

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

DEPARTAMENTO DE ECOSISTEMAS AGROFORESTALES

MÁSTER UNIVERSITARIO EN SANIDAD Y PRODUCCIÓN VEGETAL



**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE UN  
BIOESTIMULANTE SOBRE LAS PROPIEDADES  
FÍSICO-QUÍMICAS DE SUELOS CON  
DIFERENTE TEXTURA Y SALINIDAD”**

**AUTOR:** Bach. Denis Manayay Mendoza

**TUTOR:** Dra. Sara Ibáñez Asensio

**COTUTOR:** Dr. Héctor Moreno Ramón

**CURSO ACADÉMICO:** 2020-2021

**Valencia, Septiembre de 2021**

## **DATOS DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER (TFM):**

**Título del TFM:** Efecto de la aplicación de un bioestimulante sobre las propiedades físico-químicas de suelos con diferente textura y salinidad.

**Autor:** D. Denis Manayay Mendoza

**Tutor Académico:** Dña. Sara Ibáñez Asensio

**Cotutor:** D. Héctor Moreno Ramón

**Lugar y fecha:** Valencia, Septiembre de 2021

### **Resumen:**

El suelo mantiene una gran biodiversidad de organismos y su función principal es apoyar el crecimiento de las plantas mediante el suministro de nutrientes. Se debe mantener la calidad del suelo para asegurar una producción eficiente y la preservación del medio ambiente. Actualmente hay un aumento de la salinización del suelo, que se estima a nivel mundial en que el 60% de los suelos son salinos. Esto implica la reducción de los rendimientos de los cultivos y aún más grave llegar a la inutilidad de los suelos, trayendo consigo una reducción del suministro mundial de alimentos. En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo evaluar un bioestimulante como mejorador de la calidad de las propiedades físico-químicas de los suelos con diferente textura y salinidad. Las propiedades físicas evaluadas fueron: resistencia a la penetración, densidad aparente, porosidad, capacidad de retención de agua disponible (CRAD), estabilidad de agregados, así mismo las propiedades químicas evaluadas fueron tales como el pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica, cationes básicos y relación de absorción de sodio (RAS).

Para obtener un nivel salino y muy salino en el suelo franco y arenoso se utilizó una solución salina de NaCl con concentraciones de 35 mM y 100 mM respectivamente; sin embargo, para el suelo franco arcilloso, solo fue necesario una solución de 35 mM para pasar de un nivel salino a muy salino. El diseño experimental consistió en un diseño multivariado constituido por 3 clases texturales (franco arcilloso, franco y arenoso), 3 niveles de salinidad (no salino, salino y muy salino), 3 dosis (0 L/ha, 2 L/ha y 4 L/ha), durante 2 periodos de tiempo (30 y 60 días respectivamente). Los resultados se evaluaron con un ANOVA para datos paramétricos y ANOVA de Kruskal-Wallis para datos no paramétricos. La diferencia estadística entre las medias de los tipos de variables se discriminó utilizando el prueba de Tukey HSD y la discriminación de las medianas con la prueba de Mann-Whitney con un nivel de confianza del 95%. A pesar de que el bioestimulante evaluado está dirigido principalmente al sistema radicular de los cultivos (por ser un inductor de tolerancia al estrés metabólico en la planta), los resultados mostraron mejoras en las propiedades físico-químicas del suelo con respecto a los valores iniciales y entre periodos. La dosis de 4 L/ha resultó significativa para mejorar la estabilidad de agregados en el suelo franco arcilloso no salino con diferencia significativa respecto al testigo (0 L/ha). Por otro lado, las propiedades que no obtuvieron la significancia estadística presentaron incrementos con dosis de 2 L/ha y 4 L/ha.

### **Palabras claves:**

Bioestimulante, calidad del suelo, propiedades del suelo, salinidad, capacidad de retención de agua disponible.

**Abstract:**

Soil maintains great biodiversity of organisms and its main function is to support plant growth by supplying nutrients. Soil quality must be maintained to ensure efficient production and preservation of the environment. Currently there is an increase in soil salinization, which is estimated worldwide in that 60% of soils are saline. This fact implies the reduction of crop yields and even more serious reaching the uselessness of soils, bringing with it a reduction in the world's food supply. In this regard, this study aims to evaluate a biostimulant as an improver of the physicochemical properties of soils with different texture and salinity. The physical properties evaluated were: resistance to penetration, apparent density, porosity, available water retention capacity (AWC), aggregate stability, as well as the chemical properties evaluated were such as pH, electrical conductivity, cation exchange capacity, matter organic, basic cations and Sodium Absorption Ratio (SAR).

To obtain a saline and very saline level in the loamy and sandy soil, a saline solution of NaCl with concentrations of 35 mM and 100 mM respectively was used; however, for clay loam soil, only a 35 mM solution was necessary to go from a saline level to a very saline one. The experimental design consisted of a multivariate design consisting of 3 textural classes (clay loam, loam and sandy), 3 salinity levels (non-saline, saline and very saline), 3 doses (0 L / ha, 2 L / ha and 4 L / ha), for 2 periods of time (30 and 60 days respectively). The results were evaluated with an ANOVA for parametric data and Kruskal-Wallis ANOVA for non-parametric data. The statistical difference between the means of the types of variables was discriminated using the Tukey HSD test and the discrimination of the medians with the Mann-Whitney test with a confidence level of 95%. Despite the fact that the evaluated biostimulant is mainly directed to the root system of the crops (since it is an inducer of tolerance to metabolic stress in the plant), the results showed improvements in the physical-chemical properties of the soil with respect to the initial values and between periods. The dose of 4 L / was significant to improve the stability of the aggregates in the non-saline clay loam with a significant difference compared to the control (0 L / ha). On the other hand, the properties that did not obtain statistical significance showed increases with doses of 2 L / ha and 4 L / ha.

**Keywords:**

Biostimulant, soil quality, soil properties, salinity, available water capacity.

## **AGRADECIMIENTOS**

*Mi agradecimiento a Dios, porque siempre me da la oportunidad de continuar mis sueños a pesar de las grandes adversidades estás en mi vida brindándome sabiduría, paz y amor para tomar las mejores decisiones.*

*Quiero agradecer a mis padres Lucia Mendoza y Edilberto Manayay que siempre han estado pendientes de mí, desde aquel día que partí de Perú, aparte de lidiar con mi ausencia con gran tristeza, siempre han estado alentándome para seguir formándome como un buen profesional, este logro va dedicado a ustedes.*

*Agradezco a mi compañera de vida Lady HB que está siempre apoyándome, por sus palabras de aliento en los momentos más difíciles que he podido tener.*

*Agradezco de corazón a mi hijo RICARDO MATIAS, por ser mi fuente de motivación e inspiración para seguir formándome, sé que no te vi nacer, pero a veces uno tiene que tomar decisiones muy difíciles, quiero que comprendas que siempre estás en mi mente, tu llegada a nuestras vidas es lo mejor que nos ha pasado, sé que algún día me entenderás.*

*Agradezco a mis hermanos por sus ánimos y ayuda en esta etapa lejos de casa.*

*Agradecer también a mis tutores Sara y Héctor, por su paciencia y apoyo en todo el proceso de la investigación, sus enseñanzas son un aprendizaje que llevaré siempre presente.*

## ÍNDICE

Págs.

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Situación de los suelos en el mundo.....	1
1.2. Calidad de los suelos.....	1
1.2.1. Efectos de la salinidad sobre las propiedades físico-químicas del suelo.....	2
1.2.2. Indicadores de la calidad de los suelos.....	2
1.2.2.1. Indicadores físicos.....	3
1.2.2.2. Indicadores químicos.....	4
1.3. Mejoradores de suelos.....	6
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS .....	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	7
3.1. Fase de planeamiento .....	7
3.2. Fase experimental.....	8
3.3. Fase de laboratorio .....	9
3.4. Fase de gabinete .....	11
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
4.1. Interacción de los indicadores físico-químicas por clase textural.....	12
4.2. Interacción de los indicadores físico-químicas por niveles de salinidad.....	16
4.3. Interacción de los indicadores físico-químicas por dosis de bioestimulante.....	24
4.4. Interacción de los indicadores físico-químicas por periodos .....	25
4.5. Interacción de los indicadores físicos en el perfil del suelo .....	31
5. CONCLUSIONES .....	31
6. BIBLIOGRAFÍA.....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

pág.

Tabla 1: Resultados de las propiedades físicas y químicas de los suelos iniciales .....	12
---	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

págs.

Figura 1: Componentes principales de la calidad del suelo (Doran y Parkin, 1994). .....	1
Figura 2: Tendencia de la calidad de los suelos a largo plazo (adaptado de Seybold <i>et al.</i> , 1998). .....	2
Figura 3: Gráfico de comparación de medianas para el factor suelo y la (RP y DA). .....	13
Figura 4: Gráfico de comparación de medianas para el factor suelo y (CRAD, porosidad y DA). .....	14
Figura 5: Gráfico de comparación de medianas para el factor suelo y (pH, CEe y MO).....	15
Figura 6: Gráfico de comparación de medianas para el factor suelo y el (CIC; K <sup>+</sup> ; Ca <sup>2+</sup> ; Mg <sup>2+</sup> Na <sup>+</sup> ; y RAS). .....	16
Figura 7: Gráfico de comparación de medias para el factor salinidad y la RP.....	17
Figura 8: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor salinidad y la DA.....	17
Figura 9: Gráfico de comparación de medias para el factor salinidad y el CRAD. ....	18
Figura 10: Gráfico de comparación de medianas para el factor salinidad y la porosidad. ....	18
Figura 11: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor salinidad y la EA. ....	19
Figura 12: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor salinidad y el pH.....	20
Figura 13: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor salinidad y la CEe.....	20
Figura 14: Gráfico de comparación de medias para el factor salinidad y la MO. ....	21
Figura 15: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor salinidad y la CIC.....	21
Figura 16: Gráfico de comparación de medias para el factor salinidad y cationes del FrAr.....	22
Figura 17: Gráfico de comparación de medianas para el factor salinidad y cationes del Fr. ....	22
Figura 18: Gráfico de comparación de medianas para el factor salinidad y cationes del Ao.....	23
Figura 19: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor salinidad y el RAS....	23
Figura 20: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor dosis y la EA. ....	24
Figura 21: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor periodo y la RP.....	25
Figura 22: Gráfico de comparación de medias para el factor periodo y la DA.....	26
Figura 23: Gráfico de comparación de medianas para el factor periodo y el CRAD.....	26
Figura 24: Gráfico de comparación de medias para el factor periodo y la EA. ....	27
Figura 25: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor periodo y el pH.....	28
Figura 26: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor periodo y la CEe.....	28
Figura 27: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor periodo y la MO. ....	29
Figura 28: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor periodo y la CIC. ....	29
Figura 29: Gráfico de comparación de medias del factor periodo y el K <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> y Na <sup>+</sup> .....	30
Figura 30: Gráfico de comparación de medias y medianas del factor periodo y el RAS.....	31

## ÍNDICE DE ANEXOS

págs.

1. Tablas de interpretación para las propiedades evaluadas.....	1
2. Proceso de metodología de la investigación.....	7
3. Fase de planeamiento .....	9
4. Fase experimental .....	13
5. Fase de laboratorio.....	17
6. Resultados de los análisis estadísticos del factor suelo.....	24
7. Resultados de los análisis estadísticos del factor salinidad .....	26
8. Resultados de los análisis estadísticos del factor dosis.....	33
9. Gráficos de comparaciones múltiples entre dosis por suelos.....	47
10. Resultados de los análisis estadísticos del factor periodo.....	63
11. Resultados de los análisis estadísticos del factor posición.....	87

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Situación de los suelos en el mundo

A nivel mundial la agricultura es la principal actividad productiva que abastece de alimentos a la población, esta actividad se desarrolla en diferentes zonas agroecológicas, siendo el suelo uno de los recursos más importantes donde crecen y desarrollan las plantas cultivadas hasta la obtención de sus frutos o cualquier parte aprovechable. Una de las principales problemáticas que presentan los suelos es la pérdida de su calidad o fertilidad ocasionado por la salinización. Este proceso de aumento de sales es atribuido según Lamz y González (2013), de forma natural i) por su cercanía al nivel del mar que aporta sales, ii) por la intemperización de rocas salinas, iii) la ubicación topográfica jugando con las propiedades físico-químicas del suelo, como de forma antropogénica i) el resultado de prácticas agrícolas incorrectas, como por ejemplo, uso de agua de mala calidad y manejo inapropiado del agua de riego, contribuyendo de esta manera a la acumulación y desplazamiento de las sales. Otras de las causas intrínsecas al manejo es por el uso desmedido de fertilizantes sintéticos, contaminando agua y suelo (Héctor-Ardisana *et al.*, 2020). Asimismo, Moreno-Ramón *et al.* (2015), concluyeron que la salinización de los suelos es producto de la posición topográfica, manejo y nivel freático. Estudios realizados por Wicke *et al.* (2011), encontraron que la degradación de tierras por la sal es de 1128 Mha según los cálculos realizados a partir de Harmonized World Soil Database (HWSD) y de aquello el 60% pertenece a suelos salinos. En la Unión Europea la salinización ha alcanzado los 16 millones de hectáreas, principalmente el 25% de las tierras en los países mediterráneos (Iannetta y Colonna, 2011). Siendo las prácticas sostenibles las que logran mejorar las propiedades físicas y químicas (Murillo *et al.*, 2014). Por lo tanto, es importante conservar la calidad y fertilidad de los suelos, logrando asimismo preservar su biodiversidad para el buen desarrollo de los cultivos, lo cual permite aumentar la productividad y lograr el máximo rendimiento, teniendo en cuenta la calidad ambiental (Figura 1).

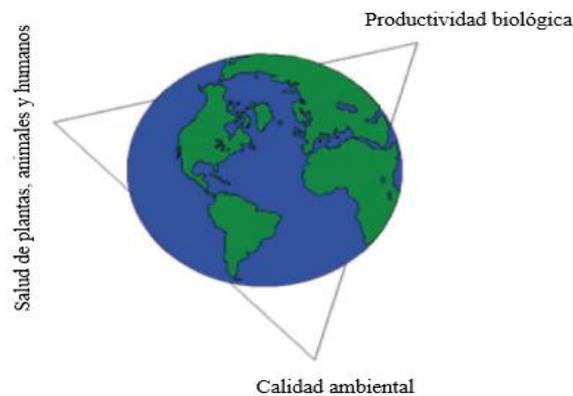


Figura 1: Componentes principales de la calidad del suelo (Doran y Parkin, 1994).

## 1.2. Calidad de los suelos

La calidad de los suelos puede aumentar, mantenerse o degradarse con el tiempo (Figura 2), por esta razón se hace importante lograr una sostenibilidad a largo plazo. Esta terminología es muy discutida en cuanto a su definición por estar relacionada con el concepto de fertilidad de suelos. Según Brady (1990), un suelo fértil es aquel con capacidad de proporcionar agua, aire, soporte mecánico y suministrar los nutrientes esenciales, asegurando el crecimiento y desarrollo del cultivo. En adición, Bautista *et al.* (2004), en la definición de calidad de suelos incluye atributos como productividad potencial, fertilidad, sostenibilidad y calidad ambiental. Relacionándose de esta manera con la multifuncionalidad del suelo (Singer y Ewing, 2000). Además, Jiménez y González-Quiones (2006), indican que la calidad del suelo está relacionada con su productividad efectiva, como también con la salud de otros recursos como el aire, agua, plantas y animales, por

ello, no se puede medir de manera directa, sino a través de los indicadores cualitativos o cuantitativos.

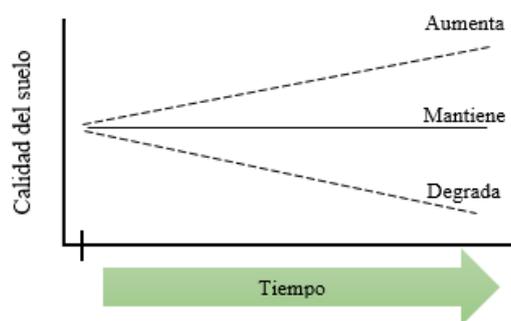


Figura 2: Tendencia de la calidad de los suelos a largo plazo (adaptado de Seybold *et al.*, 1998).

