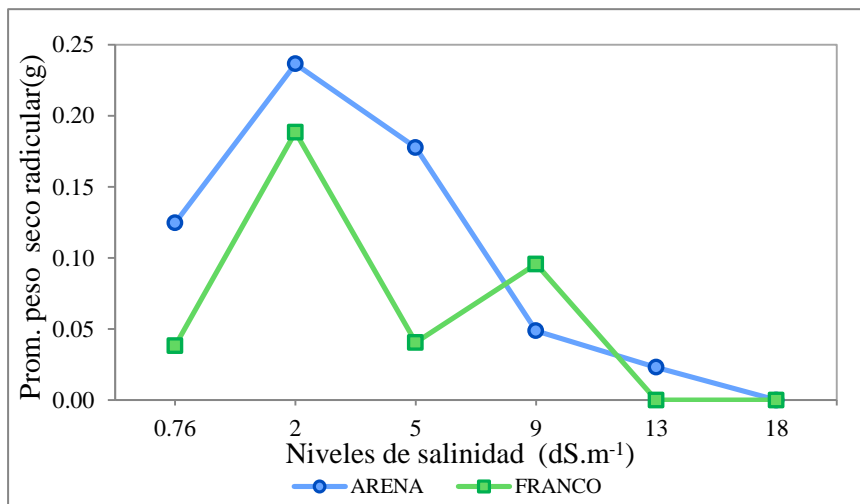


Figura N° 15: Variación del peso de la materia seca radicular promedio

El peso seco radicular presenta una tendencia a disminuir conforme aumentan los niveles de salinidad para el suelo de textura arenosa; el mayor peso radicular se presentó en las plantas que fueron regadas con agua de 2 dS.m⁻¹ de conductividad eléctrica. Las raíces desarrolladas en suelo franco presentaron un menor peso respecto a aquellas que se desarrollaron en suelo arenoso, excepto para el tratamiento T4, donde la parte radicular pesó 0,05 g más que las raíces que crecieron en suelo arenoso.

En comparación con los resultados obtenidos en el peso de materia fresca radicular para el tratamiento T1, se puede inferir que las raíces desarrolladas en suelo franco presentaban un mayor contenido de agua respecto a aquellas que crecieron en el suelo arenoso.

El estadístico de prueba valor de F calculado es 55,619, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, es decir el efecto de los niveles de salinidad son significativos. Por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar el peso subterráneo seco promedio de rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T2 es el que produce significativamente el mayor peso seco radicular promedio (0,21 g) en las plantas de rúcula. Mientras que el efecto del tratamiento T6 es el que produce significativamente el menor peso seco radicular promedio (0 g) aun cuando no es diferente del tratamiento T5 (*Anexo N° 06*).

4.3 LONGITUD DE LA PLANTA

4.3.1 Longitud total

La longitud total de planta comprende hojas, tallos y raíces, medidas después de la cosecha. En la *Tabla N° 18* se muestran los resultados de acuerdo a cada tratamiento y en la *Fig. N° 16* se presenta la variación de los promedios obtenidos de acuerdo a la textura del suelo.

De acuerdo a la gráfica se puede apreciar que en ambas texturas la mayor longitud de planta se obtuvo para el tratamiento T2 (2 dS.m⁻¹). Para el tratamiento T1 (0,76 dS.m⁻¹), ambas alturas promedio fueron similares pero menores al T2, por lo que se puede suponer que las sales solubles del suelo no fueron suficientes para un desarrollo óptimo del cultivo. Para el tratamiento T4 la altura total fue similar en ambos suelos, diferenciándose sólo en 0,1 cm. Grenway *et al* (1980) aseguraron que una reducción en el crecimiento de las plantas por efecto de las sales se debe a que parte de los recursos energéticos (fotosintatos) de la planta se destinan para el mantenimiento y reparación de daños celulares causados por las sales.

Tabla N° 18: Longitud total de la planta

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Longitud (cm)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	28,4	29,8	29,1	29,1	28,7	25,1	26,2	26,7
T2	2	43,1	43,2	43,5	43,3	37,8	38,2	37,2	37,7
T3	5	24,9	24,1	24,6	24,5	21,5	22,1	22,6	22,1
T4	9	17,9	18,1	18,6	18,2	18,3	17,9	18,1	18,1
T5	13	14,6	13	13,2	13,6	0,0	0,0	0,0	0,0
T6	18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

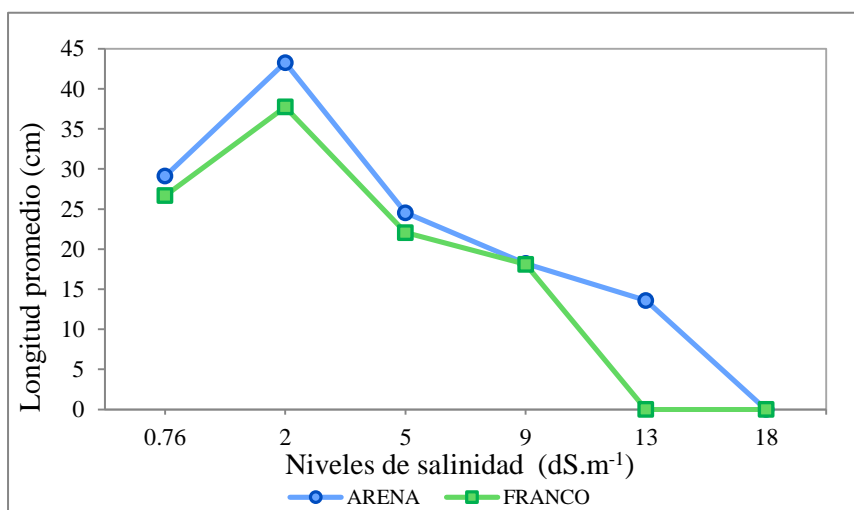


Figura N° 16: Variación de la longitud total promedio

El estadístico de prueba valor de F calculado es 179,762, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, lo que quiere decir que el efecto de los niveles de salinidad son significativos. Por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar la altura promedio de rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T2 es el que produce significativamente la mayor altura promedio (40,5 cm) en las plantas de rúcula. Mientras que el efecto del tratamiento T6 es el que produce significativamente la menor altura promedio (*Anexo N° 07*).

4.3.2 Longitud de la parte aérea

La longitud de la parte aérea comprende hojas y tallos, medidos después de la cosecha. En la *Tabla N° 19* se muestran los resultados de acuerdo a cada tratamiento y en la *Fig. N° 17* se presenta la variación de los promedios obtenidos de acuerdo a la textura del suelo.

Tabla N° 19: Longitud aérea de la planta

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Longitud (cm)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	15,5	18,3	16,7	16,8	11,7	8,0	8,8	9,5
T2	2	21,4	20,7	21,2	21,1	14,8	17,1	15,8	15,9
T3	5	7,9	5,0	7,8	6,9	3,6	4,9	4,8	4,4
T4	9	5,3	5,0	5,9	5,4	4,3	4,1	4,2	4,2
T5	13	5,0	2,9	2,8	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0
T6	18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

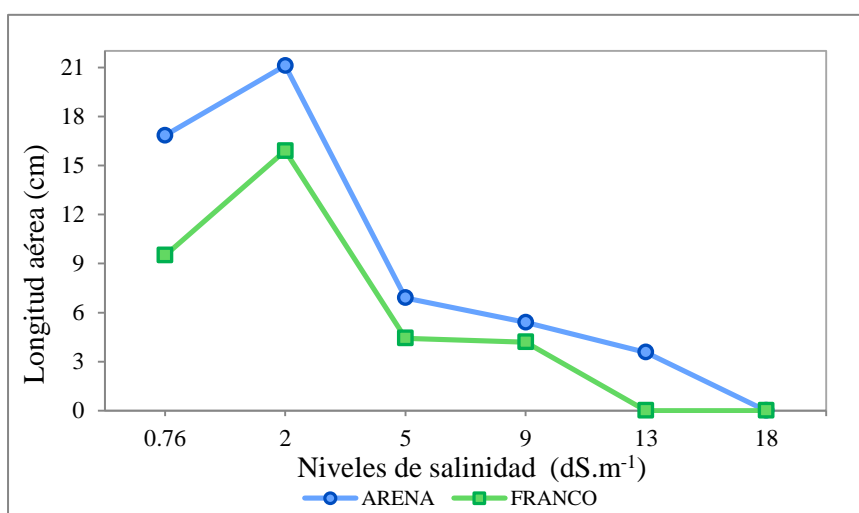


Figura N° 17: Variación de la longitud aérea promedio

Con respecto al tratamiento T1, la altura aérea fue mayor en la planta desarrollada en arena debido a que la rúcula en suelo franco presentó menor follaje. Para ambos suelos la mayor longitud aérea se presentó en el tratamiento T2, esto indica que el cultivo de rúcula necesita

de sales solubles para desarrollarse adecuadamente. Los tamaños obtenidos por las plantas desarrolladas en arena fueron mayores a las que se desarrollaron en el suelo franco; una causa de esto, es que en los últimos tratamientos las hojas fueron afectadas por quemaduras que empezaron por los bordes, lo cual condujo a la reducción del área fotosintética que se terminó traduciendo en una menor área foliar y altura.

El estadístico de prueba valor de F calculado es 112,142, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, es decir el efecto de los niveles de salinidad son significativos. Por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar la altura aérea promedio de rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T2 es el que produce significativamente la mayor altura aérea promedio (18,5 cm) en las plantas de rúcula. Mientras que el efecto del tratamiento T6 es el que produce la menor altura aérea promedio (0 cm), aun cuando no es significativamente diferente del efecto del tratamiento T5 (*Anexo N° 08*).

4.3.3 Longitud radicular

La longitud radicular de la planta comprende las raíces, medidas después de la cosecha. En la *Tabla N° 20* se muestran los resultados de acuerdo a cada tratamiento y en la *Fig. N° 18* se presenta la variación de los promedios obtenidos de acuerdo a la textura del suelo.

Las raíces que se desarrollaron en suelo franco presentaron mayor tamaño que aquellas que crecieron en suelo arenoso, excepto en el tratamiento T2 donde la raíz en suelo de textura arenosa fue 0,34 cm más larga que la del suelo franco. La mayor longitud radicular desarrollada en suelo franco podría deberse a que las partículas coloidales de este suelo tienen iones adheridos los cuales están en constante cambio con los de la solución del suelo, lo que permite que la zona radicular tenga una concentración de elementos diferente a lo que se podría presentar en suelo arenoso, favoreciendo el crecimiento de las raíces. La longitud se midió, en los últimos tratamientos, en las raíces que quedaron enterradas de las plantas que murieron por necrosis, lo que indica que las plántulas se desarrollaron hasta cierta etapa y que murieron por el riego continuo con agua de elevada salinidad.

Tabla N° 20: Longitud radicular de la planta

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Longitud (cm)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	12,9	11,5	12,4	12,3	17,0	17,1	17,4	17,2
T2	2	21,7	22,5	22,3	22,2	23,0	21,1	21,4	21,8
T3	5	17,0	16,2	16,8	16,7	17,9	17,2	17,8	17,6
T4	9	12,6	13,1	12,7	12,8	14,0	13,8	13,9	13,9
T5	13	10,5	10,1	10,4	10,3	11,9	12,2	12,3	12,1
T6	18	8,3	8,9	8,4	8,5	10,1	9,8	9,7	9,9

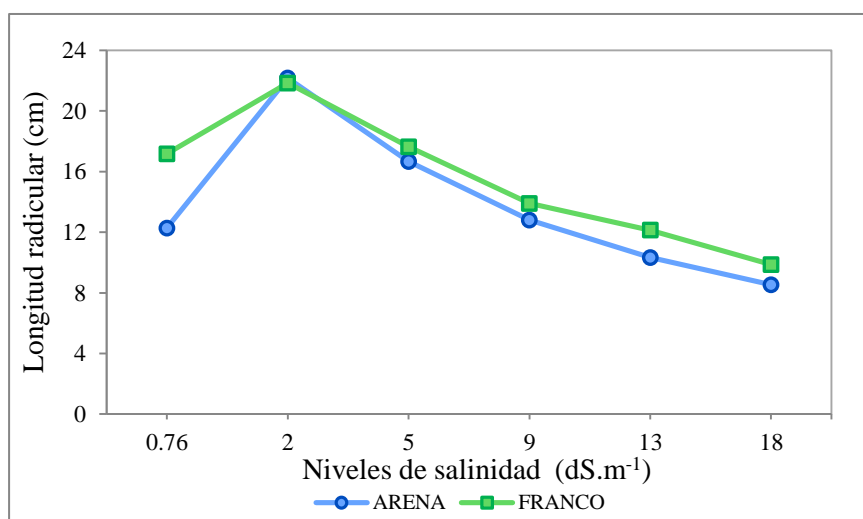


Figura N° 18: Variación de la longitud radicular promedio

El estadístico de prueba valor de F calculado es 129,051, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, de ahí que el efecto de los niveles de salinidad son significativos. Por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar la altura subterránea promedio de rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T2 es el que produce significativamente la mayor

altura subterránea promedio (22 cm) en las plantas de rúcula. Mientras que el efecto del tratamiento T6 es el que produce significativamente la menor altura subterránea promedio de 9,2 cm (*Anexo N° 09*).

4.4 CONTENIDO DE HUMEDAD

4.4.1 Contenido de humedad total

El contenido de humedad total expresa la cantidad de agua que existe en la planta y comprende hojas, tallos y raíces. Las sales solubles presentes en la solución del suelo generan una presión osmótica de acuerdo a su concentración, lo que afecta el ingreso del agua a la planta. En la *Tabla N° 21* se muestran los resultados en porcentaje de agua retenido por la rúcula de acuerdo a cada tratamiento y en la *Fig. N° 19* se presenta la variación de los promedios obtenidos de acuerdo a la textura del suelo.

Tabla N° 21: Contenido de humedad total de la planta

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Contenido de humedad (%)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	81,6	72,6	79,6	77,9	88,4	85,7	88,1	87,4
T2	2	69,2	75,0	75,2	73,1	87,9	89,3	89,1	88,8
T3	5	80,7	84,0	82,8	82,5	93,0	93,0	93,2	93,1
T4	9	82,5	87,0	86,4	85,3	92,6	96,0	95,2	94,6
T5	13	87,5	88,2	82,4	86,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T6	18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Se aprecia que la variación del contenido de humedad es mayor conforme aumenta la salinidad del agua de riego. En todos los casos el contenido de humedad de las plantas desarrolladas en suelo franco es mayor con respecto a las que crecieron en suelo arenoso.

Se deduce que la transpiración de las plantas en suelo arenoso fue menor que las que crecieron en el suelo franco, debido a un mecanismo de cierre de estomas.

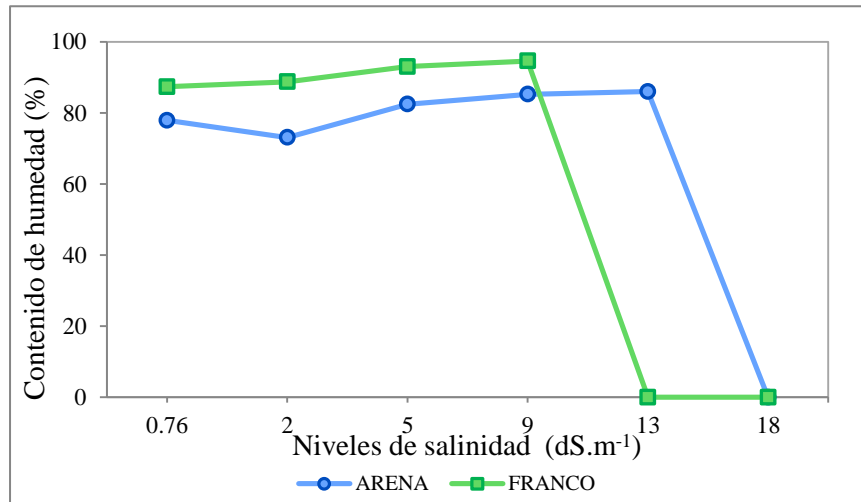


Figura N° 19: Variación de la humedad total promedio de la planta

El estadístico de prueba valor de F calculado es 19,229, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, de ahí que el efecto de los niveles de salinidad son significativos. Por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar el contenido de humedad promedio de la rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T4 es el que produce significativamente el mayor contenido de humedad promedio (89,94%) en las plantas de rúcula, aun cuando no es diferente de los efectos de los tratamientos T1, T2 y T3. Mientras que el efecto del tratamiento T6 es el que produce significativamente el menor contenido de humedad promedio (*Anexo N° 10*).

4.4.2 Contenido de humedad de la parte aérea

El contenido de humedad de la parte aérea expresa la cantidad de agua que existe en las hojas y tallos. En la *Tabla N° 22* se muestran los resultados de acuerdo a cada tratamiento y en la *Fig. N° 20* se presenta la variación de los promedios obtenidos de acuerdo a la textura del suelo.

Tabla N° 22: Contenido de humedad de la parte aérea de la planta

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Contenido de humedad (%)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	81,7	71,7	79,5	77,6	85,4	82,1	85,5	84,3
T2	2	67,4	73,9	73,9	71,7	87,4	89,9	89,9	89,1
T3	5	80,5	84,1	82,8	82,5	92,9	92,9	93,1	93,0
T4	9	82,5	86,9	86,5	85,3	92,3	96,5	95,7	94,8
T5	13	87,7	87,1	81,4	85,4	0,0	0,0	0,0	0,0
T6	18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

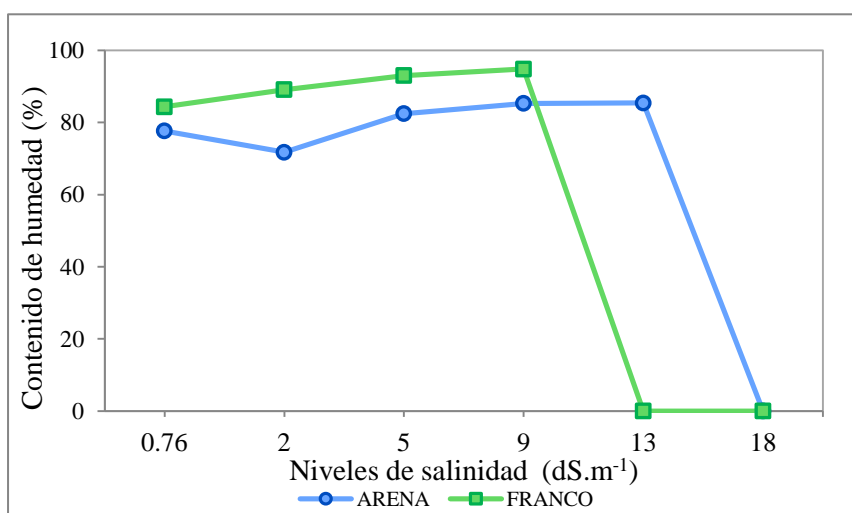


Figura N° 20: Variación de la humedad promedio de la parte aérea de la planta

Al igual que con el contenido de humedad total, las plantas presentaron un mayor contenido de humedad aérea conforme aumenta la salinidad del agua riego. El contenido de humedad para las plantas desarrolladas en arena fue menor que las del suelo franco, presentando el tratamiento T2 la menor humedad almacenada en hojas y tallos, aunque fue el único tratamiento que alcanzó un tamaño comercial adecuado.

El estadístico de prueba valor de F calculado es 19,228, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, es decir el efecto de los niveles de salinidad son significativos. Por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar el contenido de humedad promedio de la parte aérea de la rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T4 es el que significativamente produce el mayor contenido de humedad (90,04%) en las plantas de rúcula, aun cuando no es significativamente diferente de los efectos de los tratamientos T1, T2 y T3. El efecto del tratamiento T6 es el que produce significativamente el menor contenido de humedad promedio (*Anexo N 11*).

4.4.3 Contenido de humedad de la parte radicular

El contenido de humedad de la parte radicular corresponde a la cantidad de agua que existe en las raíces. En la *Tabla N° 23* se muestran los resultados de acuerdo a cada tratamiento y en la *Fig. N° 21* se presenta la variación de los promedios obtenidos de acuerdo a la textura del suelo.

Tabla N° 23: Contenido de humedad de la parte radicular de la planta

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Contenido de humedad (%)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	80,9	79,1	80,8	80,3	96,9	95,8	96,6	96,4
T2	2	85,3	85,4	85,8	85,5	89,2	87,7	86,8	87,9
T3	5	82,6	83,3	82,5	82,8	93,8	93,5	93,5	93,6
T4	9	82,7	87,9	84,6	85,1	94,2	92,7	91,9	92,9
T5	13	85,9	93,5	89,3	89,6	0,0	0,0	0,0	0,0
T6	18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

De igual manera que los casos anteriores, la humedad contenida en la parte radicular fue mayor para las plantas que se desarrollaron en suelo franco en comparación con las raíces

que crecieron en suelo arenoso. En el tratamiento T2, la raíz del suelo franco retuvo 2,4% de humedad con respecto al suelo arenoso.

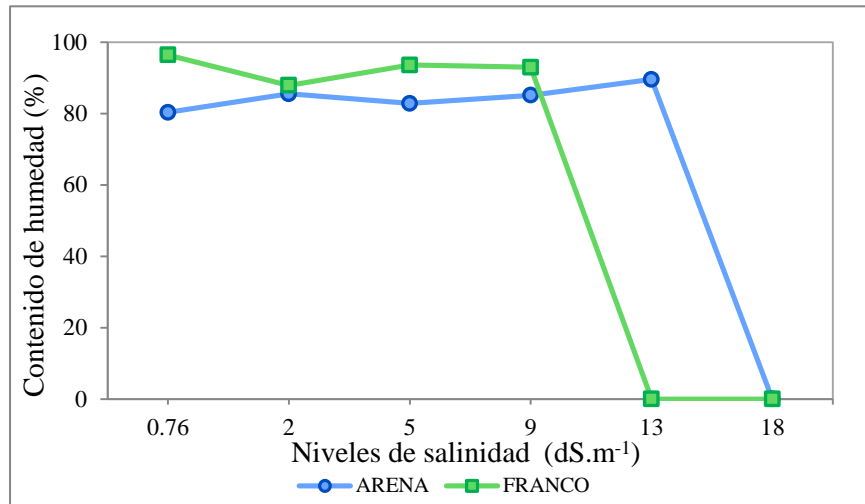


Figura N° 21: Variación de la humedad promedio de la parte radicular de la planta

El estadístico de prueba valor de F calculado es 19,493, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, de ahí que el efecto de los niveles de salinidad son significativos. Por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar el contenido de humedad promedio de la parte radicular de la rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T4 es el que produce significativamente el mayor contenido de humedad promedio del peso radicular (89,01%) en las plantas de rúcula, aun cuando no es diferente a los efectos de los tratamientos T1, T2 y T3. Mientras que el efecto del tratamiento T6 es el que produce significativamente el menor contenido de humedad promedio del peso subterráneo (*Anexo N° 12*).

4.5 CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS EN EL CULTIVO DE RUCULA

4.5.1 Concentración de calcio

En la *Tabla N° 24* se muestran los resultados de concentración porcentual de calcio en el cultivo de rúcula por cada tratamiento. En la *Fig. N° 22* se presenta la variación de concentración de calcio de acuerdo al tratamiento y clase textural.