### 1.2.1. Efectos de la salinidad sobre las propiedades físico-químicas del suelo

El incremento de los suelos salinos está provocando el abandono de las tierras cultivadas (Kitamura *et al.*, 2006), limitando la producción de plantas cultivadas. En suelos degradados por la salinidad el contenido de carbono es mínima, debido a que la actividad microbiana es casi nula y la materia orgánica es escasa, esto hace que el suelo tenga un potencial osmótico elevado, ocasionando problemas en la estructura del suelo (Wong *et al.*, 2009). La concentración de sales como el ion sodio afecta las propiedades físicas, promoviendo la dispersión y/o expansión de las arcillas por la reducción de las fuerzas de atracción entre ellas, estas se ven reflejadas con un bajo porcentaje de estabilidad de agregados que a su vez afecta la retención del agua, además afecta a las propiedades químicas como la disponibilidad de nutrientes, mineralización de la materia orgánica. Otros iones como  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $CO_3^{2-}$  y  $HCO_3^-$ , son sales que contribuyen a la salinización cuando no existe un equilibrio de su concentración en la solución del suelo, ocasionando también la impermeabilización del subsuelo producto de la compactación, en consecuencia, los suelos salinos presentan características como baja permeabilidad, baja conductividad hidráulica y una inestabilidad de los agregados (Silva y Fay, 2012).

### 1.2.2. Indicadores de la calidad de los suelos

Para determinar la calidad de los suelos, se recurre a utilizar los indicadores. En la actualidad “la literatura exhibe una gran cantidad de índices de calidad de suelos tanto para agroecosistemas como para suelos naturales o contaminados” tal como indican Bastida *et al.* (2008). Pero aún no se llega a un consenso para el establecimiento general de los índices de calidad del suelo, debido a la deficiente estandarización de algunas metodologías, heterogeneidad del suelo en diferentes regiones, mala definición de clima y vegetación, deficiente definición de la funcionalidad del suelo, señalando que los indicadores químicos y físicos son los que usualmente se emplean para evaluar la calidad de los suelos y que los indicadores biológicos son más sensibles al cambio (Bastida *et al.*, 2008; Sarmiento *et al.*, 2018). También Etchevers (1999), considera que las propiedades biológicas poseen una relación con las físicas, tales como la agregación y las propiedades químicas, como disponibilidad de nutrientes, CIC, lo cual determinará que se conserve, para suministrar agua y nutrientes, además de proporcionar soporte mecánico a la planta. Sarmiento *et al.* (2018), indican que algunos de estos índices como base para la evaluación de los índices de calidad del suelo con mayor recurrencia son el pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, calcio, magnesio, porcentaje de sodio intercambiable, porosidad, densidad aparente, resistencia de penetración, agua disponible. Para Bastida *et al.* (2008), uno de los indicadores físicos fundamentales para evaluar suelos agrícolas es la estabilidad de agregados y dentro de los indicadores químicos más utilizados son la materia orgánica y carbono orgánico. Es así que Roldan *et al.* (2014), indican que evaluando los indicadores se podrá conocer los cambios producidos en las múltiples funciones y procesos del

ecosistema del suelo, debido a su manejo y uso. Tal vez así dependiendo de la magnitud de estos cambios se verán reflejados en los indicadores.

### **1.2.2.1. Indicadores físicos**

En los indicadores físicos deberían evaluarse propiedades físicas que tengan relación con la planta, aquellas que tienen limitaciones con el normal crecimiento de las raíces, germinación, movimiento del agua y su aireación (Bautista *et al.*, 2004). Siguiendo estas pautas tenemos: la densidad aparente, porosidad, estabilidad de los agregados, resistencia a la penetración, capacidad de retención de agua disponible son las características físicas del suelo que se han propuesto evaluar en este estudio como indicadores físicos de la calidad.

#### **1.2.2.1.1. Resistencia de penetración**

La problemática de la compactación de los suelos agrícolas conlleva a realizar un mayor consumo de energía por parte de la maquinaria agrícola en las labores, siendo producida en su mayoría por un mal manejo de los tractores agrícolas, aumentando la resistencia a la penetración (Demuner *et al.*, 2014), disminuyendo el espacio poroso total y aumentando la densidad aparente, la que es posible medir con un penetrómetro, facilitando la evaluación de la productividad de suelos (Henríquez *et al.*, 2011). Su estudio está relacionado con la resistencia del suelo frente a la penetración de raíces durante su crecimiento y desarrollo, afectando también la calidad comercial en cultivos de raíces de tuberosas reduciendo su rendimiento (Pérez *et al.*, 2016). La caracterización de la resistencia a la penetración por niveles se indica en la Tabla 1 del Anexo 1.

#### **1.2.2.1.2. Capacidad de retención de agua disponible**

El suelo cumple el rol de absorber, retener y suministrar agua a las plantas, por lo que resulta importante determinar la capacidad de agua que puede retener y la que puede aportar al cultivo. Razón por la cual se desarrolló el parámetro denominado capacidad de retención de agua que resulta de la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente (Chicas *et al.*, 2014). La curva de retención a través de la succión matricial afecta la parte mecánica de los suelos siendo esta mayor para el secado (Casanova, 2018). La relación que existe entre el suelo, agua y uso es representada por la capacidad de retención de humedad y su mantenimiento del contenido de agua en niveles adecuados es fundamental para mantener una agricultura, garantizando mejores rendimientos (Bejar *et al.*, 2020). En la Tabla 2 del Anexo 1 se detallan los rangos óptimos de la capacidad de retención de agua disponible según la textura del suelo.

#### **1.2.2.1.3. Porosidad**

El proceso de compactación y erosión de los suelos son problemas que cada vez están en aumento produciéndose el sellado de los suelos perturbando la porosidad en ella (Li *et al.*, 2009), teniendo impactos en las propiedades hidrológicas del suelo (Muhammad y Rattan, 2009). El estudio de la porosidad del suelo determina los procesos de infiltración y escurrimiento del agua, además el flujo de aire se realiza a través de la porosidad y ambos condicionados por la abundancia, tamaño y distribución de los poros (González-Barrios *et al.*, 2012). Los rangos óptimos de la porosidad según la textura de los suelos se detallan en la Tabla 2 del Anexo 1.

#### **1.2.2.1.4. Densidad aparente**

Esta propiedad referida al peso seco del suelo entre un volumen definido (Wilson *et al.*, 2017), presenta una relación muy estrecha con otras propiedades como la resistencia a la penetración (Figura 1 del Anexo 1) e inversamente proporcional a porosidad, estabilidad de agregados, materia orgánica, capacidad de campo, punto de marchitez, estas últimas propiedades determinan la disponibilidad de agua y aire en el suelo (Salamanca y Sadeghian, 2005). Esta propiedad también se relaciona con el crecimiento de la raíz (Tabla 3 del Anexo 1).

#### **1.2.2.1.5. Estabilidad de agregados**

Se entiende por estabilidad de agregados como la resistencia de aquellos agregados a desintegrarse por la acción de fuerzas externas (Velasco y Úbeda, 2014). Los macroagregados (>250  $\mu\text{m}$ ) son alterados por la intensidad de las labores; ocurre lo contrario con los microagregados (<250  $\mu\text{m}$ ) la agregación depende de las fuerzas con que la arcilla y otros compuestos son adsorbidos a la materia orgánica particulada ya sea por puentes de cationes polivalentes o fuerzas de Van der Waals, como también por interacciones del óxido de hierro y aluminio (Acevedo-Sandoval *et al.*, 2004; FAO, 2017), la formación de microagregados se detalla en la Figura 2 del Anexo 1. Los agregados tienen influencia en la estructura de los organismos vivos, ciclo de nutrientes y en la dinámica del carbono protegiendo así la fracción orgánica, además de regular el movimiento y retención del agua, aireación del suelo e incidiendo sobre su erosión (Roldan *et al.*, 2014). Por lo tanto, la agregación se ve afectada por factores como la textura, cationes intercambiables, materia orgánica, organismos vivos, variaciones de humedad y temperatura en el suelo. Así lo demuestran Hernández *et al.* (2017) al realizar modificaciones en la estructura del suelo, como la importancia de la calidad de materia orgánica que se incorpore (Pulido-Moncada *et al.*, 2009). Además Velasco y Úbeda (2014) encuentran un efecto positivo por que se incrementa el contenido de materia orgánica del suelo, cationes básicos como calcio y magnesio. En la Tabla 4 del Anexo 1 se detallan la clasificación de los agregados estables al agua con diámetro >1 mm.

#### **1.2.2.2. Indicadores químicos**

Los atributos químicos del suelo es muy grande, su elección depende del objetivo y las funciones que se quieren considerar siendo variadas y complejas, pero con el fin que proporcionen información necesaria del estado de salud del suelo como: salinidad, pH, estatus de aireación, materia orgánica, capacidad de cambio catiónico, estatus de nutrientes, concentraciones en elementos tóxicos (González-Quiñones, 2006), siguiendo estos lineamientos serán objeto de evaluación: pH, salinidad, materia orgánica, capacidad intercambio catiónico, cationes básicos (calcio, magnesio, potasio, sodio), relación absorción de sodio.

##### **1.2.2.2.1. pH**

La reacción del suelo es expresada por el pH, refiriéndose al grado de acidez, neutralidad o alcalinidad, según la capacidad del complejo coloidal de fijar  $\text{H}^+$  y aumentar  $\text{H}^+$  en la disolución del suelo, los suelos según el pH se indican en la Tabla 5 del anexo 1, esta propiedad influye en las características físicas y químicas, como también condicionando la vida del microorganismo para la descomposición de la materia orgánica y determinando la disponibilidad de nutrientes esenciales para la vida de las plantas (Navarro y Navarro, 2013), tal como se detalla en la Figura 3 del Anexo 1 la disponibilidad de los nutrientes según el pH.

##### **1.2.2.2.2. Salinidad**

La salinidad influye más sobre crecimiento vegetativo en las plantas jóvenes y en las plantas adultas sobre su rendimiento tal como se detalla en la figura 4 del Anexo 1, por lo que este problema constituye una limitación para la alimentación mundial, la salinidad es referida a la concentración de sales en un suelo, que pueden presentar combinaciones de sales como cloruros, sulfatos de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  (Lamz y González, 2013), además estas sales inducen a la floculación de partículas según la concentración (Figura 5 del Anexo 1). Se determina con la medición de la conductividad eléctrica en la solución suelo o extracto de saturación (Andrades y Martínez, 2014). La clasificación de los suelos según su contenido se indica en la Tabla 6 del Anexo 1.

##### **1.2.2.2.3. Materia orgánica**

Según Martínez *et al.* (2008) la materia orgánica del suelo se le conoce como un conjunto de residuos orgánicos, siendo un factor esencial en los procesos edáficos. Presenta un rol importante sobre algunos parámetros de la fertilidad de los suelos como la agregación mejorando así la

estabilidad estructural e influyendo sobre la aireación y capacidad de retención de agua, además de favorecer la reserva de nutrientes al aumentar la capacidad de intercambio catiónico (Wong *et al.*, 2009; Andrades y Martínez, 2014; Marín, 2014), por eso que la aplicación de materia orgánica mejora la calidad de los suelos, existiendo una respuesta diferente del suelo frente al origen y composición de las enmiendas orgánicas aplicadas (González-Ubierna *et al.*, 2012). El nivel de la materia orgánica se clasifica según la textura del suelo (Tabla 7 del Anexo 1).

#### **1.2.2.2.4. Capacidad de intercambio catiónico**

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es un indicador indirecto de la capacidad amortiguadora de los suelos, estimando los sitios de carga de las arcillas que retienen a los cationes por fuerzas electrostáticas (Pérez *et al.*, 2017), influenciada por la textura del suelo y el pH pero esta última cuando la CIC proviene de la materia orgánica (López *et al.*, 2019), este proceso de intercambio compuesto por partículas coloidales del suelo (materia orgánica) y minerales arcillosos que cumplen el rol de cambiadores y los cationes presentes de la solución del suelo como componentes cambiables siendo este proceso reversible, debido a la CIC los nutrientes se encuentran retenidos y estas mantienen un equilibrio de intercambio con la solución del suelo sin embargo una mayor CIC no necesariamente significa una mayor fertilidad del suelo sino que se debe combinar con otros indicadores de la calidad (Guevara, 2018). Los niveles del CIC según su contenido se detallan en la Tabla 8 del Anexo 1.

#### **1.2.2.2.5. Cationes básicos ( $K^+$ , $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ y $Na^+$ )**

Existen nutrientes que las plantas los extraen en mayor cantidad denominados macronutrientes, uno de ellos el potasio que se encuentra en la mayoría de suelos formando parte de la estructura de los minerales y una pequeña cantidad están disponibles, se encuentra en mayor cantidad en suelos arcillosos e influenciada por la extracción de los cultivos, lixiviación y erosión, el calcio macronutriente que se encuentra en el complejo de intercambio procedente de rocas y minerales de la conformación del suelo, el magnesio se encuentra en el suelo en la mayor parte en formas inutilizables para las plantas por lo que la disponibilidad para las plantas está muy influenciada por el pH, el sodio cuyo origen es muy diverso, ya sea por intrusión de aguas de mar, fertilización y es que los suelos sódicos o salinos-sódicos tienen un efecto desfavorable para el crecimiento de las plantas (Navarro y Navarro, 2013), siendo este elemento el que más problemas trae a los suelos agrícolas. Los niveles de los cationes básicos se detallan en las Tablas 9, 10 y 11 del Anexo 1.

#### **1.2.2.2.6. Relación de absorción de sodio (RAS)**

Los principales problemas de la regiones áridas y semiáridas son la salinidad y la sodicidad especialmente por la ausencia o poca presencia de lluvias que lleguen filtrar en la zona de raíces, por lo que en la superficie del suelo se acumulan las sales (Setia *et al.*, 2011), esta combinación de problemas hace que el recurso tierra no sea utilizado de forma óptima (Hernández, 2012). Un suelo para que sea considerado sódico posee características de mala agregación, dispersión y endurecimiento, además debe contener un alto contenido de  $Na^+$  con un RAS mayor de 13 (Tabla 12 del Anexo 1) y un Porcentaje de sodio intercambiable (PSI) > 15% que produce una alteración de la estructura del suelo producto de la dispersión de las partículas, afectando procesos de movimiento del agua, aireación y penetración de raíces (Setia *et al.*, 2011). La susceptibilidad de los suelos a la sodicidad depende de la textura, características físicas y químicas del material originario, así como del manejo del cultivo y de su periodo (Levy *et al.*, 2005), asimismo el daño se relaciona entre el sodio y los cationes divalentes. Otra de las causas de la sodicidad de los suelos se produce por utilizar agua de riego con elevado contenido de bicarbonato provocando la precipitación de los cationes divalentes y un aumento de la concentración de sodio (Younes *et al.*, 2010), entonces los factores que controlan la sodicidad son: la textura (contenido de arcilla), pH de la solución, contenido de agua en el suelo, materia orgánica, calidad del agua y manejo de riego del cultivo.

### 1.3. Mejoradores de suelos

Debido a la problemática de la degradación de suelos y que cada vez se fomenta la agricultura sustentable para ser más eficientes en el uso de los recursos, se plantea el uso de productos provenientes de los recursos renovables que contribuyan a mejorar las características físico-químicas del suelo, teniendo la denominación como mejoradores de suelos, por que influyen positivamente en los indicadores físicos, químicos y biológicos logrando aumentar la productividad de los cultivos (Castelo-Gutiérrez *et al.*, 2016). Entre estos existen los abonos verdes que contribuyen al aumento de carbono en el suelo logrando restaurar suelos degradados mejorando su fertilidad (FAO, 2002). Osorio *et al.* (2020) encontraron que el empleo de materia orgánica con microorganismos mejoradores de suelos como *Trichoderma* y enmiendas microbianas lograron mejores rendimientos del cultivo. Es por eso que los mejoradores incrementan los rendimientos porque actúan como fertilizantes orgánicos (Demuner-Molina *et al.*, 2014), mejorando la fertilidad química y la actividad biológica en suelos degradados aumentando el contenido de carbono (Clark *et al.*, 2007). Se está impulsando el aporte orgánico para fomentar la sostenibilidad agrícola, teniendo en cuenta que no reemplaza a la fertilización química, además se debe tener en cuenta la cantidad, tipo de enmienda y periodos de aplicación todas estas interrelacionadas, que logren un gran potencial de secuestro de carbono, porque un gran aporte o aumento de carbono orgánico en el suelo contribuye en gran medida al desarrollo de la actividad microbiana del suelo provocando una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas (Liu *et al.*, 2009). La aplicación de biosólidos lograron mejorar la agregación, CIC, CRAD, disminuir la densidad aparente, como también una menor formación de costras en suelos arcillosos (Tittarelli *et al.*, 2007).