Tabla N° 24: Concentración de calcio

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Concentración (%)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	4,02	4,22	3,69	3,97	3,47	4,02	4,20	3,90
T2	2	3,56	3,89	3,79	3,75	4,07	3,09	3,64	3,60
T3	5	3,09	2,94	3,04	3,02	3,75	3,68	2,55	3,33
T4	9	3,68	3,22	3,42	3,44	3,21	2,27	3,60	3,02
T5	13	2,75	3,32	3,09	3,05	0,00	0,00	0,00	0,00
T6	18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

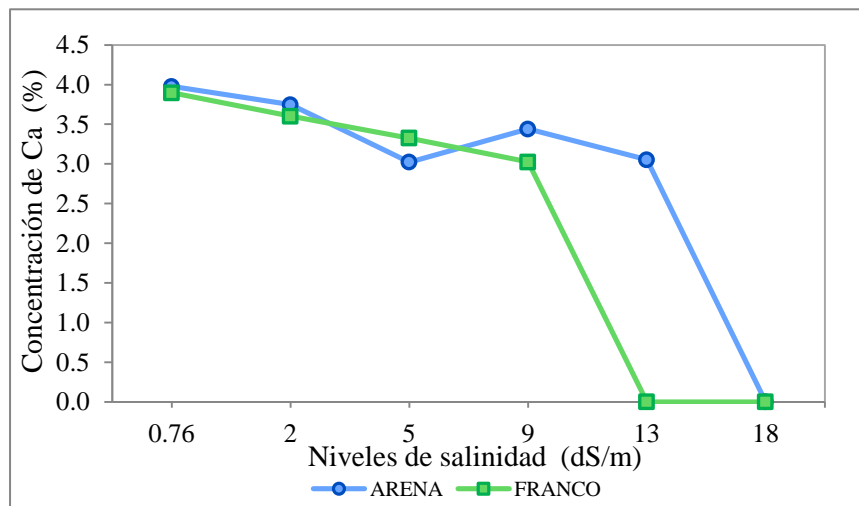


Figura N° 22: Variación de la concentración de calcio

La concentración máxima de calcio fue de 3,97 % para el tratamiento T1 en suelo arenoso y según la *Tabla N° 04* el contenido de calcio puede alcanzar más del 10% en la materia seca. Para los tratamientos en este suelo la concentración de calcio fue variable. En los tratamientos de suelo franco se observa una disminución progresiva del contenido de calcio a medida que aumenta la concentración de sales en el agua de riego. La deficiencia de este elemento se caracteriza por la reducción del crecimiento del tejido meristemático (responsables del crecimiento vegetal), además de causar necrosis en los bordes de las

hojas. Estos síntomas se presentaron en los últimos tratamientos del ensayo, donde la necrosis foliar llegó a abarcar toda la superficie.

El estadístico de prueba valor de F calculado es 27,523, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, es decir el efecto de los niveles de salinidad son significativos. Por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar la concentración de calcio promedio en la planta de rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T1 es el que produce significativamente la mayor concentración de calcio promedio (3,94%) en las plantas de rúcula, aun cuando no es diferente a los efectos de los tratamientos T2, T3 y T4. Mientras que el efecto del tratamiento T6 es el que produce significativamente la menor concentración de calcio promedio (*Anexo N° 13*).

4.5.2 Concentración de magnesio

En la *Tabla N° 25* se muestra los resultados de concentración porcentual de magnesio en el cultivo de rúcula por cada tratamiento. En la *Fig. N° 23* se presenta la variación de concentración de magnesio de acuerdo al tratamiento y la clase textural.

Tabla N° 25: Concentración de magnesio

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Concentración (%)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	0,43	0,58	0,51	0,51	0,41	0,41	0,40	0,41
T2	2	0,52	0,54	0,48	0,52	0,37	0,32	0,50	0,39
T3	5	0,38	0,41	0,39	0,39	0,35	0,34	0,39	0,36
T4	9	0,51	0,44	0,41	0,45	0,36	0,48	0,31	0,38
T5	13	0,39	0,39	0,36	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00
T6	18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

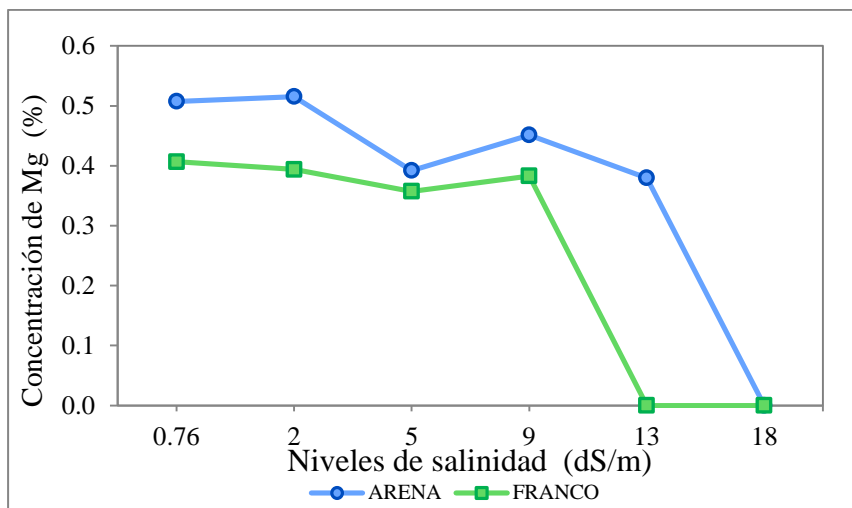


Figura N° 23: Variación de la concentración de magnesio

La absorción de magnesio en el suelo arenoso fue irregular, presentando el valor más alto en el tratamiento T2 (0,52 %). En el suelo franco se obtuvieron menores concentraciones. La concentración de magnesio en materia seca varía entre 1% a 4%, según lo cual todas las plantas no absorbieron una cantidad adecuada de este elemento, lo que podría deberse a que no había suficiente concentración de este elemento en el suelo o que fue inhibido por la absorción de potasio, ya que son cationes antagónicos.

El estadístico de prueba valor de F calculado es 30,959, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, es decir el efecto de los niveles de salinidad son significativo. De acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar la concentración de magnesio promedio en la planta de rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T1 es el que produce significativamente la mayor concentración de magnesio promedio (0,47%) en las plantas de rúcula, aun cuando no es diferente a los efectos de los tratamientos T2, T3 y T4. El efecto del tratamiento T6 es el que produce significativamente la menor concentración de magnesio (*Anexo N° 14*).

4.5.3 Concentración de sodio

En la *Tabla N° 26* se muestran los resultados de la concentración porcentual de sodio en el cultivo de rúcula por cada tratamiento. En la *Fig. N° 24* se presenta la variación de concentración de sodio de acuerdo al tratamiento y la clase textural.

Tabla N° 26: Concentración de sodio

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Concentración (%)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	0,44	0,41	0,40	0,42	1,37	0,28	0,25	0,63
T2	2	0,33	0,99	0,70	0,67	0,27	0,99	1,68	0,98
T3	5	0,46	1,70	1,48	1,21	0,77	0,82	1,06	0,88
T4	9	2,95	3,58	3,88	3,47	1,15	1,80	1,90	1,62
T5	13	4,01	2,54	2,38	2,98	0,00	0,00	0,00	0,00
T6	18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

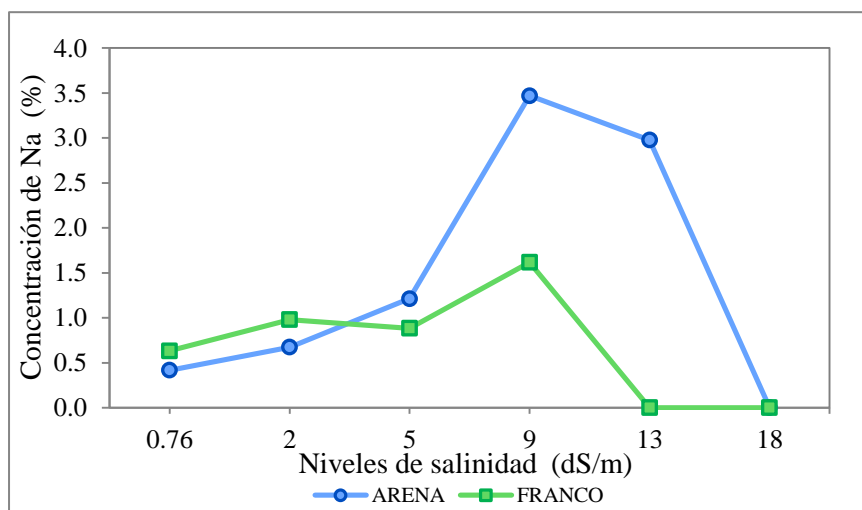


Figura N° 24: Variación de la concentración de sodio

En los dos primeros tratamientos la concentración foliar de sodio fue mayor para las plantas que se desarrollaron en suelo franco, después el orden se invierte pasando a tener una

mayor absorción los tejidos desarrollados en suelo arenoso. En ambos suelos, la máxima concentración se presentó en el tratamiento T4. Según la *Tabla N° 04* la concentración de sodio varía de 0,01% a 10% en la materia seca, de acuerdo a lo cual todos los tratamientos están dentro del rango.

El estadístico de prueba valor de F calculado es 7,125, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, es decir el efecto de los niveles de salinidad son significativos. De acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar la concentración de sodio en la planta de rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T4 es el que produce significativamente la mayor concentración de sodio promedio (2,54%) en las plantas de rúcula. Mientras que el efecto del tratamiento T6 es el que produce la menor concentración de sodio promedio (0%), aun cuando no es significativamente diferente a los efectos de los tratamientos T1 y T2 (*Anexo N° 15*).

4.5.4 Concentración de potasio

En la *Tabla N° 27* se muestran los resultados de concentración porcentual de potasio en el cultivo de rúcula por cada tratamiento. En la *Fig. N° 25* se presenta la variación de concentración de potasio de acuerdo al tratamiento y la clase textural.

Tabla N° 27: Concentración de potasio

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Concentración (%)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	2,23	2,19	2,77	2,40	2,99	2,70	2,84	2,84
T2	2	1,96	1,88	2,84	2,23	0,26	1,44	1,63	1,11
T3	5	1,75	1,53	1,52	1,60	0,21	0,22	0,32	0,25
T4	9	1,36	1,92	2,08	1,79	0,16	0,28	0,22	0,22
T5	13	2,30	2,86	2,92	2,69	0,00	0,00	0,00	0,00
T6	18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

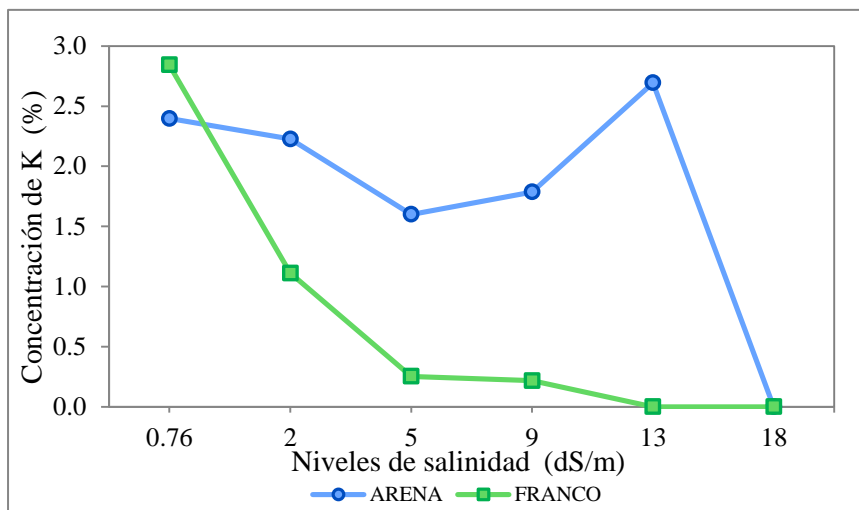


Figura N° 25: Variación de la concentración de potasio

El potasio interviene en procesos de transpiración, absorción de agua, apertura de estomas y una deficiencia de este elemento genera la disminución de la turgencia en la planta. La variación promedio del ion potasio fue diferente en cada clase textural. En el suelo arenoso tiene una tendencia irregular, presentando la mayor concentración en el tratamiento T5; mientras que en el suelo franco presenta una tendencia a disminuir conforme aumenta el nivel de salinidad del agua de riego. La concentración de este elemento debe variar entre 1% a 4% del peso seco, con lo que los tratamientos T3, T4, T5 y T6 en suelo franco presentaron una deficiencia de potasio a nivel foliar, lo que se expresó en la calidad de las hojas debido a la disminución de la turgencia, porque en un medio salino, que presenta mayor presión osmótica, causa necrosis de las hojas debido a la plasmólisis celular.

El estadístico de prueba valor de F calculado es 10,903, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, es decir el efecto de los niveles de salinidad son significativos. Por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar la concentración de potasio promedio en la planta de rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T1 es el que produce significativamente la mayor concentración del ion potasio promedio (2,62%) en las plantas de rúcula. Mientras que el efecto del tratamiento T6 es el que produce significativamente la menor concentración de potasio promedio (*Anexo N° 16*).

4.5.5 Concentración de sulfatos

En la *Tabla N° 28* se muestran los resultados de concentración porcentual de sulfatos en el cultivo de rúcula por cada tratamiento. En la *Fig. N° 26* se presenta la variación de concentración de sulfatos de acuerdo al tratamiento y la clase textural.

Tabla N° 28: Concentración de sulfatos

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Concentración (%)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	2,13	2,25	2,20	2,19	2,53	2,45	2,38	2,45
T2	2	1,85	1,77	1,61	1,75	2,03	2,13	2,11	2,09
T3	5	1,74	1,73	1,77	1,75	1,92	1,80	1,98	1,90
T4	9	1,61	1,54	1,53	1,56	2,01	2,15	2,31	2,16
T5	13	1,95	1,94	2,17	2,02	0,00	0,00	0,00	0,00
T6	18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

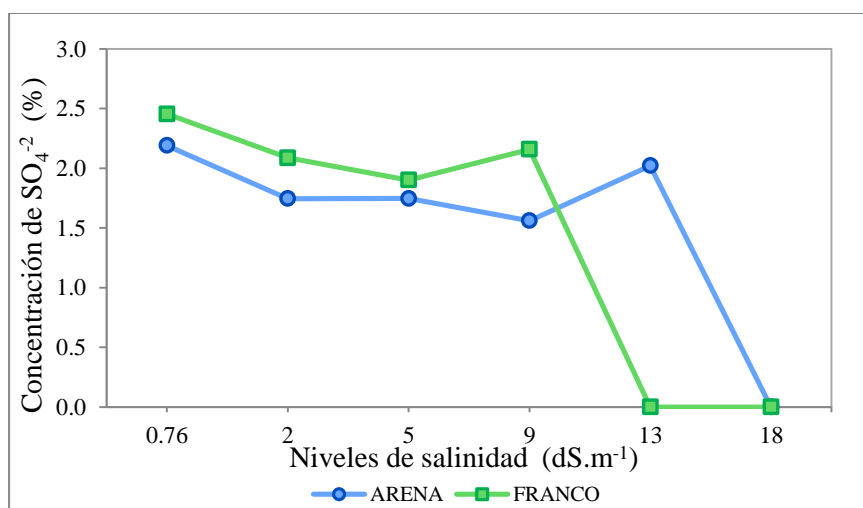


Figura N° 26: Variación de la concentración de sulfatos

La concentración de sulfatos ha sido mayor en las plantas que crecieron en suelo franco, presentando una tendencia a disminuir conforme aumentó la salinidad del agua de riego hasta el tratamiento T3; para el tratamiento T4, la concentración aumentó. De igual manera

sucede con los tejidos vegetales desarrollados en suelo arenoso, aunque presentan un menor contenido de sulfatos en comparación con los tejidos de suelo franco en todos los tratamientos. El contenido de sulfatos en la materia seca varía de 0,1% a 0,4%, además este elemento puede ser captado por la parte aérea; de acuerdo con esto todos los tratamientos presentaron un alto contenido de sulfatos. Cabe señalar que este elemento interviene en la síntesis de cistina, cisteína y metionina, así como también su exceso causa problemas que favorecen el necrosamiento de las hojas y retardo del crecimiento de las plantas, síntomas que se presentaron en la mayoría de los tratamientos.

El estadístico de prueba valor de F calculado es 17,726, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, lo que quiere decir que el efecto de los niveles de salinidad son significativos. Por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar la concentración de azufre promedio en la planta de rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T1 es el que produce significativamente la mayor concentración de azufre promedio (2,32%) en las plantas de rúcula, aun cuando no es diferente a los efectos de los tratamientos T2, T3 y T4. El efecto del tratamiento T6 es el que produce significativamente la menor concentración de sulfatos (*Anexo N° 17*).

4.5.6 Concentración de cloruros

En la *Tabla N° 29* se muestran los resultados de concentración porcentual de cloruros en el cultivo de rúcula por cada tratamiento. En la *Fig. N° 27* se presenta la variación de concentración de cloruros de acuerdo al tratamiento y la clase textural.

La absorción de cloruros en la parte foliar presentó una variación distinta para cada clase textural. En el suelo arenoso el cloro aumentó conforme la salinidad del agua de riego era mayor hasta el tratamiento T4, luego el nivel de cloruros empieza a disminuir. Con respecto al comportamiento en suelo franco la mayor absorción se presentó en el tratamiento T2, en los demás tratamientos las concentraciones decaen. De acuerdo con Azabache (2003), la concentración de cloruros debe variar entre 0,2% a 2% del peso seco y según Awad (1966)

la concentración debe estar en un rango de 0,2% a 1,8%; sin embargo, todos los tratamientos exceden este rango; además de señalar que el ion cloruro se presenta en mayor cantidad comparado con los otros iones. Los cloruros y los sulfatos son iones antagónicos, es decir que compiten por su ingreso a la planta; es así que en este caso los cloruros fueron absorbidos en mayor cantidad que los sulfatos. También se sabe que un exceso de cloruros es causante de la necrosis foliar, lo que pudo haber sido una causa más del marchitamiento de las hojas de los últimos tratamientos.

Tabla N° 29: Concentración de cloruros

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad (dS.m ⁻¹)	Concentración (%)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	2,57	2,19	2,52	2,43	1,30	2,42	3,05	2,25
T2	2	4,91	5,02	5,18	5,04	5,12	4,91	8,65	6,23
T3	5	5,49	6,05	5,62	5,72	6,02	3,40	3,99	4,47
T4	9	8,66	8,33	8,90	8,63	3,31	3,61	3,54	3,48
T5	13	3,84	5,48	4,41	4,58	0,00	0,00	0,00	0,00
T6	18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

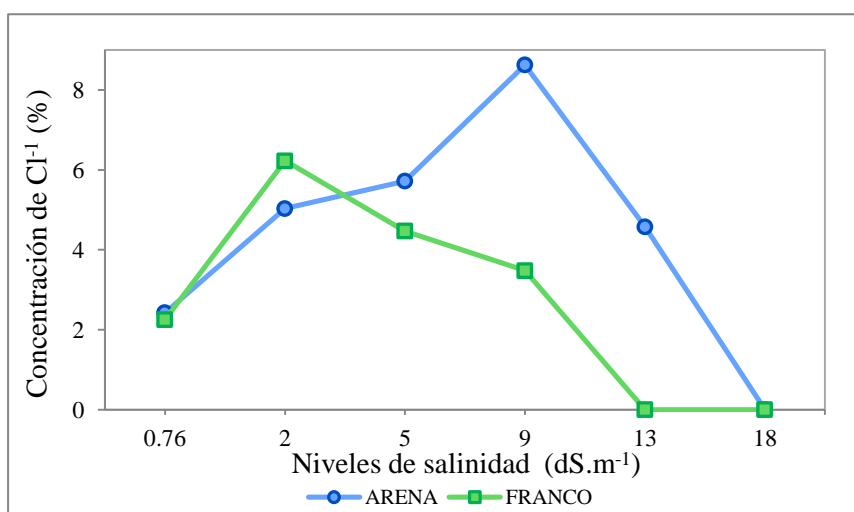


Figura N° 27: Variación de la concentración de cloruros

El estadístico de prueba valor de F calculado es 14,903, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, de ahí que el efecto de los niveles de salinidad son significativos. Por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar la concentración de cloro en la planta de rúcula. Del análisis Duncan, el efecto del tratamiento T4 es el que significativamente produce la mayor concentración de cloro promedio (6,06%) en las plantas de rúcula, aun cuando no es diferente a los efectos de los tratamientos T2 y T3. Mientras que el efecto del tratamiento T6, es el que produce significativamente la menor concentración de cloruros (Anexo N° 18).

4.5.7 Relación $\text{Na}^+/\text{Ca}^{+2}$

En la *Tabla N° 30* se muestran los resultados de la relación $\text{Na}^+/\text{Ca}^{+2}$ en el cultivo de rúcula por cada tratamiento. En la *Fig. N° 28* se presenta la variación de la relación de acuerdo al tratamiento y la clase textural.

Tabla N° 30: Relación $\text{Na}^+/\text{Ca}^{+2}$

Clave de tratamiento	Niveles de salinidad ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)	Concentración (%)							
		Arenoso				Franco			
		Repeticiones			Prom.	Repeticiones			Prom.
		I	II	III		I	II	III	
T1	0,76	0,11	0,10	0,11	0,11	0,39	0,07	0,06	0,17
T2	2	0,09	0,25	0,18	0,18	0,07	0,32	0,46	0,28
T3	5	0,15	0,58	0,49	0,40	0,21	0,22	0,42	0,28
T4	9	0,80	1,11	1,13	1,02	0,36	0,79	0,53	0,56
T5	13	1,46	0,77	0,77	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T6	18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

La relación catiónica $\text{Na}^+/\text{Ca}^{+2}$ en las hojas del cultivo varió con cada clase textural de suelo. El suelo arenoso muestra una correspondencia variable, presentando su mayor valor para el tratamiento T4. En el suelo franco se muestra una tendencia en la cual la relación

catiónica es mayor conforme aumenta el nivel de salinidad de agua de riego hasta el tratamiento T4. La alta proporción foliar $\text{Na}^+/\text{Ca}^{+2}$ a partir del tratamiento T4 afectó en el desarrollo del cultivo ya que estas plantas presentaron clorosis foliar y posterior muerte del tejido vegetal.

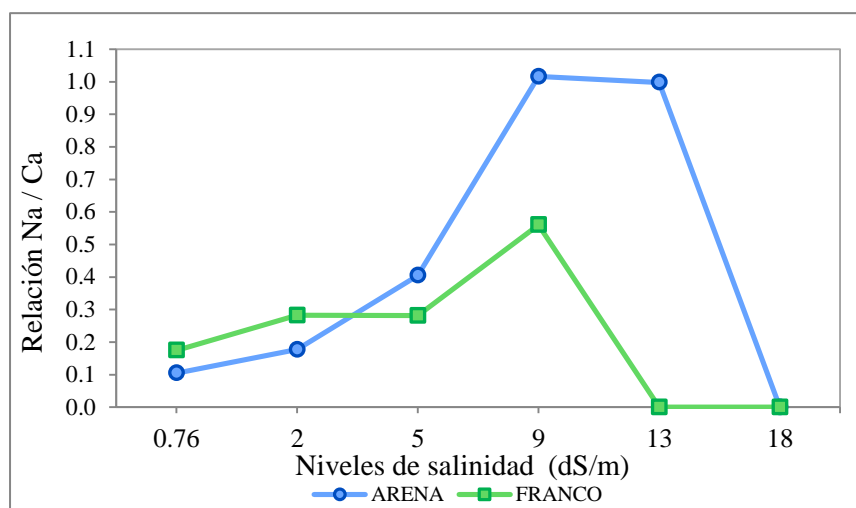


Figura N° 28: Variación de la relación $\text{Na}^{+1} / \text{Ca}^{+2}$

El estadístico de prueba valor de F calculado es 2,454, el valor F de tabla para un nivel de significación del 5% es 2,55, por lo tanto el efecto de los niveles de salinidad no son significativos. Por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, no existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación del 5% que al menos uno de los niveles de salinidad del agua de riego difiere del resto al analizar la relación $\text{Na}^+/\text{Ca}^{+2}$ promedio en la planta de rúcula (*Anexo N° 19*). Debido que el análisis de varianza no resultó significativo no se puede aplicar la prueba Duncan; por ello se realizó un análisis descriptivo.