Por lo que existen enfoques para la recuperación de suelos salinos y mantener su productividad, el primero enfocado a la modificación del ambiente y el segundo mejorando la tolerancia de las plantas al estrés salino (Sharma y Minhas, 2005; Hernández, 2012), en los estudios realizados por Liang *et al.* (2005), lograron estimular la actividad enzimática del suelo y el crecimiento de las plantas en suelos salinos con la aplicación de enmiendas orgánicas. Las sustancias mejoradores de suelos como ácidos orgánicos, yeso agrícola, compost, biosólidos, abonos verdes, microorganismos, entre otros, mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo, logrando mayores rendimientos en los cultivos.

En el proceso comprobar el efecto de cualquier producto sea orgánico o sintético se debe considerar la caracterización de las propiedades físicas, químicas y biológicas (Tittarelli *et al.*, 2007). Así lograr valorar la calidad de las enmiendas orgánicas en términos de su contribución a la fertilidad de los suelos, teniendo efectos indirectamente en el mejoramiento, crecimiento de los cultivos y de la biorecuperación de los suelos degradados (Arancon *et al.*, 2006; Park *et al.*, 2011; Bernal *et al.*, 2020). El estrés hídrico en las plantas es menos drástico si se utiliza sustratos orgánicos (Utria *et al.*, 2005). El uso de suplementos orgánicos es una práctica respetuosa al medio ambiente con la producción orgánica, mejorando la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, también afectando positivamente en la calidad de los frutos (Mauromicale *et al.*, 2011).

## 2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Diversos ensayos intentan evaluar el efecto de los productos orgánicos como los bioestimulantes en el cultivo y con menos énfasis a lo que sucede en el suelo, a pesar que gran parte de estos van dirigidos directamente al suelo. Por lo tanto, el estudio de los mejoradores de suelo surge producto del aumento de suelos degradados de la pérdida de la fertilidad, además de buscar la preservación del medio edáfico. El uso de los bioestimulantes cada vez está en aumento con el propósito de mejorar la respuesta de las plantas ante las condiciones adversas o estrés abiótico (Batista-Sánchez *et al.*, 2019), además de que estos contribuyen a un manejo sustentable del cultivo, debido a la problemática de la salinidad que se acrecienta generando degradación de tierras, afectando procesos hídricos y iónicos (Khaliq *et al.*, 2014). Es importante el estudio de bioestimulantes que logren mitigar estreses de tipo abiótico, desde un enfoque de respuesta del suelo frente a las aplicaciones de los productos, debido a que es ahí donde ocurren los procesos de adsorción de

nutrientes, soporte y las condiciones físicas favorables para un buen desarrollo de la planta. Es así que estudios que realizaron Arteaga *et al.* (2007) encontraron que el humus líquido de vermicompost con aplicaciones mayores a un año logra mejorar la fertilidad del suelo y que en periodos menores no se logra aumentos significativos, a lo que Veobides-Amador y Guridizquierdo (2018), concluyeron que las sustancias húmicas presentan estructuras muy complejas que logran atenuar efectos de estreses. Martínez *et al.* (2008) señalaron que la materia orgánica la componen las sustancias húmicas, siendo el carbono orgánico el elemento principal de su composición, este elemento favorece las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo aumentando la productividad de los cultivos. El carbono orgánico oxidable según Marín (2014), representa el carbono de todos los materiales orgánicos del suelo como la lignina, celulosa, proteínas, ácidos orgánicos, polifenoles, entre otros, los cuales se agrupan como sustancias orgánicas descomponibles. La industria de insumos agrícolas presenta una gama de productos de los cuales unos llevan la denominación mejoradores o acondicionadores de suelos con marcas comerciales como “SPERSAL”, “SODIAL”, “PROMESOL Ca”, “PROMESOL 5X”, “FERTIORGAN Ca”, “FERTIORGAN HUMUS”, entre otros. Los que son acondicionadores de suelos presentan en su composición ácidos orgánicos solubles, polímeros, polisacáridos, que absorben los cationes y los llevan fuera de la zona de raíces, lavando las sales llevándolas fuera de las raíces (Abascal, 2018).

Entonces existe la necesidad de estrategias de tratamientos eficientes y de bajo costo para reducir la toxicidad de la sal en los suelos y mejorar sus propiedades, así como la aplicación de enmiendas orgánicas (Shaaban *et al.*, 2013), o la aplicación de bioestimulante el cual Jorquera y Yuri (2006) lo definen como “compuestos a base de hormonas o extractos vegetales metabólicamente activos, como aminoácidos (aa) y ácidos orgánicos”, que se emplean para combatir el estrés generado en las plantas como el producto “BALOX”, que es un bioestimulante inductor de la tolerancia en la planta frente a un estrés salino. Al ser un bioestimulante pensado en influenciar en el metabolismo de la planta, su aplicación está dirigida principalmente al sistema radicular de los cultivos; sin embargo, para el caso de las tierras con fines agrícolas, se hace necesario evaluar el efecto que este bioestimulante pueda generar sobre la mejora de las propiedades del suelo, ya que es el medio que alberga al sistema radicular.

Por lo tanto, es importante conocer cuál es la respuesta del suelo frente a una aplicación, planteándose como objetivo principal evaluar el efecto de este bioestimulante como mejorador de la calidad del suelo y así contribuir a la valoración de dicho producto en el uso de la agricultura.

Los objetivos secundarios planteados son:

- ✓ Determinar las propiedades físico-químicas de los 3 tipos de suelo.
- ✓ Evaluar la mejora de las propiedades físico-químicas de los 3 tipos de suelo.
- ✓ Determinar la influencia de la salinidad del suelo en respuesta a la aplicación del bioestimulante.
- ✓ Evaluar el efecto de 3 dosis de bioestimulante aplicada al suelo.
- ✓ Comparar el efecto de la aplicación del bioestimulante evaluado en 2 tiempos de actuación.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

La metodología de la investigación consistió en las siguientes fases: planeamiento, experimental, laboratorio y gabinete (Figura 1 del Anexo 2). A continuación, se detalla cada una de ellas:

#### **3.1. Fase de planeamiento**

##### **3.1.1. Ubicación experimental**

La presente investigación experimental se desarrolló en la Universidad Politécnica de Valencia. La parte experimental se llevó a cabo en el invernadero N° 19, donde se instalaron 3 mesas que albergaron las macetas (Figura 1 del Anexo 3), además para mantener la uniformidad del paso de la luz se renovó la cubierta de protección solar (Figura 2 del Anexo 3). Los análisis de suelos se realizaron en el laboratorio de suelos del Departamento de Producción Vegetal.

### **3.1.2. Diseño experimental**

La investigación consistió en un diseño multivariado que consta de 3 clases texturales distintas (FrAr = franco arcilloso; Fr = franco y Ao = arenoso), 3 niveles de salinidad (NS = no salino; S = salino y MS = Muy salino), 3 dosis (0 L/ha; 2 L/ha y 4 L/ha), 2 periodos de evaluación (30 y 60 días) y 3 réplicas, resultando un total de 162 unidades experimentales. La distribución espacial de las unidades experimentales se detalla en la Figura 3 del Anexo 3.

### **3.1.3. Preparación de muestras de suelo**

Para el estudio sobre los diferentes suelos, se buscaron 3 clases texturales de suelo: Arenoso (Ao), Franco (Fr) y Franco arcilloso (FrAr). Estos debían presentar 3 niveles de salinidad (no salino, salino y muy salino), teniendo en consideración la clasificación de los suelos por niveles de salinidad descrita por diversos autores (García *et al.*, 2010; Hernández, 2012). Por lo tanto, con la finalidad de obtener estos niveles de salinidad se salinizaron regándolas con una solución salina de NaCl (sal común) a diferentes concentraciones. En origen se partieron de suelos procedentes de uso agrícola: suelo arenoso no salino (AoNS), franco no salino (FrNS), franco arcilloso no salino (FrArNS) y franco arcilloso salino (FrArS). Los dos primeros suelos el AoNS y FrNS se regaron con una solución de NaCl a una concentración de 35 mM y 100 mM para obtener un suelo salino y suelo muy salino respectivamente. Y para el suelo obtener un suelo franco arcilloso muy salino (FrArMS) sólo fue necesario utilizar una solución de 35 mM de NaCl partiendo de un suelo FrArS. Por lo que las muestras de suelos pasaron por un proceso de riego con solución salina, secado y tamizado antes de empezar la fase experimental mostrados en las Figuras 4, 5 y 6 del Anexo 3.

## **3.2. Fase experimental**

### **3.2.1. Suelo**

Las muestras de suelo salinizadas y tamizadas se introdujeron a una mezcladora de hormigón con la finalidad de homogeneizar la muestra de suelo (Figura 1 del Anexo 4).

### **3.2.2. Preparación y llenado de macetas**

Para el seguimiento y evaluación de cada unidad experimental, se codificaron las macetas en el orden siguiente: clase textural, nivel de salinidad, dosis del producto, estudio en suelo, periodo y número de réplica según se muestra la Figura 2 del Anexo 4. Una vez finalizada la codificación, se procedió al llenado de las macetas con suelo hasta una altura de 11,5 cm. La capacidad de las macetas fue de 2 litros (altura de 13,5 cm, 15 cm diámetro en la parte superior y 11,2 cm en la base). Además, se introdujeron en el interior de cada maceta 2 tubos de PVC (2,1 cm de diámetro interno y 4,7 cm de altura), el primero se ubicó a una altura 2 cm y el segundo a 5,5 cm por encima de la base de la maceta respectivamente, con estos tubos se pretendía mantener intacto el proceso de agregación del suelo y obtener muestras inalteradas necesarias para el posterior análisis de las propiedades físicas del suelo. Finalizando con un total de 162 macetas preparadas y distribuidas cada clase textural por mesa, con 54 macetas/mesa como se muestra en la Figura 3 del Anexo 4.

### **3.2.3. Producto**

#### **3.2.3.1. Características de BALOX**

BALOX es un bioestimulante de la empresa INNOVAK GLOBAL, que induce a la tolerancia frente al estrés metabólico en la planta, causado por salinidad del suelo. Tiene como componentes principales Polifenoles Totales al 1.4% p/p (Expresados como equivalentes de ácido gálico) y Glicina-Betaína al 3,0 % p/p. Los cuales provocan en la planta un incremento en la biosíntesis de ciclitoles específicos que actúan como solutos compatibles para regular los potenciales osmóticos dentro de las células de la raíz y de la planta, confiriendo tolerancia al estrés salino. Su aplicación es dirigida al sistema radicular través del sistema de riego por goteo, microaspersión o al pie de la planta por drench (INNOVAK GLOBAL, 2021). La Ficha técnica se detalla en la Figura 4 del Anexo 4.

### **3.2.4. Riego**

Para la valoración del efecto del bioestimulante BALOX en el suelo, se aplicaron 3 dosis diferentes (0 L/ha, 2 L/ha y 4 L/ha), utilizando agua de grifo del invernadero (Figura 5 del Anexo 4). Se seleccionaron estas cantidades siguiendo las directrices de la empresa, que corresponden al uso de la dosis comercial recomendada por INNOVAK GLOBAL. Por lo tanto, se aplicaron riegos con solución (bioestimulante + agua) cada 15 días, que sumaron un total de 2 aplicaciones de solución para el periodo de 30 días y 4 aplicaciones para el periodo de 60 días, la primera aplicación fue de 350 ml de solución/maceta y los siguientes fueron de 175 ml de solución/maceta. Además, se aplicaron riegos de mantenimiento que contenían sólo agua de grifo sin añadir bioestimulante, con la finalidad de simular las condiciones de riego de un cultivo (tomate), que sumaron un total de 1050 y 2100 ml de agua sin bioestimulante/maceta para los periodos de 30 y 60 días respectivamente, tal como se muestra en la Figura 6 y 7 del Anexo 4. Con el objetivo de conocer la calidad del agua de riego y del agua infiltrada se realizaron mediciones de CE y pH durante cada riego.

## **3.3. Fase de laboratorio**

### **3.3.1. Análisis físicos y químicos**

En esta fase se realizaron los análisis de las propiedades físicas y químicas de los suelos experimentales. Las variables que se analizaron fueron: textura, resistencia a la penetración (RP), porosidad, densidad aparente (DA), estabilidad de agregados (EA), capacidad de retención de agua disponible (CRAD), pH, C<sub>Ee</sub>, materia orgánica (MO), capacidad de intercambio catiónico (CIC), cationes básicos (K<sup>+</sup>; Ca<sup>2+</sup>; Mg<sup>2+</sup> y Na<sup>+</sup>), siguiendo las metodologías internacionales que se indican en la Tabla 1 del Anexo 5.

#### **3.3.1.1. Textura**

Se determinó la textura sólo de los suelos iniciales (9 muestras), porque la textura de un suelo no cambia, determinando el contenido de arcilla, limo y arena. Se utilizó el método Bouyoucos que consistió en la agitación del suelo en una solución diluida con hexametáfosfato sódico y mediante el densímetro se midió la densidad de la suspensión del suelo en diferentes tiempos. Finalmente se obtuvieron las texturas utilizando el triángulo textural (Figura 1 del Anexo 5) y se clasificaron en grupos según la Tabla 2 del Anexo 5.

#### **3.3.1.2. Resistencia a la penetración (RP)**

En la determinación de la resistencia a la penetración se utilizó un penetrómetro de bolsillo que expresó sus mediciones en Kg/cm<sup>2</sup>. Una vez finalizado cada periodo (30 y 60 días) se seleccionaron 3 zonas de muestreo por cada maceta en el suelo inalterado, en donde se realizaron mediciones de la RP en húmedo para muestras con humedad volumétrica de campo utilizando una punta de 15 mm de diámetro, y para la RP en seco las muestras fueron secadas a estufa a una temperatura de 105 °C utilizando una punta de 20 mm de diámetro para la medición respectiva tal como se muestra en la Figura 2, 3 y 4 del Anexo 5. La humedad volumétrica se midió con un sensor de humedad del fabricante Delta-T Devices del modelo ML2x que usa la técnica de la impedancia.

#### **3.3.1.3. Capacidad de Retención de Agua Disponible (CRAD)**

Se extrajeron los tubos de PVC que contenían muestras de suelo inalteradas para la determinación del CRAD según muestra la Figura 5 del Anexo 5. Para ello se siguieron los siguientes pasos: i) saturación de las muestras en una cubeta, ii) secado a estufa 105 °C, iii) saturación de las muestras, iv) colocación de las muestras a la olla de Richards donde se aplicó una presión de 0,33 (atm) durante 24 horas (Figura 6 del Anexo 5), v) pesado de las muestras que provenían de la olla de Richards, vi) luego se introdujeron las muestras pesadas a la olla de Richards y se aplicó una presión de 15 (atm) durante 72 horas, vii) pesado de las muestras, viii) colocación de las muestras a estufa con temperatura de 105 °C durante 24 horas. El CRAD se calculó de la diferencia entre

CC y PMP, expresado en porcentaje: en donde CC: Capacidad de campo (0,33 atm) y PMP: Punto de marchitez permanente (15 atm).