Se observó que el nivel mediano de la relación $\text{Na}^+/\text{Ca}^{+2}$ difiere en gran medida en los niveles de salinidad, como también se visualiza que la dispersión no presenta un comportamiento homogéneo en los niveles de salinidad, siendo la dispersión una cantidad nula en el nivel $18 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, debido a que la relación $\text{Na}^+/\text{Ca}^{+2}$ es nula en dicho nivel de salinidad. Además se aprecia que la media de la relación alcanza su mayor valor en el nivel de salinidad $9 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (*Anexo N° 19*).

4.6 VARIACIÓN DE LOS NIVELES DE SALINIDAD EN EL SUELO

Durante la investigación se apreció que la conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEe) presentó cambios notorios, lo que no ocurrió con los valores de pH.

En la *Tabla N° 31* se muestran los resultados de la CEe para cada clase textural de suelo, a inicios, mediados y final del experimento.

Tabla N° 31: CEe durante el experimento

Clave de tratamiento	CE del agua de riego (dS.m ⁻¹)	CEe (dS.m ⁻¹) durante el experimento					
		Inicios		Mediados		Final	
		Arena	Franco	Arena	Franco	Arena	Franco
T1	0,76	0,89	0,94	1,70	1,84	2,47	3,67
T2	2	0,89	0,94	2,85	3,32	5,92	6,14
T3	5	0,89	0,94	7,89	7,88	8,83	10,90
T4	9	0,89	0,94	14,78	12,63	21,90	22,08
T5	13	0,89	0,94	16,49	21,00	25,29	25,53
T6	18	0,89	0,94	27,54	23,27	35,96	30,43

4.6.1 Niveles de salinidad del suelo a la mitad del experimento

En la *Fig. N° 29* se puede ver la variación de la CEe a mediados del experimento de acuerdo al tratamiento y clase textural de suelo.

Comparando los resultados obtenidos a la mitad del experimento con los iniciales, se observa un incremento del nivel de sales en el suelo conforme aumenta la salinidad del agua de riego y las cantidades acumuladas varían con la textura. Los valores más bajos se presentan para los tratamientos T1 y T2, donde se obtuvieron mejores resultados de parámetros medidos después de la cosecha. Los niveles de salinidad del suelo de los últimos tratamientos fueron bastante altos, lo que está en relación con la clorosis de las hojas debido a una concentración excesiva de sales en la solución del suelo, ya que la dirección del agua en el suelo va de menor a mayor concentración salina para equilibrar el medio, lo cual implica que el agua salió de la planta generando un estrés hídrico.

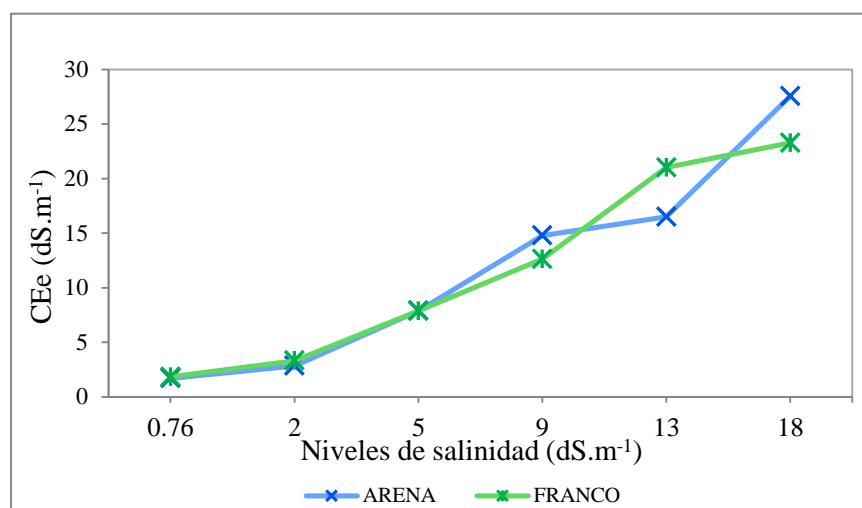


Figura N° 29: CEE a mitad del experimento

4.6.2 Niveles de salinidad del suelo al final del experimento

En la Fig. N° 30 se presenta la variación de la CEE al final del experimento de acuerdo al tratamiento y clase textural de suelo.

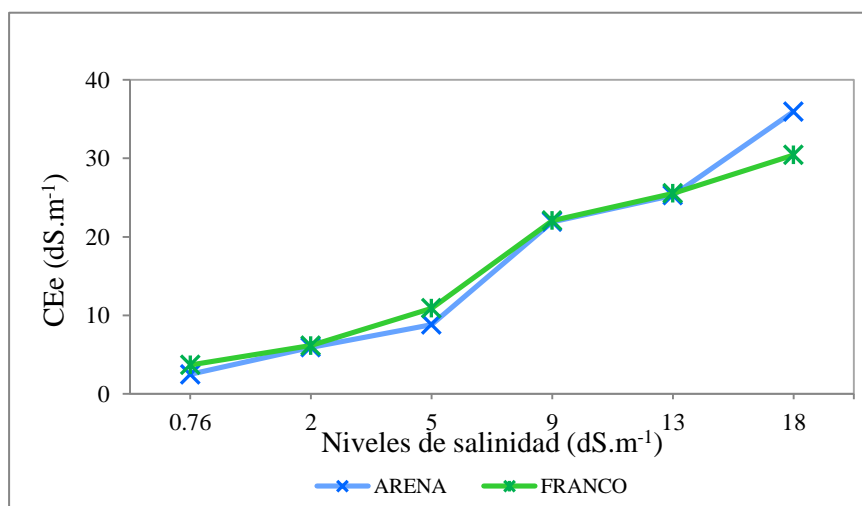


Figura N° 30: CEE al final del experimento

Las CEE en la etapa final de la investigación fueron mayores en comparación con las que se midieron a la mitad de la ejecución del experimento. Los tratamientos a los que se regaron con una mayor concentración salina acumularon mayor cantidad de sales, estas no se perdieron por percolación debido a que se aplicó frecuentes riegos para mantener los suelos

a capacidad de campo, con lo cual las sales solubles estuvieron presentes en la solución del suelo no pudiendo ser tomadas por las plantas debido a la presión osmótica que aumenta directamente con la concentración salina.

En un inicio las plántulas trasplantadas no murieron pero si empezaron a presentar síntomas fisiológicos de un exceso de sales en el agua de riego. A mitad del tiempo de ejecución del experimento las hojas presentaron clorosis, baja producción de clorofila que hace que las hojas se tornen de color amarillento, pero ya a finales de la investigación se observó que la clorosis afectó toda la superficie foliar conllevando a un marchitamiento del cultivo que también tuvo causas en la acumulación de iones tóxicos en sus tejidos. Las sales ejercen una presión osmótica mayor en relación directa con las sales del suelo, lo cual afecta la absorción de agua por las plantas.

4.7 RELACION ENTRE LAS VARIABLES Y LOS NIVELES DE SALINIDAD DEL EXTRACTO DE SATURACIÓN DEL SUELO

Se halló la relación entre las variables mencionadas, teniendo en cuenta que la conductividad eléctrica del suelo que se usó fue la que se obtuvo al final del experimento. En los resultados se muestra el valor de R^2 , que expresa la correlación asociada con las variables.

4.7.1 Suelo de textura arenosa

Los suelos de textura arenosa presentan buena capacidad de aireación, una alta permeabilidad y una baja capacidad de retención de agua, en muchos casos llamados suelos livianos debido a su rápida percolación de agua y los tamaños grandes que presentan las partículas del suelo. Según los resultados de laboratorio, el suelo arenoso usado en el experimento presentó condiciones ligeramente salinas y un pH ligeramente básico al inicio del experimento. La C_{Ee} muestra que al final del experimento los niveles de sales aumentaron significativamente en el suelo, lo cual tuvo influencias en el desarrollo del cultivo.

Se determinó que el peso fresco total aumenta hasta el tratamiento T2 (*Fig. N° 31*), donde la conductividad eléctrica del agua salina es $2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, y en adelante el peso empieza a disminuir hasta tomar el valor de cero. Esto lo hacen de manera muy parecida a una línea de tendencia polinómica de segundo grado, donde el valor de R^2 es de 0,9916 lo que significa que el 99,16 % de la variabilidad del peso fresco promedio está asociada con la variabilidad de la CEe. Como se ha indicado, cuando existe una mayor concentración de sales en el medio, el agua sale de la planta para tratar de equilibrar la salinidad de la solución causando una sequía fisiológica en el cultivo.

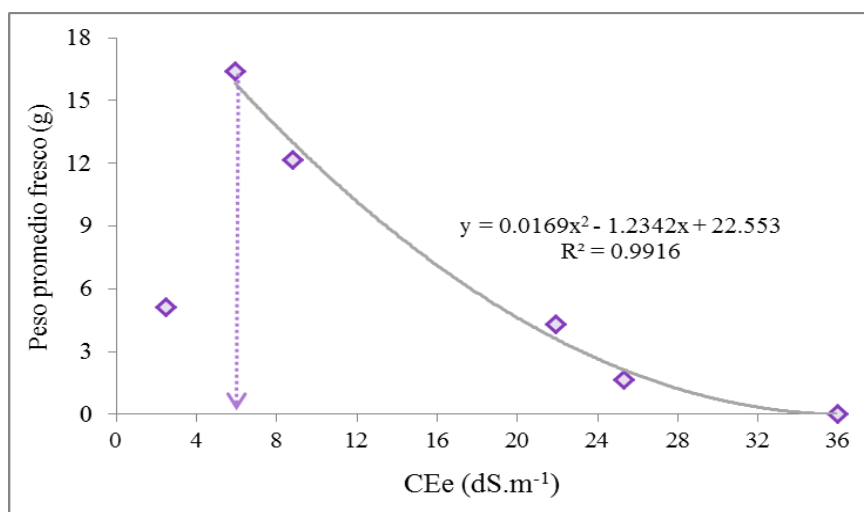


Figura N° 31: *Peso fresco vs CEe*

Al igual que el peso fresco, el peso seco presentó su mayor valor para el tratamiento T2 y a partir de este punto los valores empiezan a disminuir (*Fig. N° 32*). El comportamiento de la línea de tendencia se ajusta a una ecuación polinómica de segundo grado donde el valor de R^2 es de 0,9189 lo que significa que el 91,89 % de la variabilidad del peso seco promedio está asociada con la variabilidad de la CEe, mostrando una alta correlación entre las variables. El peso seco fue bastante menor en comparación con el peso fresco, lo que indica que la planta retuvo agua y disminuyó la transpiración debido a las condiciones del medio salino.