#### 3.3.1.4. Porosidad

La determinación directa de la porosidad se realizó con el método del cilindro (tubos de PVC). Se colocaron las muestras de suelo contenidas en los tubos de PVC a un picnómetro de laboratorio previamente calibrado (Figura 7 del Anexo 5), anotando la lectura para su posterior cálculo (Richards, 1954) según la fórmula siguiente:

$$V_s = (V_{suelo} + V_{anillo}) - V_{anillo}$$

$$Porosidad (\%) = \left(1 - \frac{V_s}{V_t}\right) \times 100$$

Vs: volumen sólido

Vt: volumen total que ocupa el sólido en el anillo

#### 3.3.1.5. Densidad aparente (DA)

Para hallar la densidad aparente se procedió a dividir la masa de suelo seco sobre la unidad de volumen (Richards, 1954), según la fórmula siguiente:

$$Da \left(\frac{g}{cm^3}\right) = \frac{P_{suelo}}{V_t}$$

#### 3.3.1.6. Estabilidad de agregados (EA)

Se determinó la estabilidad de agregados siguiendo el método de tamizado en húmedo (Yoder, 1936; Kemper y Rosenau, 1986), que consistió en medir la cantidad de agregados que permanecieron estables cuando estas se sometieron a fuerzas mecánicas de tamizado en húmedo. Se utilizaron 4 gramos de suelo tamizado y se introdujeron a un tamiz de 0,250 mm de diámetro, el cual con un movimiento mecánico de subida y bajada se sumergía en agua contenida en un recipiente "A" durante 3 minutos con el objetivo de desintegrar los agregados inestables por acción del golpeo del agregado con la superficie del agua. Luego se cambió de recipiente "B" que contenía hexametáfosfato de sodio y se reinició el movimiento mecánico durante 5 minutos para desintegrar los agregados estables. El resto de partículas que quedaron en el tamiz se vaciaron a otro recipiente "C". Finalmente, los 3 recipientes se llevaron a estufa a una temperatura de 105 °C durante 24 horas (Figura 8 del Anexo 5), para posteriormente tomar medida del peso seco.

$$E.A. (\%) = \frac{P_{f. estable} - P_{arena}}{(P_{f. estable} + P_{f. inestable}) - P_{arena}} \times 100$$

Pf. estable: peso de suelo de la fracción estable

Pf. inestable: peso de suelo de la fracción inestable

#### 3.3.1.7. pH

Se determinó la concentración de iones de hidrógeno por el método de electrometría utilizando el medidor de pH de compensación automática de temperatura, de marca Crison micro-pH 2001 según se muestra en la Figura 9 del Anexo 5, que consistió en poner en contacto los electrodos con la solución de extracto de pasta de saturación (Richards, 1954).

#### 3.3.1.8. Conductividad eléctrica (CE)

Se midió la CEe de las muestras aplicando el método descrito por Richards (1954), que consistió en la toma de la lectura de la conductividad eléctrica del extracto de pasta de saturación con un conductímetro de marca Crison micro-CM 2202 (Figura 9 del Anexo 5) y se expresaron las medidas en dS/m.

### 3.3.1.9. Materia orgánica (MO)

Para la determinación de la MO se utilizó el método de calcinación, que consistió en la destrucción de la materia orgánica a temperaturas elevadas. Las muestras de suelo tamizadas (4 g aprox.), se colocaron en un recipiente de vidrio y se llevaron a una mufla sometidas a 450 °C tal como se muestra en la Figura 10 del Anexo 5, esta temperatura hizo que todo material orgánico se destruyera. La diferencia entre peso inicial y final de la muestra dividido por el peso de la muestra inicial dio como resultado la obtención de MO expresado en porcentaje (Aguilar, 2019).

$$\text{Fracción orgánica (\%)} = \frac{(P_{\text{suelo } 105^{\circ}\text{C}} - P_{\text{suelo } 450^{\circ}\text{C}})}{P_{\text{suelo } 105^{\circ}\text{C}}} \times 100$$

### 3.3.1.10. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Para su determinación se aplicó el método Acetato amónico a pH 7. Utilizando 5 g de suelo se agregó Acetato amónico 1 N para saturar los sitios de intercambio agitando las muestras durante 30 minutos, y se vertieron a un embudo aplicando vacío. Posteriormente, se lavó el suelo con alcohol, ocasionando que el amonio resultante ocupe los sitios de cambio. Luego se aplicó cloruro de sodio 10% lixiviando el suelo para desplazar al amonio y finalmente el extracto se tituló con hidróxido de sodio 0,1 N que midió la concentración de amonio (McKean, 1993). Tal como se observa en la Figura 11 del Anexo 5.

$$\text{CIC} \left( \frac{\text{meq}}{100 \text{ g suelo}} \right) = \frac{(V_{m_{\text{NaOH}}} - V_{b_{\text{NaOH}}}) \times N \times 100}{P}$$

$V_{m_{\text{NaOH}}}$  = Volumen de NaOH utilizado para la muestra de suelo (ml)

$V_{b_{\text{NaOH}}}$  = Volumen de NaOH utilizado para el blanco (ml)

N = Normalidad del NaOH

P = Peso del suelo (g)

### 3.3.1.11. Cationes solubles ( $\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Na}^+$ )

Para la determinación de calcio, potasio y sodio, se utilizaron los extractos de la pasta saturada, aplicando la técnica de fotometría de llama que es un método de análisis absoluto y adecuado para elementos metálicos, consistiendo este método en que los compuestos se disocian térmicamente en una llama de baja temperatura, el cuál debe estar previamente calibrado (Aragón y Amaya, 2015), siguiendo una curva patrón por cada elemento a analizar. Se utilizó un fotómetro de llama marca sherwood modelo 410 (Figura 12 del Anexo 5). Además para el análisis de magnesio, se siguió el principio de volumetría complexométrica con EDTA a pH 10 y como indicador se utilizó negro de ericromo T. Este principio se basa en que el EDTA reacciona con el calcio de forma idéntica con el magnesio. Esto da como resultado el contenido de calcio + magnesio, que al final se descuenta el valor del calcio.

$$\text{Ca} + \text{Mg} \left( \frac{\text{meq}}{\text{l}} \right) = \frac{(V_{\text{EDTA}} \times N)}{V_m} \times 1000$$

$V_{\text{EDTA}}$ : Volumen, en ml, de EDTA 0,01 M consumidos en la valoración.

$V_m$ : Volumen de la muestra en ml.

## 3.4. Fase de gabinete

### 3.4.1. Cálculo de la relación de adsorción de sodio (RAS)

La Relación de Adsorción de Sodio se calculó con las concentración de iones de  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$  (meq/l) empleándose la ecuación de Richards (1954).

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

### 3.4.2. Análisis estadístico

Se realizó la prueba de normalidad de datos con Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk. Para las variables que resultaron con datos anormales se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, comparando las medianas con la prueba de Mann-Whitney representados con letras mayúsculas (ABC) en las figuras y tablas. Y para los datos normales se realizó un ANOVA y una prueba de Tukey HSD que compara las medias representadas con letras minúsculas (abc) en las figuras y tablas, ambos casos con un nivel de confianza de 95%, procesando los datos en el programa IBM SPSS Statistics y Statgraphics Centurión 18.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos mostrados en la Tabla 1, pertenecen a los suelos con los que se inició la fase experimental. Los resultados a modo general muestran que el suelo franco arcilloso posee valores elevados en todas las propiedades evaluadas, en comparación de los valores del suelo franco y arenoso, esto da a entender que los suelos de textura fina que contienen arcillas que son silicatos de aluminio, tienen la capacidad de adsorber iones en su estructura e intercambiar iones, por poseer elevadas cargas negativas (Rucks *et al.*, 2004), además estos autores indican que el contenido de  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{K}^+$  fue menor en la fracción de arena y mayor en la fracción que contenían arcillas. Entonces la importancia en la fertilidad del suelo es el contenido coloidal, a mayor coloide, mayor será la fertilidad del suelo, debido a la mayor capacidad de almacenamiento de nutrientes (Toledo, 2016), reflejado en los valores de la CIC que son elevadas en el suelo franco arcilloso. Por lo tanto, se tiene suelos con diferentes características.

Tabla 1: Resultados de las propiedades físicas y químicas de los suelos iniciales

Propiedades	Suelos experimentales								
	AoNS	AoS	AoMS	FrNS	FrS	FrMS	FrArNS	FrArS	FrArMS
Arcilla (%)	2,5	2,5	2,5	19,0	21,0	21,5	35,2	36,5	35,9
Limo (%)	0	0	0	34,9	32,9	32,4	37,8	41,0	36,0
Arena (%)	97,5	97,5	97,5	46,1	46,1	46,1	27,0	22,5	28,1
CEe (dS/m)	0,78	5,26	14,29	2,46	6,29	14,35	2,77	7,99	12,44
pH	7,60	8,02	8,02	7,86	7,80	7,78	7,67	7,71	7,88
MO (%)	0,01	0,02	0,03	0,30	0,32	0,40	0,87	1,04	1,16
CIC (meq/100 g suelo)	0,50	0,59	0,48	4,72	6,95	8,16	13,52	11,79	19,52
$\text{K}^+$ (meq/l)	3,0	7,04	11,27	5,72	6,34	10,22	7,83	12,67	18,22
$\text{Ca}^{2+}$ (meq/l)	0,27	0,50	0,70	0,76	1,59	3,35	0,92	1,57	1,75
$\text{Mg}^{2+}$ (meq/l)	5,67	7,28	7,80	10,74	20,17	32,75	15,30	38,53	42,31
$\text{Na}^+$ (meq/l)	1,13	2,65	5,68	1,21	2,57	5,44	1,20	2,63	5,20
EA (%)	10,81	10,01	7,61	2,12	1,13	1,15	3,61	12,60	18,52
Porosidad (%)	35,8	43,6	38,8	50,9	54,3	50,1	69,0	64,3	62,3
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,51	1,46	1,46	1,25	1,29	1,38	1,05	1,02	1,06
CRAD (%)	1,5	0,8	0,6	3,7	5,6	3,2	12	8,5	4,7
RAS	0,66	1,34	2,76	0,50	0,78	1,28	0,42	0,59	1,11

### 4.1. Interacción de los indicadores físico-químicas por clase textural

Los resultados que se muestran en esta sección corresponden al conjunto total de muestras (162) diferenciadas sólo por su clase textural: franco arcilloso (FrAr), franco (Fr) y arenoso (Ao), que consta de 54 muestras cada una independientemente de las dosis, cuyos resultados del análisis estadístico se muestran en la Tabla 1 del Anexo 6.

#### 4.1.1. Indicadores físicos

##### 4.1.1.1. Resistencia a la penetración (RP)

La compactación del suelo altera el crecimiento y desarrollo de las raíces o limita la implantación de un determinado cultivo. Es por ello la importancia del análisis de la RP, encontrándose significancia estadística entre suelos en las 2 condiciones evaluadas, ya sea en húmedo (FrAr, Fr y Ao con una humedad volumétrica promedio de 38,5%, 29,6% y 14,7% respectivamente) y en seco (0% de humedad en los 3 tipos de suelos) según la Figura 3a y 3b respectivamente. En húmedo el suelo franco arcilloso es significativamente diferente al suelo franco y arenoso con valores medios de 1,94 kg/cm<sup>2</sup> (FrAr), 1,24 kg/cm<sup>2</sup> (Fr) y 1,30 kg/cm<sup>2</sup> (Ao), en cambio en seco el suelo arenoso es significativamente diferente al suelo franco arcilloso y franco con valores medios de 7 kg/cm<sup>2</sup> (FrAr y Fr), 0,42 kg/cm<sup>2</sup> (Ao). Estos resultados correlacionan la humedad y la resistencia a la penetración (Demuner *et al.*, 2013). Y que además los suelos de textura fina y media tienden a compactarse mucho más por el mayor contenido de arcilla, que los suelos de textura gruesa (López *et al.*, 2018). Entonces la humedad es la responsable del efecto de adhesión en los suelos y que a medida que estos se van secando se requiere de mayor fuerza o energía para penetrarlas (Moreno & Villafaña, 2009). En el suelo arenoso tiene un comportamiento diferente las fuerzas de cohesión y adhesión siendo menores con respecto a los suelos FrAr y Fr. Además la RP del Ao en húmedo es ligeramente superior a la del seco, debido a que el suelo arenoso en húmedo la fuerza de adhesión es mayor a la del seco. Por lo tanto, para tener un buen desarrollo de la raíz de los cultivos la RP debería ser menor a 9 kg/cm<sup>2</sup> (Taboada y Álvarez, 2008).

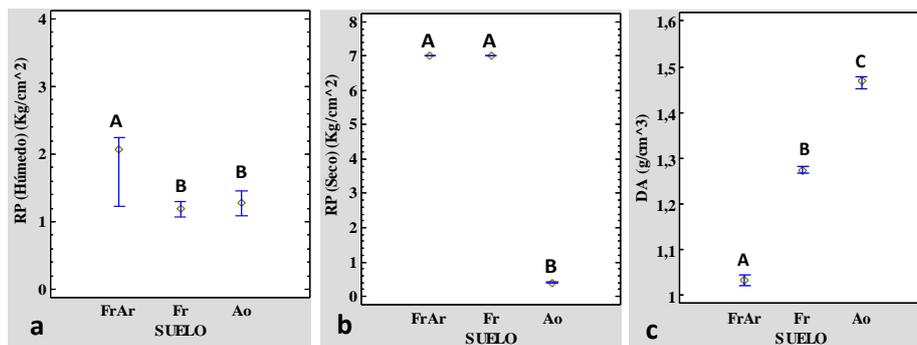


Figura 3: Gráfico de comparación de medianas para el factor suelo y la (RP y DA).

##### 4.1.1.2. Densidad aparente (DA)

En cuanto a la densidad aparente (Figura 3c) existe diferencias significativas entre los 3 suelos, con valores medios de 1,04 g/cm<sup>3</sup>; 1,27 g/cm<sup>3</sup> y 1,46 g/cm<sup>3</sup> en el suelo franco arcilloso, franco y arenoso respectivamente. Estos resultados muestran que la DA está influenciada por la textura como indican Jaurixje *et al.* (2013), y que en suelos de textura fina la DA es menor que en suelos de textura media y que cuanto mayor es el volumen de poros menor será la DA. Por lo tanto, los valores medios obtenidos en los 3 suelos están dentro del valor ideal para el crecimiento de la raíz de la planta (USDA, 1999; López *et al.*, 2018).

##### 4.1.1.3. Capacidad de retención de agua disponible (CRAD)

Con respecto al CRAD (Figura 4a) existe diferencias significativas entre los 3 suelos, con valores medios de 12,25%, 2,29% y 0,80% en el suelo franco arcilloso, franco y arenoso respectivamente. Bejar *et al.* (2020), indican que el CRAD tiene relación directa con la textura, por lo tanto, los suelos de textura fina tienen mayor CRAD, además de está relacionado con la DA y la MO. Los microporos retienen el agua que estará disponible para las plantas, así que el suelo franco y arenoso poseen una porosidad muy reducida, es por ello que estos suelos tienen menor CRAD. Así mismo el suelo franco arcilloso se encuentra el rango óptimo, en comparación del suelo franco y arenoso que están por debajo del rango óptimo que es de 12% y 5% respectivamente, finalmente se puede decir que el CRAD es limitada en suelos de textura gruesa y media.

#### 4.1.1.4. Porosidad

En la evaluación de la porosidad (Figura 4b) existe diferencias significativas entre los 3 suelos, con valores medios de 63,6%, 58,4% y 49,4% en el suelo franco arcilloso, franco y arenoso respectivamente. Los resultados corroboran la relación directa con el CRAD e inversamente proporcional con la DA, y es que en suelos de textura fina existen poros de menor tamaño y en mayor cantidad, en comparación de los suelos de textura gruesa, debido al tamaño de las partículas minerales que la conforman (González-Barrios *et al.*, 2012; Jaurixje *et al.*, 2013). Esto refleja que la aireación del suelo depende principalmente de la cantidad y el tamaño de poros como los macroporos, en menor relevancia los microporos y mesoporos, cada una con funciones distintas como la aireación y drenaje, retención y conducción de agua (Gómez, 2013). Con respecto a los valores medios encontrados estos se encuentran por encima de los óptimos que son 49% (FrAr); 47% (Fr) y 38% el (Ao), siendo perjudicial en los suelos arenosos debido a la pérdida de agua y nutrientes por percolación.