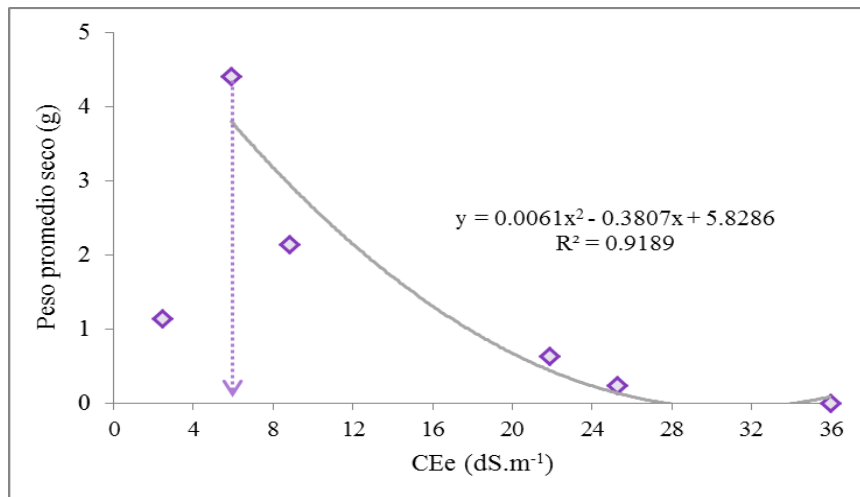


Figura N° 32: Peso seco vs CEE

La máxima altura promedio de las plantas fue para el tratamiento T2, donde el agua de riego tenía una conductividad eléctrica de 2 dS.m⁻¹, después los pesos empiezan a decrecer hasta llegar a cero en el último tratamiento (*Fig. N° 33*). La línea de tendencia que se ajusta a los datos tiene una ecuación polinómica de segundo grado, donde el valor de R2 es de 0,8312 lo que significa que el 83,12 % de la variabilidad del tamaño promedio está asociada con la variabilidad de la CEE, lo que indica una alta relación entre las variables. El desarrollo del cultivo estuvo muy influenciado por la acumulación de cationes en los tejidos como se ha explicado anteriormente.

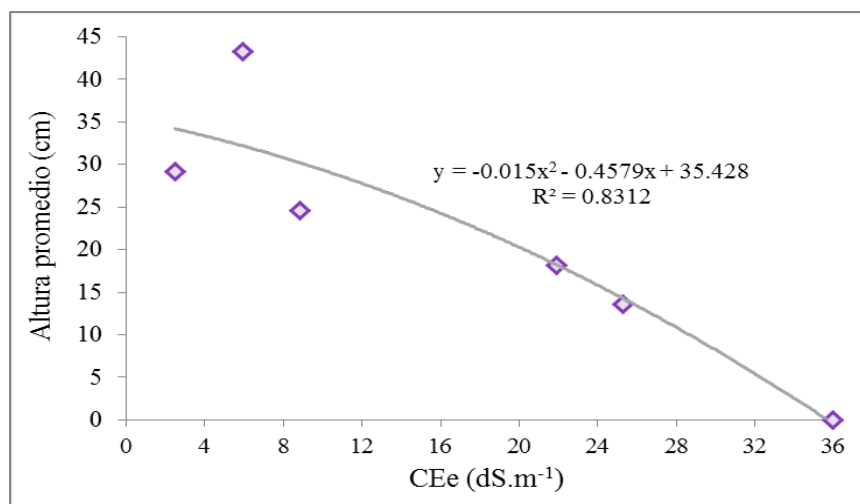


Figura N° 33: Longitud vs CEE

4.7.2 Suelo de textura franca

Los suelos de textura franca ofrecen las condiciones adecuadas para el desarrollo de cualquier cultivo ya que presentan una estructura que favorece los procesos biológicos, fisiológicos y químicos del suelo. Al igual que el suelo arenoso, presentó condiciones ligeramente salinas y un pH ligeramente básico al inicio del experimento; la salinidad del suelo aumentó al final de la investigación debido al riego con agua salina, lo que se tradujo en consecuencias fisiológicas en la planta.

La tendencia del peso fresco es disminuir conforme aumenta la salinidad del agua de riego a partir del tratamiento T2, donde presentó su mayor valor (*Fig. N° 34*). La ecuación polinómica de tercer grado es la que mejor se ajusta a los datos, donde el valor de R^2 es de 0,9363 lo que significa que el 93,63 % de la variabilidad del peso fresco promedio está asociada con la variabilidad de la CEE, la correlación entre las variables es alta lo que indica que a mayor contenido de sales en el suelo, menor será el peso de las plantas.

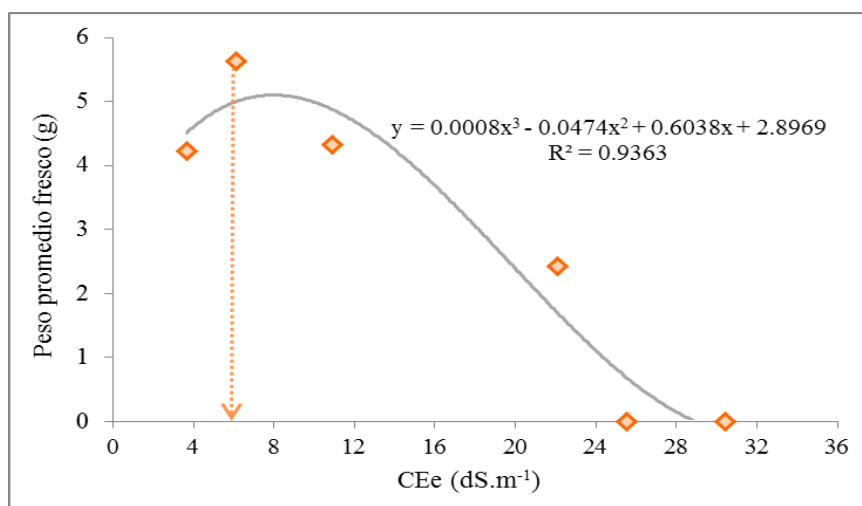


Figura N° 34: *Peso fresco vs CEE*

El mayor peso seco se presentó en el tratamiento T2, luego los pesos promedios de la materia seca empiezan a decrecer (*Fig. N° 35*). La línea de tendencia que mejor se ajusta a los datos obedece a una ecuación polinomial de segundo grado, donde el valor de R^2 es de 0,9289, lo que significa que el 92,89 % de la variabilidad del peso seco está asociada con la variabilidad de la CEE, significando una alta correlación entre las variables.

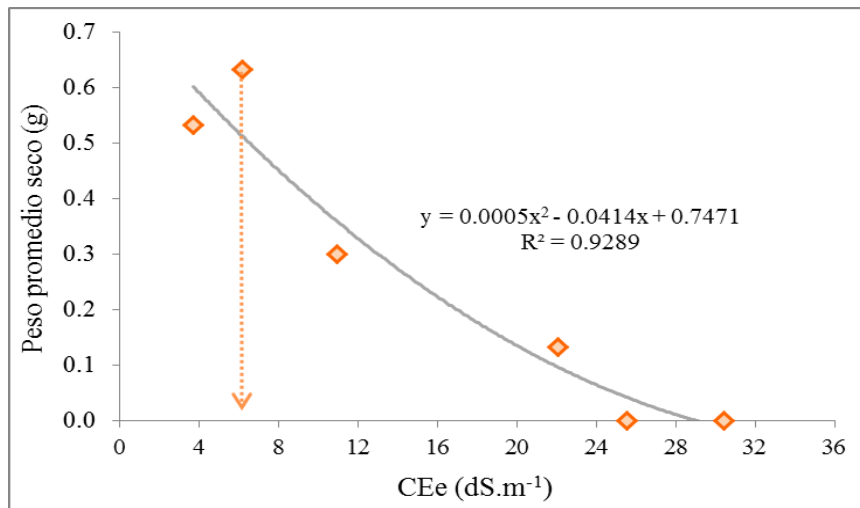


Figura N° 35: Peso seco vs CEE

La longitud promedio aumenta desde el tratamiento T1 hasta el tratamiento T2 en donde presenta su máximo valor, a partir de este punto las alturas empiezan a disminuir hasta llegar a cero, donde se presentaron los casos de marchitamiento en los cultivos (*Fig. N° 36*). Los datos obtenidos se ajustan a una línea de tendencia que tiene una ecuación polinomial de tercer grado donde se obtuvo un valor de R^2 igual a 0,8268, que significa que el 82,68 % de la variabilidad del tamaño está asociado con la variabilidad de la CEE. La correlación entre las variables es alta indicando que a mayor contenido de sales solubles en el suelo menor será el tamaño de la planta.

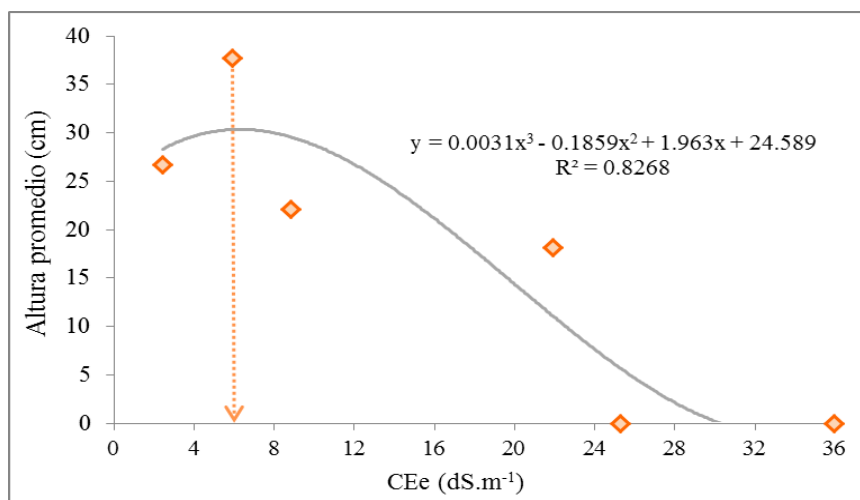


Figura N° 36: Longitud vs CEE

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La salinidad del agua de riego afectó el desarrollo del cultivo de rúcula. En cuanto al peso fresco, aumentó desde el tratamiento T1 hasta el tratamiento T2 y en adelante los pesos empiezan a disminuir. Los tratamientos T5 y T6 desarrollaron clorosis foliar en una primera etapa y hacia el final de la investigación los tejidos presentaron necrosis debido a la alta salinidad del agua de riego.
- El peso seco del cultivo de rúcula presentó una disminución a partir de la salinidad 2 dS.m^{-1} del agua de riego; al igual la altura de la planta, esta variable alcanzó sus más altos valores para el tratamiento T2 en ambas clases texturales.
- El contenido de humedad fue mayor en las plantas desarrolladas en suelo franco, concluyendo que la transpiración fue menor en los tratamientos desarrollados en este suelo como mecanismo frente a la salinidad que presentaba el medio.
- El único tratamiento que completó su ciclo fenológico fue el T2 en suelo arenoso, lo que indica que la textura del suelo afectó el desarrollo del cultivo. En un suelo franco el desarrollo de la rúcula requiere mayor tiempo para llegar a la etapa de cosecha, mientras que en un suelo arenoso la cosecha es más pronta además de presentar un mejor rendimiento en comparación con los resultados obtenidos de las plantas desarrolladas en suelo franco.
- El porcentaje de absorción de cationes fue distinto para cada tratamiento. La concentración de los iones calcio y sodio estuvieron dentro de los rangos señalados para estos iones. El ion potasio presentó insuficiente concentración en el suelo de textura franca a partir del tratamiento T3. La concentración del ion magnesio es muy baja, todos los tratamientos presentaron deficiencia de este elemento; se concluye que este elemento fue desplazado por el sodio en la absorción radicular ya que son elementos antagónicos.

- Los iones sulfato y cloruro presentaron una alta concentración foliar, muy por encima del rango estipulado para estos iones. Como consecuencia las plantas sufrieron una intoxicación, el primer síntoma fue la clorosis foliar y debido al riego continuo con agua salina se produjo la necrosis de los tejidos.
- Todos los parámetros hallados después de la cosecha permiten concluir que la tolerancia a la salinidad del cultivo de rúcula es menos de $5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ en el agua de riego.