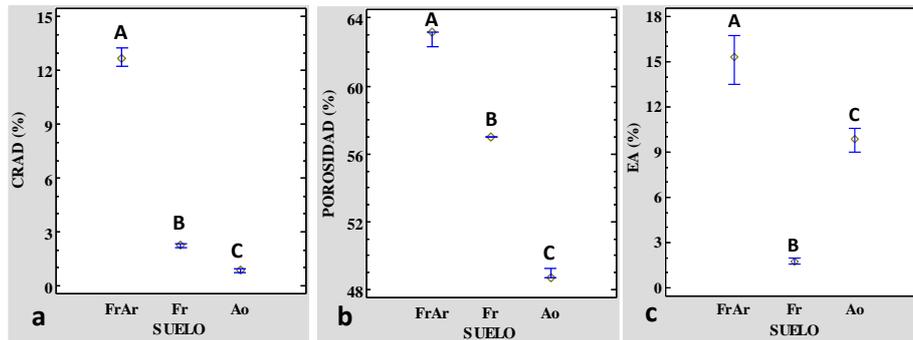


Figura 4: Gráfico de comparación de medianas para el factor suelo y (CRAD, porosidad y DA).

#### 4.1.1.5. Estabilidad de agregados (EA)

En la estabilidad de agregados (Figura 4c) existe diferencias significativas entre los 3 suelos, con valores medios de 14,57%, 1,83% y 9,73% para el suelo franco arcilloso, franco y arenoso respectivamente. Estos resultados muestran que los suelos de textura fina, que contienen en mayor proporción partículas de arcilla, estos cumplen la función de agente estabilizante, proporcionando un mayor porcentaje de agregación debido a la floculación de estas y que al unirse con cationes u otro agente orgánico estabilizante le proporcionará un mayor grado de estabilidad (Amézketa, 1999; Roldan *et al.*, 2014), sin embargo, esto no ocurre en gran medida en suelos textura media y gruesa. En cambio, el suelo arenoso resultó con un mayor porcentaje de EA que el suelo franco, podría ser que el efecto de los óxidos de hierro como agentes inorgánicos estabilizantes hayan influenciado (Acevedo-Sandoval *et al.*, 2004), otra causa podría ser la relación del tamaño del mineral de arena entre el número de tamiz utilizado, esto no se logró validar, a pesar de ello los valores encontrados están por debajo del nivel óptimo.

#### 4.1.2. Indicadores químicos

##### 4.1.2.1. pH

Con respecto al pH (Figura 5a) no existe diferencias significativas entre los 3 suelos, con valores medios de 7,60, 7,61 y 7,62 en el suelo franco arcilloso, franco y arenoso respectivamente, entonces estos valores clasifican al suelo como alcalinos (García *et al.*, 2010). La alcalinidad provoca la precipitación del fósforo en formas insolubles, como fosfatos de calcio, además el calcio, magnesio y el potasio son más asimilables, ocurre lo contrario con el hierro, manganeso, cobre y zinc que se insolubilizan en estas condiciones de pH (Navarro y Navarro, 2013).

##### 4.1.2.2. Conductividad eléctrica (CEe)

En el análisis de la CEe (Figura 5b) existe significancia estadística, el suelo franco arcilloso con valor medio de 6,62 dS/m es significativamente diferente al suelo franco y arenoso con valores

medios de 2,23 dS/m y 2,08 dS/m respectivamente. El suelo franco arcilloso resultó con una elevada CEE, esto se debe a la composición mineralógica y a las fuerzas de retención de iones que son superiores a las del suelo franco y arenoso, limitando la pérdida de las sales mediante el lavado producto del agua de riego. Además, el suelo franco arcilloso se clasifica como un suelo salino y en este nivel afecta el crecimiento y rendimiento de los cultivos (García *et al.*, 2010), por otro lado, el suelo franco y arenoso son clasificados como no salino o normal (Hernández, 2012) y en este nivel se produce sensibilidad en algunos cultivos.

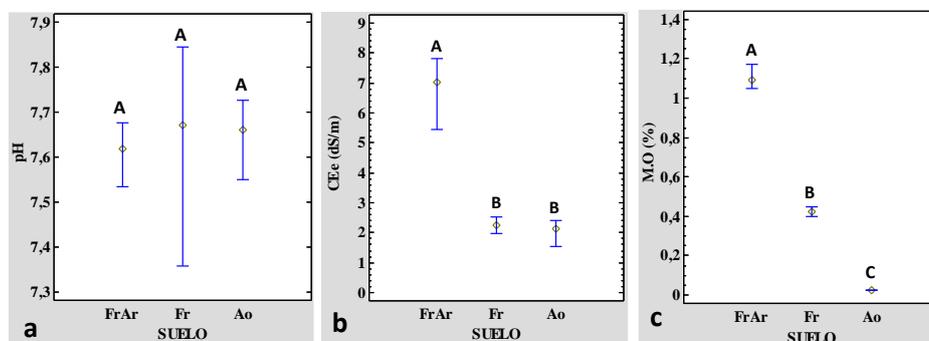


Figura 5: Gráfico de comparación de medianas para el factor suelo y (pH, CEE y MO).

#### 4.1.2.3. Materia orgánica (MO)

En la Figura 5c muestra el contenido de MO el cual existe diferencias significativas entre los 3 suelos, con valores medios de 1,12% (FrAr), 0,42% (Fr) y 0,03% (Ao). Para Andrades y Martínez (2014), estos valores medios se clasifican como niveles muy bajos. Entonces la acumulación de MO está directamente relacionada con la textura y la cantidad de material orgánico aportado (Matus y Maire, 2000), además de la calidad o composición como indican (González-Ubierna *et al.*, 2012). Resulta máxima la retención de MO, cuando la tasa de incorporación es igual a la tasa de mineralización, dependiendo la mineralización de la acción biológica en el suelo.

#### 4.1.2.4. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Para la CIC (Figura 6a) existe significancia estadística, con diferencias significativas entre los 3 suelos con valores medios de 12,65 meq/100 g suelo (FrAr), 4,76 meq/100 g suelo (Fr) y 0,56 meq/100 g suelo (Ao). La CIC está asociado a la textura mientras más finas sean estas, aportaran mayores sitios de intercambio reteniendo mejor los cationes por las fuerzas electrostáticas, además está relacionada con la cantidad de MO debido a que aportan cargas negativas (Pérez *et al.*, 2017; Guevara, 2018; López *et al.*, 2019; Martínez-Aguilar *et al.*, 2020). Sin embargo, el suelo franco arcilloso está en un nivel medio, esto le permitirá almacenar cantidades de nutrientes razonables en el suelo, que a la vez suministrará a las plantas cuando las necesite, en cambio el suelo franco y arenoso está en un nivel muy bajo, siendo necesario controlar los aportes de nutrientes y también evitar pérdidas por lixiviación.

#### 4.1.2.5. Cationes solubles ( $K^+$ ; $Ca^{2+}$ ; $Mg^{2+}$ y $Na^+$ )

En el análisis de los cationes solubles (Figura 6b-e) existe significancia estadística, el suelo franco arcilloso con valores medios de 12,54 meq/l de  $K^+$ ; 1,86 meq/l de  $Ca^{2+}$ ; 39,26 meq/l de  $Mg^{2+}$  y 2,13 meq/l de  $Na^+$  son significativamente diferentes al suelo franco y arenoso con valores medios de 4,15 meq/l de  $K^+$ ; 0,61 meq/l de  $Ca^{2+}$ ; 8,27 meq/l de  $Mg^{2+}$ ; 1,24 meq/l de  $Na^+$  y 4,13 meq/l de  $K^+$ , 0,56 meq/l de  $Ca^{2+}$ ; 8,56 meq/l de  $Mg^{2+}$ ; 1,22 meq/l de  $Na^+$  respectivamente. Los resultados muestran que el suelo franco arcilloso tiene mayor cantidad de cationes con respecto a los otros suelos, el potasio en este suelo es considerado excesivo, esto es debido a que forma parte de los minerales arcillosos y que estas intercambian con la solución del suelo, así mismo es bajo en calcio y alto en magnesio, el magnesio por sí solo tienen un efecto dispersante, al estar asociado con el calcio favorecen a la floculación mejorando la estructura, en este caso esta relación es baja por lo que este efecto está reducido, pero no limitado.

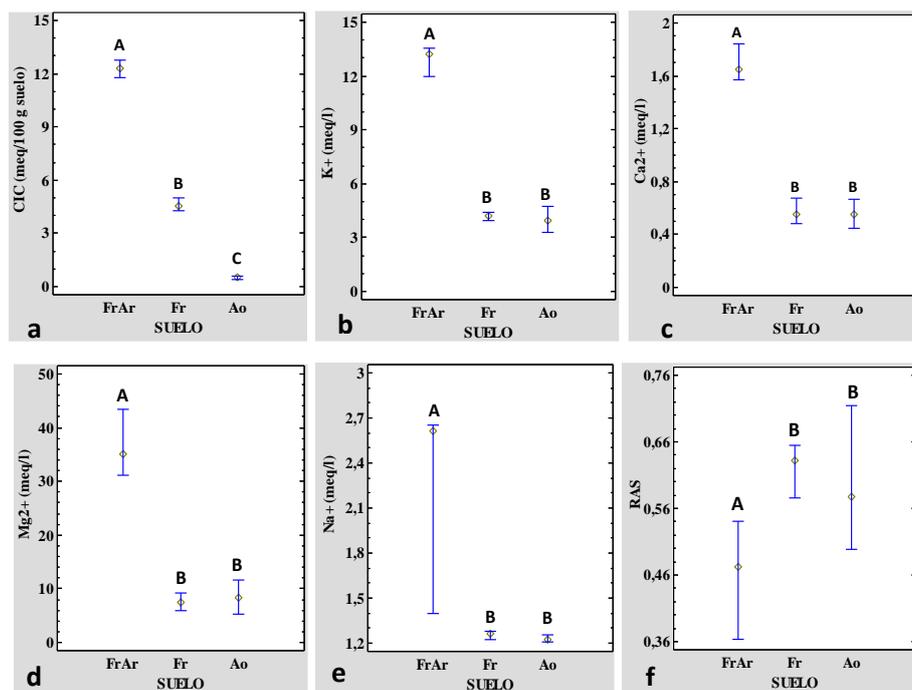


Figura 6: Gráfico de comparación de medianas para el factor suelo y el (CIC;  $K^+$ ;  $Ca^{2+}$ ;  $Mg^{2+}$   $Na^+$ ; y RAS).

#### 4.1.2.6. Relación de absorción de sodio (RAS)

Según la Figura 6f que muestra el contenido de RAS existe significancia estadística, el suelo FrAr con valor medio de 0,47 es significativamente diferente al suelo Fr y Ao con 0,63 y 0,62 respectivamente. En el suelo franco arcilloso la absorción de sodio es menor porque hay un efecto positivo del calcio + magnesio. Por lo tanto, estos valores medios y la calidad del agua de riego no generarían sodicidad en los suelos.

### 4.2. Interacción de los indicadores físico-químicas por niveles de salinidad

En este apartado el estudio general compara las 162 muestras (sin considerar el tipo de suelo, sólo considera el nivel de salinidad), los datos del análisis estadístico se muestran en la Tabla 1 del Anexo 7. Así mismo se analiza y compara los niveles de salinidad en cada suelo (54 muestras) y también se compara con sus valores medios iniciales (C1= control no salino; C2= control salino y C3= control muy salino), los datos de este análisis se detallan en la Tabla 2, 3 y 4 del Anexo 7.

#### 4.2.1. Indicadores físicos

##### 4.2.1.1. Resistencia a la penetración (RP)

El estudio en general de la RP en húmedo (Tabla 5 del Anexo 7) existe significancia estadística entre niveles de salinidad a diferencia de la RP en seco (Tabla 5 del Anexo 7) que no existe significancia estadística, por lo tanto, en húmedo la salinidad influyó en la RP de cualquier suelo y en seco no, esto se debe a que el agua sirve de lubricante entre partículas y que estas inducen al desplazamiento de ellas (González de Celis *et al.*, 2014). Sin embargo, Thompson *et al.* (2007), indican que la salinidad incrementa la humedad volumétrica en el suelo, por lo que estas repercuten en las diferentes fuerzas de adhesión entre partículas. Esto difiere en la RP en seco debido a que ahí ejerce importancia las fuerzas de cohesión entre partículas de arcillas con sus diferentes cargas, así como también las fuerzas de Van der Waals. Asimismo, Silva y Fay (2012), mencionan que la concentración de sales influye en la compactación de los suelos relacionándolo directamente con la CE, en este estudio resultó el suelo salino superior al no salino y muy salino. El estudio de cada suelo de la RP en húmedo y en seco (Figura 7): en el suelo franco arcilloso (Figura 7a) existen diferencias significativas de la RP (húmedo) entre salinidades y no existen

diferencias significativas de la RP (seco), con valores medios la RP (húmedo) de 2,29 kg/cm<sup>2</sup> (FrArNS), 2,68 kg/cm<sup>2</sup> (FrArS) y 1,05 kg/cm<sup>2</sup> (FrArMS), sólo el FrArMS es significativamente diferente al FrArNS y FrArS.

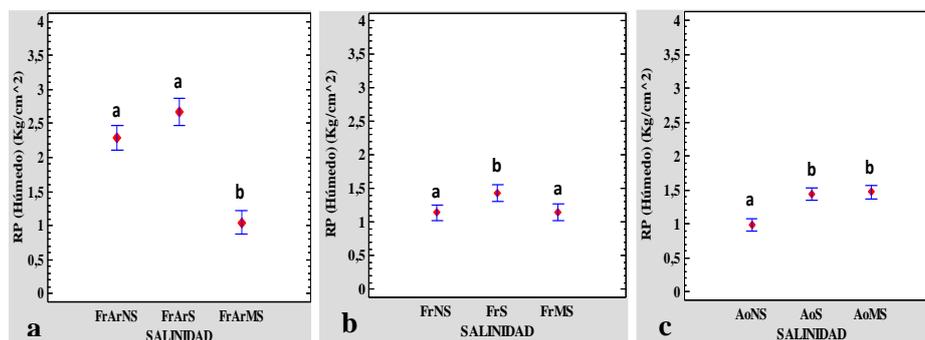


Figura 7: Gráfico de comparación de medias para el factor salinidad y la RP.

En el suelo franco (Figura 7b) existen diferencias significativas de la RP (húmedo) entre salinidades y la RP (seco) no existen diferencias significativas, en húmedo tiene valores medios de 1,14 kg/cm<sup>2</sup> (FrNS), 1,43 kg/cm<sup>2</sup> (FrS) y 1,14 kg/cm<sup>2</sup> (FrMS), sólo el FrS es significativamente diferente al FrNS y FrMS. En el suelo arenoso (Figura 7c) existen diferencias significativas tanto en húmedo como en seco entre salinidades y que el AoNS es significativamente diferente al AoS y AoMS en las dos evaluaciones. Durán (2002), concluye que la humedad del suelo tiene un efecto directo sobre la cohesión de las partículas y que además las sales hasta cierto punto favorecen la floculación, mejorando así la estructura y porosidad del suelo, esto tiene un impacto en la resistencia a la penetración evitando la compactación de los suelos (Fernando, 2019) e influenciada por la humedad.

#### 4.2.1.2. Densidad aparente (DA)

El estudio en general de la DA (Tabla 5 del Anexo 7) no existe diferencia significancia entre salinidades, así mismo en el estudio de cada suelo (Figura 8): en el suelo FrAr (Figura 8a) existe diferencias significativas entre las 3 salinidades, con valores medios de 1,07 g/cm<sup>3</sup> el FrArNS, 1,05 g/cm<sup>3</sup> (FrArS), 0,99 g/cm<sup>3</sup> (FrArMS), con respecto a los valores medios iniciales sólo el FrArMS presenta una reducción significativa del 6,6%.

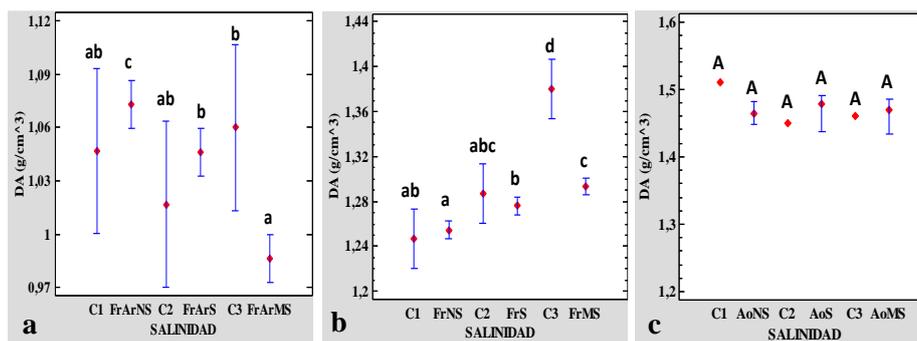


Figura 8: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor salinidad y la DA.

En el suelo franco (Figura 8b) existen diferencias significativas entre las 3 salinidades con valores medios de 1,25 g/cm<sup>3</sup> (FrNS); 1,28 g/cm<sup>3</sup> (FrS) y 1,29 g/cm<sup>3</sup> (FrMS), con respecto a los valores medios iniciales sólo el FrMS presenta una reducción significativa del 6,5%. En el suelo arenoso (Figura 8c) no existe diferencias significativas entre salinidades, así mismo no existe diferencias con sus valores medios iniciales. Indicar que la densidad aparente está relacionado con la resistencia a la penetración (Blanco-Sepúlveda, 2009). Por lo tanto, la densidad aparente es sensible a los cambios de la RP y porosidad, también está influenciado por la formación de microagregados que provocará un aumento de la estabilidad estructural.

#### 4.2.1.3. Capacidad de retención de agua disponible (CRAD)

El estudio en general del CRAD (Tabla 5 del Anexo 7) resulta que existe significancia estadística entre salinidades, el nivel muy salino es menor y diferente significativamente al no salino y muy salino, esto se debería a que las sales aumentan la floculación y por consiguiente forma espacios porosos, pero que estos no logran superar la respuesta de un suelo no salino y salino. Así mismo, en el estudio de cada suelo (Figura 9): en el suelo franco arcilloso (Figura 9a) existe diferencias significativas entre salinidades, el FrArMS con valor medio de 9,82% es menor y diferente estadísticamente al FrArS de 13,29% y al FrArNS de 13,63%. Con respecto a sus valores medios iniciales el FrArMS y FrArS aumentaron significativamente con respecto al valor medio inicial en un 108,9% y 56,4% respectivamente, esto se debe a que las sales han ido desplazándose y lavando a tal punto que el efecto de desagregación y dispersión se ha reducido, logrando un aumento de la floculación mejorando la estructura (García y Medina, 2009), y que además da lugar a la formación de microporos que favorecen la retención del contenido de agua. En el suelo franco (Figura 9b) existe diferencias significativas entre las 3 salinidades, el FrNS con 2,35%, el FrS con 2,70%, el FrMS con valor medio de 1,83%. Con respecto a sus valores medios iniciales se redujeron significativamente en un 36,5% el FrNS; el FrS en un 51,8% y el FrMS en un 42,8%. En el suelo arenoso (Figura 9c) existen diferencias significativas entre salinidades, el AoMS con 0,54% es diferente estadísticamente al AoS y AoNS con un valor medio de 0,87% y 0,96% respectivamente. Con respecto a sus valores medios iniciales sólo es significativo el AoNS reduciéndose en un 36%. El suelo franco los resultados obtenidos se relacionan con la estabilidad de agregados que disminuyen al aumentar la salinidad por lo tanto, disminuye la capacidad de retener agua, esto también explicaría el comportamiento en el suelo arenoso, a pesar que tiene un bajo contenido de arcilla.

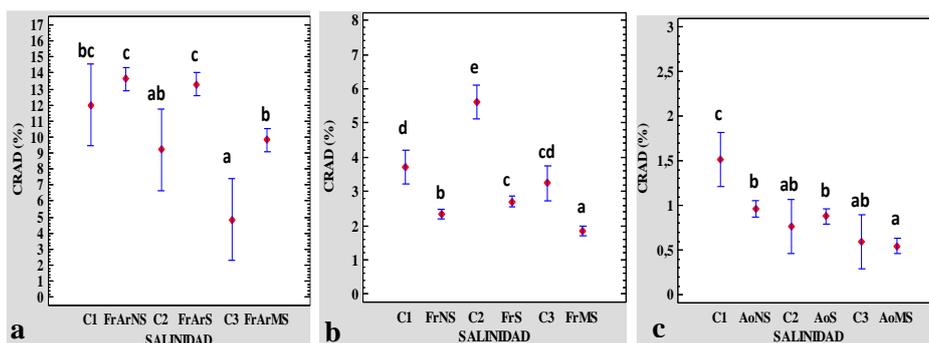


Figura 9: Gráfico de comparación de medias para el factor salinidad y el CRAD.

#### 4.2.1.4. Porosidad

El estudio en general de la porosidad (Tabla 5 del Anexo 7) no existe diferencias significativas entre salinidades, así mismo el estudio de cada suelo (Figura 10): en el suelo franco arcilloso (Figura 10a), el FrArS con valor medio de 62,3% es diferente estadísticamente al FrArMS que tiene 64,6%, con respecto a sus valores medios iniciales no existen diferencias significativas.

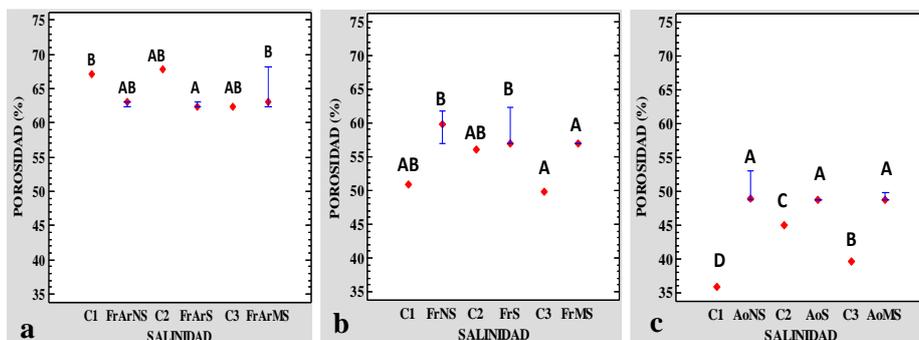


Figura 10: Gráfico de comparación de medianas para el factor salinidad y la porosidad.

En el suelo franco (Figura 10b), el FrMS con valor medio de 56,8% es diferente estadísticamente al FrS (59,1%) y FrNS (59,2%), con respecto a sus valores medios iniciales no existen diferencias significativas. En el suelo arenoso (Figura 10c) no existen diferencias significativas entre salinidades. En el FrAr presenta correlación que a mayor resistencia a la penetración causa valores bajos de porosidad debido a la compactación tal como indica Gómez (2013). El suelo arenoso presenta incrementos con respecto a los valores medios en un 40,4% el AoNS; 11,9% el AoS y 26,4% el AoMS, estos se debería al incremento significativo de la estabilidad de agregados en el AoMS.

#### 4.2.1.5. Estabilidad de agregados (EA)

El estudio en general de la EA (Tabla 5 del Anexo 7) no existe significancia estadística entre salinidades, pero con una tendencia de incremento de las medias a mayor salinidad desde el no salino con valor medio de 7,40%, el salino con 8,98% y el muy salino con 10,21%, estos resultados indicarían que las sales logran formar agregados por la floculación de las partículas del suelo y que además dependen de la cantidad y tipo de arcillas, así como del contenido de sodio (Shainberg y Letey, 1984). Así mismo en el estudio de cada suelo: el suelo franco arcilloso (Figura 11a) existen diferencias significativas, con un incremento significativo del valor medio a mayor salinidad: el FrANS con 9,38% es diferente significativamente al FrArS y FrArMS con 15,57% y 17,9% respectivamente. En el suelo franco y arenoso (Figura 11b y 11c) no existen diferencias significativas entre salinidades. El exceso de sales favorece la floculación cuando los niveles de sodio son escasas traducido esto en la formación de agregados tal como indica Fernando (2019) y que además si las sales están constituidas por una alta concentración de calcio ayudan mucho más a la floculación de las arcillas según Velasco y Úbeda (2014). Ocurre lo contrario si los niveles de arcilla son menores y el contenido de calcio es reducido, generando aumentos no significativos como sucede en el suelo franco y arenoso. Con respecto a los valores medios iniciales existen aumentos, pero no significativos en el suelo franco, en el suelo arenoso muy salino es significativo con un incremento del 32,9% con respecto al valor medio inicial.

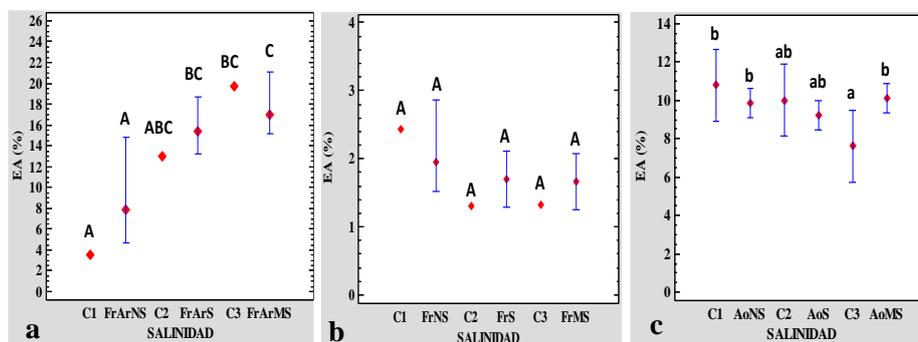


Figura 11: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor salinidad y la EA.

#### 4.2.2. Indicadores químicos

##### 4.2.2.1. pH

El estudio en general del pH (Tabla 5 del Anexo 7) no existe significancia estadística, así mismo el estudio de cada suelo (Figura 12): el suelo franco arcilloso (Figura 12a) existen diferencias significativas entre el FrArNS y el FrArMS, además aumentos significativos de los valores medios que van desde 7,53 (FrArNS); 7,61 (FrArS) y 7,66 (FrArMS). El suelo franco y arenoso (Figura 12b y 12c) respectivamente no existe diferencias significativas entre salinidades. En los 3 suelos los valores medios han disminuido con respecto al valor inicial sólo significativamente el FrArMS en un 2,8%, el AoS en un 4,9% y en 5,6% el AoMS. Se encuentra una relación directa el pH con respecto a la salinidad en el FrAr, esto se debe a un aumento de las bases cambiables (calcio, sodio, etc.) a mayor salinidad originan aumentos del pH (Zamora *et al.*, 2005; Jaurixje *et al.*, 2013; Simanca y Cuervo, 2018), en el suelo franco y arenoso no ocurre esto debido la clase textural que no adsorbe fácilmente las bases y que se pierden con el agua de riego.

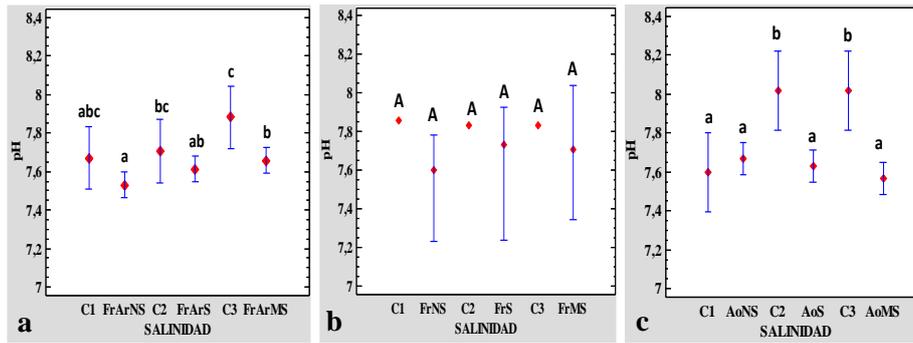


Figura 12: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor salinidad y el pH.

#### 4.2.2.2. Conductividad eléctrica (CEe)

El estudio en general de la CE (Tabla 5 del Anexo 7) existe significancia estadística entre salinidades, el no salino con valor medio de 2,60 dS/m es significativamente diferente al salino y muy salino con 4,15 dS/m y 4,42 dS/m respectivamente. Estos resultados muestran que los suelos salino y muy salino han perdido sales junto con el agua de riego. Así mismo en el estudio de cada suelo (Figura 13): el suelo franco arcilloso (Figura 13a) se encontraron diferencias significativas entre los 3 niveles de salinidad, con una reducción significativa con respecto al valor medio inicial del 32,3% sólo el FrArMS de valor medio de 8,42 dS/m; además una reducción no significativa del 6,8% del FrArS (7,45 dS/m) y un aumento no significativo del 44% del FrArNS (3,99 dS/m). El suelo franco y arenoso (Figura 13b y 13c) respectivamente no existe diferencias significativas entre los 3 niveles de salinidad, pero resultaron con reducciones significativas el FrS; FrMS; AoS y AoMS con una reducción del 40,2%; 83,8%; 63,3% y 83,1% respectivamente, con valores medios de 2,53 dS/m; 2,32 dS/m; 1,93 dS/m y 2,41 dS/m respectivamente. Los resultados indican que el suelo franco y arenoso poseen una mejor respuesta a la pérdida de sales y que la calidad del agua de riego es el factor influyente en la respuesta por que tuvo una CE de 0,93 dS/m en promedio según la Tabla 6 y Figura 1 del Anexo 7, además depende de la clase textural desde fina a gruesa la pérdida de sales es más o menos difícil respectivamente.

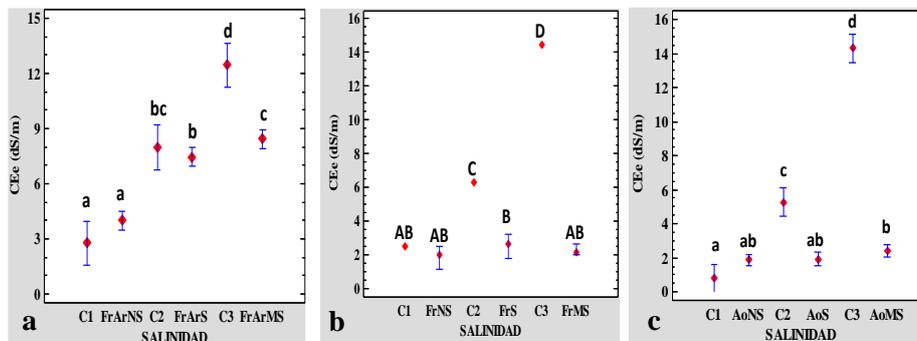


Figura 13: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor salinidad y la CEe.

#### 4.2.2.3. Materia orgánica (MO)

El estudio en general de la MO (Tabla 5 del Anexo 7) no existe significancia estadística entre salinidades, así mismo en el estudio de cada suelo (Figura 14): en el suelo franco arcilloso (Figura 14a) existe diferencias significativas entre salinidades, el FrArMS con un valor medio de 1,28% es diferente significativamente al FrArNS y FrArS que tienen 1,02% y 1,06% respectivamente. En el suelo franco (Figura 14b), el FrNS con valor medio de 0,38% es diferente significativamente al FrS y FrMS que tienen 0,45% y 0,44% respectivamente. En el suelo arenoso (Figura 14c) no existe diferencias significativas entre salinidades. Con respecto a la comparación con los valores iniciales el FrAr tiene incrementos no significativos del 17,2% el FrArNS; el FrArS en un 1,9% y en un 10,3% el FrArMS. En el suelo franco sólo presentó un aumento significativo el FrS en un

40,6% y no significativos el FrNS en un 18,8%, el FrMS en un 10%. En el suelo arenoso el incremento es significativo el no salino con 3 veces su valor medio inicial. Estos resultados mantienen la tendencia de incremento a mayor salinidad de la MO con respecto a sus valores iniciales, esto indicaría que existe un efecto distinto en las diferentes clases texturales. SHE *et al.* (2021), indican que el aumento del contenido de arcilla en el suelo reduce el efecto negativo de la salinidad en la mineralización del carbono y que los suelos de textura gruesa el efecto de la salinidad en la reserva de carbono orgánico es mayor que en suelos de textura fina, por lo tanto los aumentos de MO en el suelo franco arcilloso se ha producido por que la tasa de mineralización de carbono no ha sido afectada del todo como en los suelos de textura media y gruesa, además el potencial de la solución del suelo es mayor en suelos de textura fina que en suelos de textura media o gruesa, reduciendo el efecto de la salinidad en la reserva de carbono activo en suelos de textura fina (SHE *et al.*, 2021).