5.2 RECOMENDACIONES

- Continuar con las investigaciones en el cultivo de rúcula, probando intervalos más cortos de niveles de salinidad del agua riego hasta un máximo de $5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$.
- Realizar el experimento con sistemas de riego presurizados en campo para determinar la relación que tendría con el desarrollo del cultivo.
- Aplicar una dosis correcta de fertilización para corregir los niveles deficientes de algunos iones, así como para prevenir la excesiva concentración foliar de otros elementos.
- Usar otro tipo de sales en la etapa experimental, para determinar la variación del comportamiento del cultivo.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Allison, L. 1959. Salinity in relation to irrigation. s.n.t. 139-180 p.
- Awad, M. 1966. Las plantas en los suelos salinos y alcalinos. Actas del Simposio sobre salinidad. IICA- Dirección regional para la Zona Andina. La Molina, PE. 191 p.
- Ayers, R. y Westcot, D. 1985. Water quality. Roma, IT. 97 p. Publication FAO N° 29
- Azabache L, A. 2003. Fertilidad de suelos: para una agricultura sostenible. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, PE. s.n.t. 26-61, 132-167 p.
- Bendezú D, LF. 1999. Efecto de niveles de salinidad del agua de riego y su correlación en el desarrollo y nutrición mineral de algunos cultivares de papa. Tesis Ingeniero Agrícola. La Molina, PE. UNALM. 16-22 p.
- Black, CA. 1975. Relaciones suelo-planta. Hemisferio sur. Buenos Aires – AR. Tomo 1, 65-83 p.
- Casas, A. 1990. Influencias de tres niveles de salinidad en el agua de riego en el tomate cultivado en pozas de arena y utilizando riego por goteo y con fertilización incorporada. Tesis Ingeniero Agrícola. La Molina, PE. UNALM. 82 p.
- Clavero, T. y Razz, R. 2002. Efecto de la salinidad en el crecimiento de *Gliricidia sepium*. Revista Científica Vol. XII-Suplemento 2, Octubre, 517-518 p.
- Cornejo T, A. 1967. Clasificación de los suelos salinos. La Molina, PE. s.n.t. 1-4, 9-12, 33-35 p.
- Cramer, G.R. 1992. Responses of a Na-excluding cultivar and Na-including cultivar to varying Na/Ca salinities. Journal of experimental botany. 857 – 864 p.
- Cruz-Romero, G. 1983. Tolerancia de las plantas a la salinidad. En: Reunión Inter. Suelos afectados por sales en América Latina. Maracay, Octubre 1983. 17 p.

- De Wolf, G.P., J. Wilson, T.E. Eltzroth, K.D. Widin. 1987. Taylor's guide to vegetables and herbs. Houghton Mifflin. U.S.A. 479 p.
- Domínguez, V.A. 1984. Tratado de fertilización. Mundi-Prensa. Madrid. 613 p.
- FAO. 1976. Water quality for agriculture. Irrigation and drainage paper. Roma, IT. 29: 3-12 p.
- FAO. 2010. Principales hortalizas de hoja. Buenos Aires, AR. s.n.t. 521-529 p.
- Fuentes, Y.J. 2003. Técnicas de riego. Mundi-Prensa. Madrid. 613 p.
- García O, A. 2003. Manejo de suelos salinos: características, propiedades y manejo. Lima. Corporación Misti S.A. 21-33 p.
- Goicochea R, J. 2012. Ingeniería de drenaje. La Molina, PE. EDIAGRARIA. 155 – 187 p.
- Grenway, M. y Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in halophytes. Anual Review plant physiology. 149-190 p.
- Hoffman, T. y Jobes, A. 1977. Growth and water relations of cereal crops as influenced by salinity and relative humidity. Agronomy Jour. 765-769 p.
- Hurrel, J.; Ulibarri, E.; Delucchi, G. y Pochettino, M. 2008. Biota Rioplatense XIII: Plantas aromáticas condimenticias. s.l. LOLA. 267 p.
- Hurtado L, L. 2003. Manejo y conservación del suelo: Fundamentos y Prácticas. 2 ed. Lima, PE. s.n.t. 221-233, 347-350, 354-366 p.
- Lesmes, R., Molano, A., Miranda, D. y Chaves, B. 2007. Evaluación de concentraciones de sal (NaCl) en el agua de riego sobre el crecimiento de lechuga 'Batavia' (*Lactuca sativa* L.). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. Vol. 1 – N°2 - 222-235 p.

- Lowell E, A. 1966. La salinidad y su relación con el riego. Academic Press Inc. New York, US. s.n.t. 7-23 p.
- Mieri, A. y Poljakoff-Mayber, A. 1970. Effect of various salinity regimes on growth, leaf expansion and transpiration rate of vean plants. Soil sci. 26 – 34 p.
- Mizrahi, Y.; Taleisnik, E.; Kagan-Zur, V.; Zohar, Y.; Offembach, R.; Matan, E.; Golan, R. 1988. A saline irrigation regime for improving tomato quality without reducing yield. US. 202-205 p.
- Moya L, E.E. 2012. Evaluación de la salinidad del agua de riego en el desarrollo y nutrición del maíz bajo diferentes niveles de fertilización. Tesis Ingeniero Agrónomo. La Molina, PE. UNALM. 6-13 p.
- ONERN. 1966. Segunda aproximación sobre inventario de estudios de suelos. Lima, PE. s.n.t. 44-46 p.
- Paliwall, M.; Granados, G.; Lafitte, H. y Vioch, A. 2001. Respuestas fenotípicas de híbridos y variedades de maíz (*Zea Mays L.*) al estrés salino y toxicidad de boro bajo condiciones de laboratorio y campo. IDESIA. 22 (2): 11-28 p.
- 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. La Molina, PE. UNALM. 23-50 p.
- Phillips, R. & Martín, R. 1995. Vegetables. The Garden Plant Series. Pan Macmillan. London 269 p.
- Pino, M. 2012. El cultivo de rúcula (en línea). Contacto Rural N° 1. Consultado 10 de Ene 2015. Disponible en:

http://www.agro.unlp.edu.ar/sites/default/files/paginas/contacto_rural_1_21012.pdf
- Resh, H. 1987. Cultivos hidropónicos. Mundi-Prensa. 2° Ed. Madrid, ES. 93-94 p.

- Salaverry F, M.A. 2014. Efecto de veinte niveles de salinidad del agua de riego en los indicadores agronómicos del cultivo de acelga en la cosecha. Tesis Ingeniería Agrícola. La Molina, PE. UNALM. 66-68 p
- Schwarz, M. 1968. Guide to commercial hydroponics. 4° Ed. Jerusalem, IL. Israel Universities Press. 136 p.
- USDA. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agr. Handbook N° 60. L.A RICHARDS. Washington, US. 124-160 p.
- USLS. 1972. Sobre la utilización de la clasificación de agua de riego. GEOGACETA. 5: 111-115 p.
- Zayed, A. 1987. The influence of sodium and chloride on the ion uptake and yield of tomatoes and lettuces grow in hydroponics. Tesis Ph. D. Londres, UK. University of London. 248 p.

ANEXOS

INDICE DE ANEXOS

Anexo N° 01: Análisis estadístico del Peso fresco total.....	76
Anexo N° 02: Análisis estadístico del Peso fresco aéreo	77
Anexo N° 03: Análisis estadístico del Peso fresco radicular.....	78
Anexo N° 04: Análisis estadístico del Peso seco total.....	79
Anexo N° 05: Análisis estadístico del Peso seco aéreo	80
Anexo N° 06: Análisis estadístico del Peso seco radicular	81
Anexo N° 07: Análisis estadístico de la Longitud total.....	82
Anexo N° 08: Análisis estadístico de la Longitud aérea	83
Anexo N° 09: Análisis de la Longitud radicular.....	84
Anexo N° 10: Análisis estadístico del Contenido de humedad total	85
Anexo N° 11: Análisis estadístico del Contenido de humedad de la parte aérea	86
Anexo N° 12: Análisis estadístico del Contenido de humedad de la parte radicular	87
Anexo N° 13: Análisis estadístico de la Concentración de calcio.....	88
Anexo N° 14: Análisis estadístico de la Concentración de magnesio	89
Anexo N° 15: Análisis estadístico de la Concentración de sodio.....	90
Anexo N° 16: Análisis estadístico de la Concentración de potasio.....	91
Anexo N° 17: Análisis estadístico de la Concentración de sulfatos	92
Anexo N° 18: Análisis estadístico de la Concentración de cloruros	93
Anexo N° 19: Análisis estadístico de la Relación $\text{Na}^{+1}/\text{Ca}^{+2}$	94

Anexo N° 01: Análisis estadístico del Peso fresco total

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6 \quad \alpha = 0.05$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i$$

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Peso total fresco

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	680,683 ^a	6	113,447	22,718	0,000
Intersección Tratamiento	793,361	1	793,361	158,874	0,000
Bloque	547,666	5	109,533	21,935	0,000
Error	133,018	1	133,018	26,637	0,000
Total	144,816	29	4,994		
Total corregida	1618,860	36			
	825,499	35			

a. R cuadrado = 0,825 (R cuadrado corregida = 0,788)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	5
6	6	0,0000				
5	6	0,8333	0,8333			
4	6		3,3833	3,3833		
1	6			4,6833		
3	6				8,2500	
2	6					11,0167
Sig.		0,523	0,058	0,322	1,000	1,000

El término de error es la media cuadrática (Error) = 4,994.

Duncan^{a,b}

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 02: Análisis estadístico del Peso fresco aéreo

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6 \quad \alpha = 0.05$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i$$

Pruebas de los efectos inter-sujetos
Variable dependiente: Peso fresco aéreo

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	542,119 ^a	6	90,353	19,166	0,000
Intersección Tratamiento	596,988	1	596,988	126,635	0,000
Bloque	412,159	5	82,432	17,486	0,000
Error	129,960	1	129,960	27,567	0,000
Total	136,713	29	4,714		
Total corregida	1275,820	36			
	678,832	35			

a. R cuadrado = 0,799 (R cuadrado corregida = 0,757)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
6	6	0,0000			
5	6	0,7167	0,7167		
4	6		3,0500	3,0500	
1	6			3,8333	
3	6				7,4167
2	6				9,4167
Sig.		0,572	0,073	0,537	0,121

El término de error es la media cuadrática (Error) = 4,714.

Duncan^{a,b}

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 03: Análisis estadístico del Peso fresco radicular

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6 \quad \alpha = 0.05$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i$$

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Peso fresco radicular

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	10,690 ^a	6	1,782	74,641	0,000
Intersección Tratamiento	13,938	1	13,938	583,910	0,000
Bloque	10,672	5	2,134	89,421	0,000
Error	,018	1	0,018	0,745	0,395
Total	,692	29	0,024		
Total corregida	25,320	36			
	11,382	35			

a. R cuadrado = 0,939 (R cuadrado corregida = 0,927)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
6	6	0,0000			
5	6	0,1167			
4	6		0,3333		
3	6			0,8333	
1	6			0,8500	
2	6				1,6000
Sig.		0,201	1,000	0,853	1,000

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,024.

Duncan^{a,b}

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 04: Análisis estadístico del Peso seco total

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6 \quad \alpha = 0.05$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i$$

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Peso seco total

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	38,360 ^a	6	6,393	11,610	0,000
Intersección	25,671	1	25,671	46,620	0,000
Tratamiento	26,342	5	5,268	9,568	0,000
Bloque	12,018	1	12,018	21,825	0,000
Error	15,969	29	0,551		
Total	80,000	36			
Total corregida	54,329	35			

a. R cuadrado = 0,706 (R cuadrado corregida = 0,645)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
6	6	0,0000		
5	6	0,1167		
4	6	0,3833	0,3833	
1	6	0,8333	0,8333	
3	6		1,2167	
2	6			2,5167
Sig.		0,084	0,075	1,000

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,551.

Duncan^{a,b}

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 05: Análisis estadístico del Peso seco aéreo

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6 \quad \alpha = 0.05$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i$$

Pruebas de los efectos inter-sujetos
Variable dependiente: Peso seco aéreo

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	32,996 ^a	6	5,499	10,230	0,000
Intersección Tratamiento	21,329	1	21,329	39,678	0,000
Bloque	22,073	5	4,415	8,212	0,000
Error	10,923	1	10,923	20,320	0,000
Total	15,589	29	0,538		
Total corregida	69,914	36			
	48,585	35			

a. R cuadrado = 0,679 (R cuadrado corregida = 0,613)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
6	6	0,0000		
5	6	0,1050		
4	6	0,3483	0,3483	
1	6	0,7533	0,7533	
3	6		1,1083	
2	6			2,3033
Sig.		0,113	0,099	1,000

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,538.