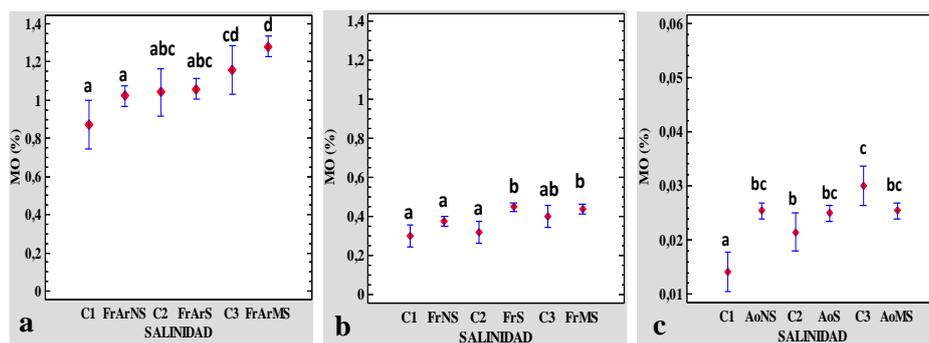


Figura 14: Gráfico de comparación de medias para el factor salinidad y la MO.

#### 4.2.2.4. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

En el estudio en general del CIC (Tabla 5 del Anexo 7) resulta que no existe significancia estadística. Así mismo en el estudio de cada suelo (Figura 15): en los 3 suelos (FrAr; Fr y Ao) de la Figura 15a; 15b y 15c respectivamente no existe diferencias significativas entre salinidades. Con respecto a sus valores iniciales presenta una reducción del 10,1% el FrArNS, el FrArS aumenta en un 6,4% y el FrArMS se reduce en un 32,1%. En el suelo franco presentó una reducción del 5,5% el FrNS, un 33,6% el FrS y el FrMS el 28,8%. En el suelo arenoso resultaron con reducciones insignificantes. Si bien los valores medios del FrAr son considerados de nivel medio, el Fr y Ao como muy bajos. Así mismo es muy pronunciado la reducción de la CIC en el salino y muy salino, esto indica que los iones fueron lixiviados, con una relación directa con la CE, pero esta relación no sería del todo directa debido a que la CE mide la totalidad de iones como el  $\text{Na}^+$  y que explicado por la serie liotrópica los iones pueden desplazar a otras como también estar retenidas con mayor fuerza (López *et al.*, 2019), entonces la CIC está relacionada con el pH, MO y el contenido de arcilla, la influencia del pH se da cuando la CIC proviene de la MO (Guevara, 2018). Además, los resultados se correlacionan con las diferencias no significativas de la MO y pH obtenido, por lo tanto, el CIC no ha mejorado.

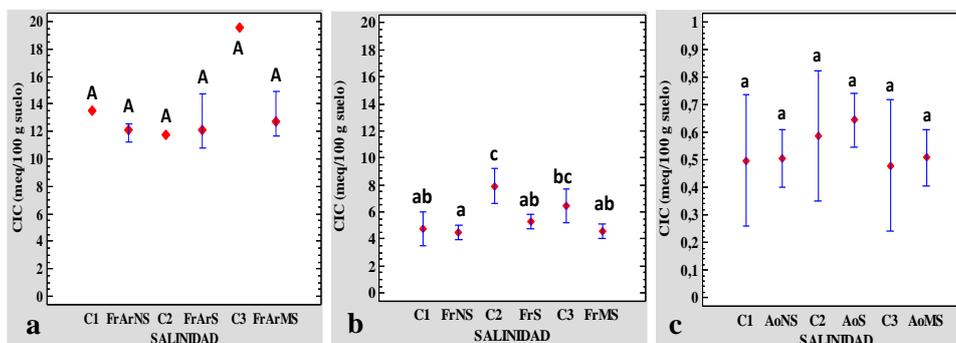


Figura 15: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor salinidad y la CIC.

#### 4.2.2.5. Cationes solubles ( $K^+$ ; $Ca^{2+}$ ; $Mg^{2+}$ y $Na^+$ )

El estudio en general del  $K^+$ ;  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$  (Tabla 5 del Anexo 7) no existe significancia estadística entre salinidades, sólo es significativo el estudio del sodio con diferencias significativas entre los 3 niveles de salinidad corroborando así que el catión relevante en los niveles de salinidad es el sodio. Así mismo en el suelo franco arcilloso (Figura 16) existe significancia estadística para los cationes solubles  $K^+$ ;  $Ca^{2+}$ ;  $Mg^{2+}$  y  $Na^+$  (Figura 16: a; b; c y d) respectivamente, el FrArNS con valores medios de 1,49 meq/l de  $Ca^{2+}$ ; 10,2 meq/l de  $K^+$ ; 27,31 meq/l de  $Mg^{2+}$  es significativamente diferente al FrArS y FrArMS que tienen 1,99 meq/l de  $Ca^{2+}$ ; 13,52 meq/l de  $K^+$ ; 45,36 meq/l de  $Mg^{2+}$  y 2,12 meq/l de  $Ca^{2+}$ ; 13,92 meq/l de  $K^+$ ; 45,11 meq/l de  $Mg^{2+}$  respectivamente. Sólo el sodio es significativamente diferente entre los 3 niveles de salinidad, aumentando sus valores medios desde 1,26 meq/l el FrArNS; 2,42 meq/l el FrArS y el FrArMS con 2,69 meq/l. En el FrArNS el  $K^+$ ;  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$  muestran incrementos significativos con respecto a sus valores medios iniciales en un 30,3%; 62% y 78,5% respectivamente; además en el FrArMS el  $K^+$  y  $Na^+$  resultó con una reducción del 23,6% y 48,3% respectivamente, estas ganancias y pérdidas está influenciado por el lavado, enmiendas provenientes del agua de riego como se indican en la Tabla 7 del Anexo 7 y que responden mejor en suelos no salinos. Lamz y González (2013), indican que las sales más comunes son  $NaCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $MgCl_2$ ,  $KCl$ , por lo tanto la solución salina incorpora estas sales y al incorporarlas al suelo en la salinización, logran aumentar los cationes bases del suelo al ser adsorbidos por las partículas arcillosas, pero en concentraciones elevadas de  $NaCl$  liberan el  $K^+$  de las partículas del suelo y harán que se pierdan por lixiviación (Gul *et al.*, 2016). Además, el sodio del FrArMS resultó con una reducción significativa producto de la lixiviación o lavado en el suelo.

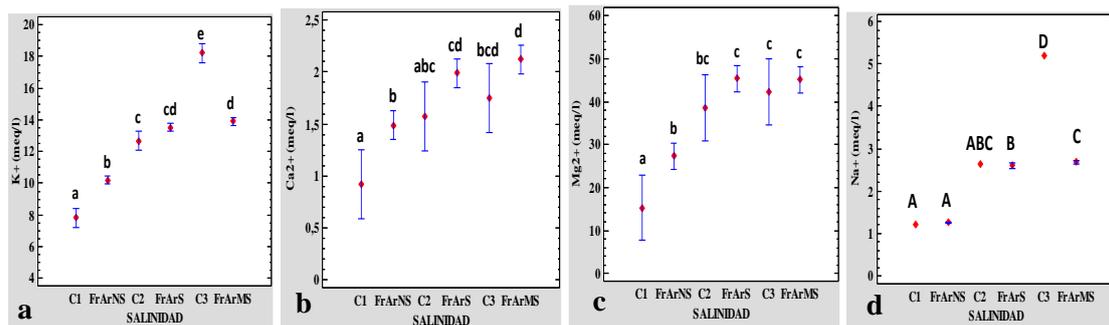


Figura 16: Gráfico de comparación de medias para el factor salinidad y cationes del FrAr.

En el suelo franco (Figura 17) existe significancia estadística para los cationes solubles  $Ca^{2+}$ ;  $Mg^{2+}$  y  $Na^+$  (Figura 16b; c y d) respectivamente y no significativo el  $K^+$  (Figura 16a), el FrMS con los valores medios de 0,49 meq/l de  $Ca^{2+}$ ; 5,77 meq/l de  $Mg^{2+}$  es menor y estadísticamente diferente al FrS y FrNS con valores medios de 0,71 meq/l de  $Ca^{2+}$ ; 10,29 meq/l de  $Mg^{2+}$  y 0,64 meq/l de  $Ca^{2+}$ ; 8,76 meq/l de  $Mg^{2+}$  respectivamente, sólo el sodio existe diferencias significativas entre los 3 niveles de salinidad, aumentando los valores medios del FrNS; FrS y FrMS desde 1,17; 1,26 y 1,30 meq/l respectivamente.

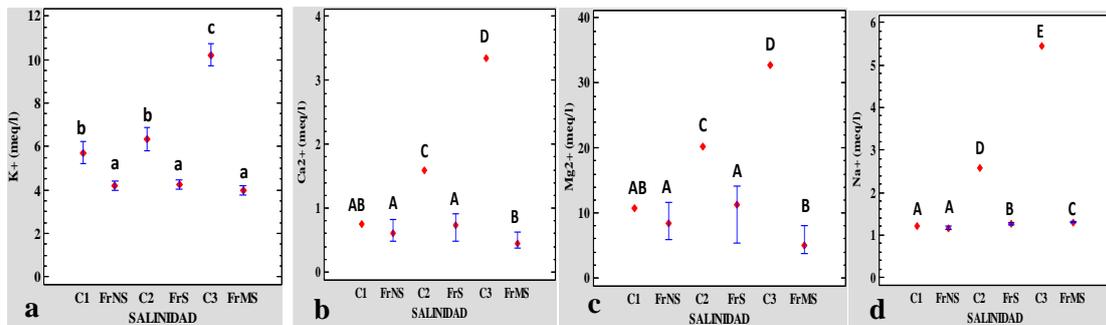


Figura 17: Gráfico de comparación de medianas para el factor salinidad y cationes del Fr.

Con respecto a sus valores iniciales existe una reducción significativa de los cationes básicos y salinidades, producto del reducido espacio de intercambio con cargas negativas (contenido de arcilla), que facilita la lixiviación de los nutrientes durante el riego, además en el contenido de sodio del FrS y FrMS se reducen en un 51% y 76,1% respectivamente, esto es muy favorable en la mejora del suelo.

En la Figura 18 del suelo arenoso no existe significancia estadística entre niveles de salinidad para los cationes solubles ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$ ), sólo el sodio del AoMS con valor medio de 1,27 meq/l es significativamente diferente al AoS y AoNS con valores medios de 1,22 meq/l y 1,18 meq/l respectivamente. El AoS en el contenido de  $K^+$  y  $Na^+$  resultaron con una reducción del 42% y 54% respectivamente, además en el AoMS presentó una reducción del 59,2% el  $K^+$  y 77,6% el  $Na^+$ , esto se debe a las pérdidas por lixiviación porque tienen un contenido reducido de arcilla, además la reducción de potasio corresponde a que el NaCl libera al  $K^+$  a la solución del suelo siendo mucho mayor en suelos de textura ligera (Gul *et al.*, 2016).

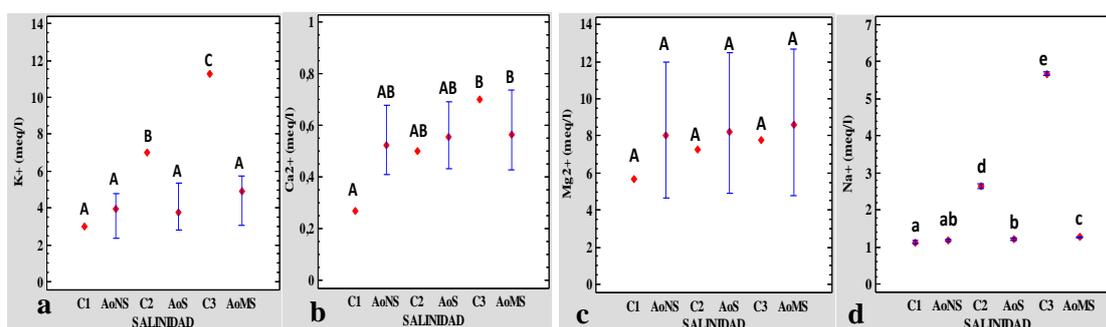


Figura 18: Gráfico de comparación de medianas para el factor salinidad y cationes del Ao.

#### 4.2.2.6. Relación de absorción de sodio (RAS)

El estudio en general del RAS (Tabla 5 del Anexo 7) existe significancia estadística entre los niveles de salinidad, el muy salino con valor medio de 0,65 es mayor y diferente significativamente al salino y no salino que tienen valores medios de 0,56 y 0,50 respectivamente. Así mismo en el estudio de cada suelo (Figura 19): en el suelo franco arcilloso (Figura 19a), el FrArNS con valor medio de 0,33 es diferente significativamente al FrArS y FrArMS con 0,51 y 0,57 respectivamente.

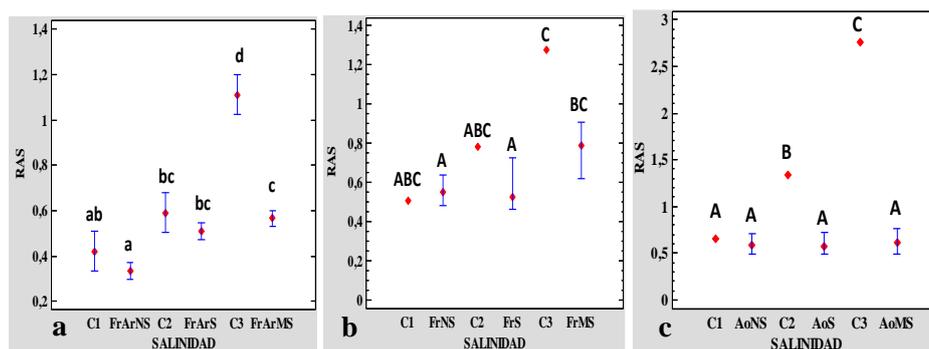


Figura 19: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor salinidad y el RAS.

En el suelo franco (Figura 19b), el FrMS que tiene un valor medio de 0,77 es diferente significativamente al FrS y FrNS con 0,57 y 0,56 respectivamente. En el suelo arenoso (Figura 19c) no existen diferencias significativas entre salinidades. La reducción de los valores medios con respecto a sus valores iniciales en el FrArMS y FrMS fue del 48,6% y 39,8% respectivamente. Además, en el AoS y AoMS resultó con una reducción del 55,2% y 77,2% respectivamente, esto es producto de la calidad del agua de riego que aporta un promedio 1,1 meq/l de sodio y al relacionarlo con el  $Ca^{2+}$ ;  $Mg^{2+}$  es considerado como muy bajo. Por lo tanto, la salinidad del suelo

influye en el RAS y que varía con la calidad del agua del riego (contenido de sodio y su relación con el  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ ), es así que Setia *et al.* (2011), indican para que un suelo sea considerado sódico debe tener un elevado contenido de sodio con un RAS >13.

### 4.3. Interacción de los indicadores físico-químicas por dosis de bioestimulante

En esta sección se evalúa el efecto general de la dosis en las 162 muestras sin considerar la clase textural, los datos del análisis estadístico se muestran en la Tabla 1 del Anexo 8 y además se evalúa el efecto de la dosis por cada clase textural, cuyos datos de los análisis estadísticos se encuentran en la Tabla 2, 3 y 4 del Anexo 8.