Duncan^{a,b}

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 06: Análisis estadístico del Peso seco radicular

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i \quad \alpha = 0.05$$

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Peso seco radicular

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,215 ^a	6	0,036	52,757	0,000
Intersección Tratamiento	,201	1	0,201	295,684	0,000
Bloque Error	,189	5	0,038	55,619	0,000
Total	,026	1	0,026	38,447	0,000
Total corregida	,020	29	0,001		
	,436	36			
	,235	35			

a. R cuadrado = 0,916 (R cuadrado corregida = 0,899)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
6	6	0,0000			
5	6	0,0117	0,0117		
4	6		0,0350		
1	6			0,0800	
- 3	6			0,1083	
2	6				0,2133
Sig.		0,445	0,132	0,070	1,000

Duncan^{a,b}

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,001.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 07: Análisis estadístico de la Longitud total

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6 \quad \alpha = 0.05$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i$$

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Longitud Total

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	6559,967 ^a	6	1093,328	153,202	0,000
Intersección Tratamiento	13603,334	1	13603,334	1906,160	0,000
Bloque	6414,362	5	1282,872	179,762	0,000
Error	145,604	1	145,604	20,403	0,000
Total	206,959	29	7,137		
Total corregida	20370,260	36			
	6766,926	35			

a. R cuadrado = 0,969 (R cuadrado corregida = 0,963)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto					
		1	2	3	4	5	6
6	6	0,0000					
5	6		6,8000				
4	6			18,1500			
3	6				23,3000		
1	6					27,8833	
2	6						40,5000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

El término de error es la media cuadrática (Error) = 7,137.

Duncan^{a,b}

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 08: Análisis estadístico de la Longitud aérea

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i \quad \alpha = 0.05$$

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Longitud aérea

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1612,662 ^a	6	268,777	99,477	0,000
Intersección	1928,674	1	1928,674	713,825	0,000
Tratamiento	1514,981	5	302,996	112,142	0,000
Bloque	97,680	1	97,680	36,153	0,000
Error	78,355	29	2,702		
Total	3619,690	36			
Total corregida	1691,016	35			

a. R cuadrado = 0,954 (R cuadrado corregida = 0,944)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
6	6	0,0000			
5	6	1,7833			
4	6		4,8000		
3	6		5,6667		
1	6			13,1667	
2	6				18,5000
Sig.		0,070	0,369	1,000	1,000

El término de error es la media cuadrática (Error) = 2,702.

Duncan^{a,b}

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 09: Análisis de la Longitud radicular

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i \quad \alpha = 0.05$$

Pruebas de los efectos inter-sujetos
Variable dependiente: Longitud radicular

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	643,843 ^a	6	107,307	111,679	0,000
Intersección Tratamiento	7682,523	1	7682,523	7995,527	0,000
Bloque	619,996	5	123,999	129,051	0,000
Error	23,847	1	23,847	24,819	0,000
Total	27,865	29	0,961		
Total corregida	8354,230	36			
	671,708	35			

a. R cuadrado = 0,959 (R cuadrado corregida = 0,950)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto					
		1	2	3	4	5	6
6	6	9,2000					
5	6		11,2333				
4	6			13,3500			
1	6				14,7167		
3	6					17,1500	
2	6						22,0000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,961.

Duncan^{a,b}

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 10: Análisis estadístico del Contenido de humedad total

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6 \quad \alpha = 0.05$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i$$

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Contenido de humedad total

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	38881,873 ^a	6	6480,312	16,199	0,000
Intersección Tratamiento	147720,860	1	147720,860	369,266	0,000
Bloque	38461,817	5	7692,363	19,229	0,000
Error	420,057	1	420,057	1,050	0,314
Total	11601,135	29	400,039		
Total corregida	198203,869	36			
	50483,008	35			

a. R cuadrado = 0,770 (R cuadrado corregida = 0,723)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
6	6	0,0000		
5	6		43,0150	
2	6			80,9396
1	6			82,6653
3	6			87,7831
4	6			89,9418
Sig.		1,000	1,000	0,485

El término de error es la media cuadrática (Error) = 400,706.

Duncan^{a,b}

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 11: Análisis estadístico del Contenido de humedad de la parte aérea

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i \quad \alpha = 0.05$$

Contenido de humedad de la parte aérea

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Contenido de humedad de la parte aérea

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	38506,594 ^a	6	6417,766	16,202	0,000
Intersección	145812,734	1	145812,734	368,123	0,000
Tratamiento	38079,914	5	7615,983	19,228	0,000
Bloque	426,680	1	426,680	1,077	0,308
Error	11486,849	29	396,098		
Total	195806,177	36			
Total corregida	49993,443	35			

a. R cuadrado = 0,770 (R cuadrado corregida = 0,723)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
6	6	0,0000		
5	6		42,7103	
2	6			80,4028
1	6			80,9795
3	6			87,7192
4	6			90,0426
Sig.		1,000	1,000	0,453

El término de error es la media cuadrática (Error) = 397,118.

Duncan^{a,b}

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 12: Análisis estadístico del Contenido de humedad de la parte radicular

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6 \quad \alpha = 0.05$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i$$

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Contenido de humedad de la parte radicular

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	41229,011 ^a	6	6871,502	16,519	0,000
Intersección Tratamiento	157653,494	1	157653,494	378,995	0,000
Bloque	40542,518	5	8108,504	19,493	0,000
Error	686,494	1	686,494	1,650	0,209
Total	12063,364	29	415,978		
Total corregida	210945,869	36			
	53292,375	35			

a. R cuadrado = 0,774 (R cuadrado corregida = 0,727)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
6	6	0,0000		
5	6		44,7806	
2	6			86,7005
3	6			88,2036
1	6			88,3572
4	6			89,0142
Sig.		1,000	1,000	0,860

El término de error es la media cuadrática (Error) = 415,978.

Duncan^{a,b}

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 13: Análisis estadístico de la Concentración de calcio

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i \quad \alpha = 0.05$$

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Concentración de calcio

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	72,365 ^a	6	12,061	23,884	0,000
Intersección	241,647	1	241,647	478,527	0,000
Tratamiento	69,492	5	13,898	27,523	0,000
Bloque	2,873	1	2,873	5,689	0,024
Error	14,644	29	0,505		
Total	328,657	36			
Total corregida	87,009	35			

a. R cuadrado = 0,832 (R cuadrado corregida = 0,797)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
6	6	0,0000		
5	6		1,5267	
3	6			3,1750
4	6			3,2333
2	6			3,6733
1	6			3,9367
Sig.		1,000	1,000	0,099

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,505.

Duncan^{a,b}

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 14: Análisis estadístico de la Concentración de magnesio

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i \quad \alpha = 0.05$$

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Concentración de magnesio

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1,174 ^a	6	0,196	30,959	0,000
Intersección	3,654	1	3,654	578,412	0,000
Tratamiento	1,040	5	0,208	32,933	0,000
Bloque	0,133	1	0,133	21,086	0,000
Error	0,183	29	0,006		
Total	5,011	36			
Total corregida	1,357	35			

a. R cuadrado = 0,865 (R cuadrado corregida = 0,837)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
6	6	0,0000		
5	6		0,1900	
3	6			0,3767
4	6			0,4183
2	6			0,4550
1	6			0,4717
Sig.		1,000	1,000	0,067

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,006.

Duncan^{a,b}

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 15: Análisis estadístico de la Concentración de sodio

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i \quad \alpha = 0.05$$

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Concentración de sodio

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	28,458 ^a	6	4,743	7,320	0,000
Intersección	41,366	1	41,366	63,837	0,000
Tratamiento	23,084	5	4,617	7,125	0,000
Bloque	5,375	1	5,375	8,294	0,007
Error	18,792	29	0,648		
Total	88,617	36			
Total corregida	47,250	35			

a. R cuadrado = ,602 (R cuadrado corregida = ,520)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
6	6	0,0000		
1	6	0,5250	0,5250	
2	6	0,8267	0,8267	
3	6		1,0483	
5	6		1,4883	
4	6			2,5433
Sig.		0,102	,066	1,000

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,648.

Duncan^{a,b}

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 16: Análisis estadístico de la Concentración de potasio

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i \quad \alpha = 0.05$$

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Concentración de potasio

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	32,597 ^a	6	5,433	13,025	0,000
Intersección	57,204	1	57,204	137,147	0,000
Tratamiento	22,737	5	4,547	10,903	0,000
Bloque	9,860	1	9,860	23,638	0,000
Error	12,096	29	0,417		
Total	101,897	36			
Total corregida	44,693	35			

a. R cuadrado = 0,729 (R cuadrado corregida = 0,673)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
6	6	0,0000		
3	6		0,9250	
4	6		1,0033	
5	6		1,3467	
2	6		1,6683	
1	6			2,6200
Sig.		1,000	0,077	1,000

El término de error es la media cuadrática(Error) = 0,417.

Duncan^{a,b}

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 17: Análisis estadístico de la Concentración de sulfatos

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6 \quad \alpha = 0.05$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i$$

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Concentración de sulfatos

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	21,553 ^a	6	3,592	14,848	0,000
Intersección	79,775	1	79,775	329,747	0,000
Tratamiento	21,443	5	4,289	17,726	0,000
Bloque	0,110	1	0,110	0,455	0,505
Error	7,016	29	0,242		
Total	108,343	36			
Total corregida	28,568	35			

a. R cuadrado = 0,754 (R cuadrado corregida = 0,704)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
6	6	0,0000		
5	6		1,0100	
3	6			1,8233
4	6			1,8583
2	6			1,9167
1	6			2,3233
Sig.		1,000	1,000	0,117

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,242.

Duncan^{a,b}

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 18: Análisis estadístico de la Concentración de cloruros

$$H_0 : \mu_i = \mu \quad H_0 : \tau_i = 0 \quad \text{para todo } i = 1, 2, \dots, 6 \quad \alpha = 0.05$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu \quad H_1 : \tau_i \neq 0 \quad \text{para al menos algún } i$$

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Concentración de cloruros

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	196,736 ^a	6	32,789	14,206	0,000
Intersección Tratamiento	458,602	1	458,602	198,696	0,000
Bloque Error	171,986	5	34,397	14,903	0,000
Total	24,751	1	24,751	10,724	0,003
Total corregida	66,934	29	2,308		
	722,272	36			
	263,670	35			

a. R cuadrado = 0,746 (R cuadrado corregida = 0,694)

Prueba de rangos múltiples de DUNCAN

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
6	6	0,0000		
5	6		2,2883	
1	6		2,3417	
3	6			5,0950
2	6			5,6317
4	6			6,0583
Sig.		1,000	0,952	0,309

El término de error es la media cuadrática (Error) = 2,308.

Duncan^{a,b}

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,000

b. Alfa = 0,05.

Anexo N° 19: Análisis estadístico de la Relación Na⁺/Ca⁺²

$H_0 : \mu_i = \mu$ $H_0 : \tau_i = 0$ para todo $i = 1, 2, \dots, 6$ $\alpha = 0.05$
 $H_1 : \mu_i \neq \mu$ $H_1 : \tau_i \neq 0$ para al menos algún i

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Relación Na⁺/Ca⁺²

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3,266 ^a	6	0,544	3,092	0,018
Intersección	5,530	1	5,530	31,413	0,000
Tratamiento	2,160	5	0,432	2,454	0,057
Bloque	1,106	1	1,106	6,282	0,018
Error	5,105	29	0,176		
Total	13,902	36			
Total corregida	8,372	35			

a. R cuadrado = 0,390 (R cuadrado corregida = 0,264)

Análisis Descriptivo