#### 4.3.1. Indicadores físicos

##### 4.3.1.1. Resistencia a la penetración, densidad aparente, porosidad, CRAD y estabilidad de agregados

El estudio en general de la resistencia a la penetración, densidad aparente, porosidad, capacidad de retención de agua disponible y estabilidad de agregados (Tabla 5 del Anexo 8) no existe diferencias significativas entre las distintas dosis. Así mismo en el estudio de cada suelo: la resistencia a la penetración, densidad aparente, porosidad y capacidad de retención de agua disponible del suelo franco arcilloso, franco y arenoso (Figura del 1 al 6 del Anexo 9) en cada nivel de salinidad no existe diferencias significativas entre las distintas dosis. La EA del suelo franco arcilloso (Figura 20), sólo el franco arcilloso no salino de dosis 0 L/ha (NS0) con valor medio de 5,86% es diferente significativamente a la dosis 4 L/ha (NS4) con un incremento del 13,08%.

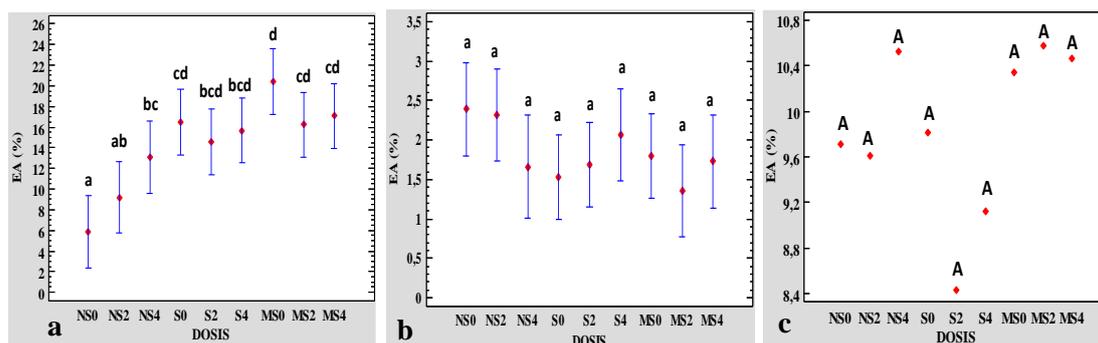


Figura 20: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor dosis y la EA.

En el suelo franco y arenoso (Figura 20b y 20c) no existen diferencias significativas entre dosis. Demostrando así que el producto BALOX favoreció a la agregación del suelo por su contenido de compuestos aromáticos (Polifenoles), (Amézketa, 1999), resultando significativa en suelo franco arcilloso no salino, además Abascal, (2018), señala que las sustancias húmicas mejoran la estructura del suelo, en este caso el polifenol es un precursor de la sustancia húmica, por su composición tiene ácidos orgánicos, en la solución del suelo forman el complejo arcilloso-húmico dando lugar a la formación de agregados en el suelo, pero la estabilidad de los agregados lo produce la cantidad y calidad de agentes estabilizantes, como los ácidos orgánicos aromáticos que aportan agentes aglutinantes de tipo persistente asociado a cationes polivalentes y polímeros muy fuertemente absorbidos (Amézketa, 1999) como resultado genera una mayor persistencia de los agregados.

#### 4.3.2. Indicadores químicos

##### 4.3.2.1. pH, CEe, MO, CIC, cationes solubles ( $\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ y $\text{Na}^+$ )

El estudio en general del pH, CEe, MO, CIC, cationes solubles ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$ ) y RAS (Tabla 5 del Anexo 8) no existen diferencias significativas entre las distintas dosis y además en el estudio de cada suelo del pH, CEe, MO, CIC, cationes solubles ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$ ) y RAS

del franco arcilloso, franco y arenoso (Figura del 7 al 15 del Anexo 9) respectivamente no existe diferencias significativas entre dosis. El producto no cumple la función de regulador del pH, no aumenta la salinidad al aplicarlo con el agua de riego, esto es un atributo muy beneficioso porque así no contribuye al aumento de la salinización del suelo. La MO, CIC presentan incrementos a mayores dosis como la de 4 L/ha pero no logran la significancia estadística. Productos a base de ácidos carboxílicos expresados como carbono orgánico oxidable como el “Promesol 5X” se utilizan dosis de 10-30 L/ha (INNOVAK GLOBAL, 2021) y sus efectos resultaron significativos como mejoradores del suelo, que al flocular las partículas del suelo mejoran la estabilidad estructural así lo indica (Abascal, 2018).

#### 4.4. Interacción de los indicadores físico-químicas por periodos

En este apartado se evalúa en general las 162 muestras sin considerar la clase textural y también se evalúa cada clase textural con respecto a los periodos entre salinidades (NS1= no salino periodo de 30 días y NS2 = no salino periodo de 60 días; S1 = salino periodo de 30 días y S2 = salino del periodo de 60 días; MS1 = muy salino del periodo de 30 días y MS2 = muy salino del periodo de 60 días), los datos del análisis estadístico para el estudio general se indican en la Tabla 1 del Anexo 10 y el estudio de cada clase textural se detallan en la Tabla 2, 3 y 4 del Anexo 10. El monitoreo de la evolución de la superficie de los suelos experimentales por clase textural se muestra en la Figura 1, 2 y 3 del Anexo 10.

##### 4.4.1. Indicadores físicos

##### 4.4.1.1. Resistencia a la penetración (RP)

El estudio en general de la RP en húmedo y seco (Tabla 5 del Anexo 10) no existe diferencias significativas entre periodos. Asimismo, en el análisis de cada suelo: en el suelo franco arcilloso la RP en húmedo (Figura 21a) y en seco (Tabla 6 del Anexo 10) no existen diferencias significativas entre periodos. En el suelo franco la RP en húmedo (Figura 21b) y en seco (Tabla 7 del Anexo 10) existe diferencias significativas entre periodos. Con incrementos de su valor medio en el segundo periodo el suelo franco no salino (NS2) en un 22,7%, en un 36,2% en el segundo periodo el franco salino (S2), el MS2 un 24,6% en el segundo periodo y el FrMS en seco el MS1 con valor medio de 3,41 kg/cm<sup>2</sup> aumenta a 7 kg/cm<sup>2</sup> en el segundo periodo (MS2).

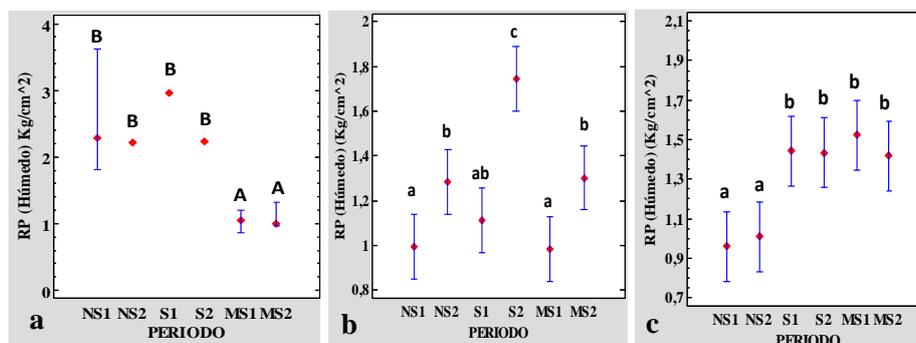


Figura 21: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor periodo y la RP.

El suelo arenoso la RP en húmedo (Figura 21c) no existe diferencias significativas entre periodos y la RP en seco (Tabla 8 del Anexo 10) existe diferencias significativas entre periodos, sólo el nivel muy salino con valor medio de 0,52 kg/cm<sup>2</sup> (MS2) diferente estadísticamente al MS1 con 0,42 kg/cm<sup>2</sup>. El aumento de la RP en húmedo en el segundo periodo del suelo franco está considerada como baja y no deteriora al suelo.

##### 4.4.1.2. Densidad aparente (DA)

El estudio en general de la DA (Tabla 5 del Anexo 10) no existe diferencias significativas entre los periodos. Al realizar el estudio de cada suelo (Figura 22): En el suelo franco arcilloso (Figura 22a) existe diferencias significativas entre los periodos, con reducción significativa en el segundo

periodo. El FrArNS del primer periodo con valor medio de  $1,10 \text{ g/cm}^3$  se reduce a  $1,04 \text{ g/cm}^3$  en el segundo periodo; el FrArS del primer periodo con  $1,06 \text{ g/cm}^3$  se reduce a  $1,02 \text{ g/cm}^3$  en el segundo periodo y el FrArMS de primer periodo con  $1,0 \text{ g/cm}^3$  se reduce a  $0,97 \text{ g/cm}^3$  en el segundo periodo. En el suelo franco (Figura 22b) no existe diferencias significativas entre los periodos. En el suelo arenoso (Figura 22c) existe diferencias significativas entre los periodos, el AoS de primer periodo con un valor medio de  $1,49 \text{ g/cm}^3$  disminuye en el segundo periodo a  $1,44 \text{ g/cm}^3$ ; el AoMS de primer periodo con  $1,48 \text{ g/cm}^3$  se reduce a  $1,43 \text{ g/cm}^3$  en el segundo periodo. En el caso del franco arcilloso y arenoso la reducción de la DA indica un aumento de poros, esto es muy favorable porque el suelo también reduce su grado de compactación tal como indica (Blanco-Sepúlveda, 2009).

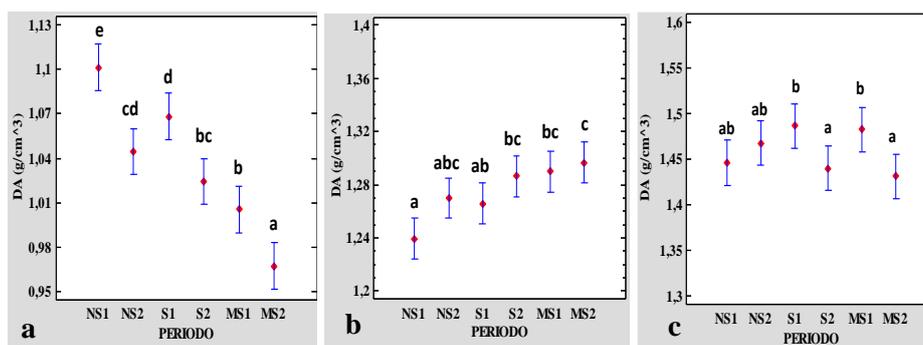


Figura 22: Gráfico de comparación de medias para el factor periodo y la DA.

#### 4.4.1.3. Capacidad de retención de agua disponible (CRAD)

El estudio en general del CRAD (Tabla 5 del Anexo 10) no existe diferencias significativas entre los periodos. Así mismo en el estudio de cada suelo: en el suelo franco arcilloso (Figura 23a) existe incrementos en el segundo periodo, el FrArNS del primer periodo con un valor medio de 12,29% es diferente significativamente al segundo periodo que tiene 14,96%, el muy FrArMS del primer periodo con 7,55% es diferente significativamente al segundo periodo que tiene 12,09%. En el suelo franco (Figura 23b) no existe diferencias significativas entre los periodos. El suelo arenoso (Figura 23c) existe diferencias significativas entre periodos con incrementos en el segundo periodo, sólo el AoMS del primer periodo con un valor medio de 0,26% es diferente significativamente al segundo periodo que tiene 0,82%. Estos resultados indican que en el segundo periodo presentan aumentos en el suelo franco arcilloso no salino y muy salino, además el suelo arenoso muy salino. Los compuestos húmicos aromáticos mejoran la agregación y estas a su vez logran surtir efecto en la CRAD, a pesar que el contenido de materia orgánica en el segundo periodo no resultó con aumentos significativos.

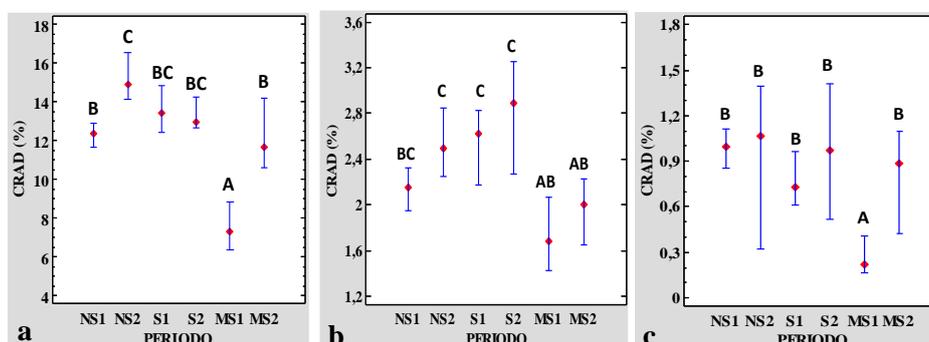


Figura 23: Gráfico de comparación de medianas para el factor periodo y el CRAD.

#### 4.4.1.4. Porosidad

El estudio en general de la porosidad (Tabla 5 del Anexo 10) no existe diferencias significativas entre los diferentes periodos. Así mismo en el estudio de cada suelo: en el suelo franco arcilloso, franco y arenoso (Tabla 6, 7, 8 del Anexo 10) no existe diferencias significativas entre periodos. González-barrios *et al.* (2012), indican que la vegetación y factores exógenos logran modificar los microporos, traduciéndose en la compactación y posterior degradación del suelo. Si bien los resultados indican aumentos en el segundo periodo estos no logran la significancia y que esta propiedad se necesita evaluar a periodos más prolongados para ver su evolución.

#### 4.4.1.5. Estabilidad de agregados (EA)

El estudio en general de la EA (Tabla 5 del Anexo 10) no existe diferencias significativas entre los diferentes periodos. Así mismo en el estudio de cada suelo: en el suelo franco arcilloso (Figura 24a) existe diferencias significativas entre periodos, con incrementos en el segundo periodo sólo el FrArNS del primer periodo con un valor medio de 5,12% es diferente significativamente al segundo periodo que tiene 12,21%. En el suelo franco (Figura 24b) existe diferencias significativas entre periodos, con incrementos en el segundo periodo, sólo el FrMS del primer periodo con un valor medio de 1,18% es diferente significativamente al segundo periodo que tiene 2%. En el suelo arenoso (Figura 24c) existe diferencias significativas entre periodos, con incrementos en el segundo periodo como el AoS del primer periodo con 8,06% es diferente significativamente al segundo periodo que tiene 10,39% y AoMS del primer periodo con un valor medio de 8,68% es diferente significativamente al segundo periodo que tiene 11%. Estos resultados indican que en el FrArNS del segundo periodo tienen un aumento de la estabilidad de agregados demostrando así el efecto de la dosis del producto puede incidir en el tiempo en la mejora de la estabilidad de agregados por el aporte de polifenoles (compuestos aromáticos de origen de restos vegetales) al suelo, pero eso no ocurre en el FrArS y FrArMS donde tienen una tendencia a disminuir debido al efecto del sodio, en el FrMS con aumentos en el segundo periodo y en el AoNS y AoS con aumentos significativos en el periodo de 60 días, esto indica el comportamiento y evolución de la estabilidad de los agregados con respecto a la aplicación del bioestimulante y el agua de riego, pero que las distintas dosis de bioestimulante no inciden significativamente en los aumentos, en excepción el FrArNS.

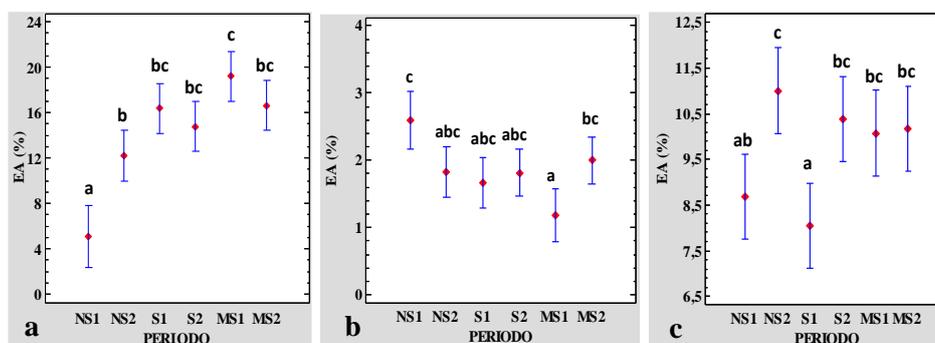


Figura 24: Gráfico de comparación de medias para el factor periodo y la EA.

#### 4.4.2. Indicadores químicos

##### 4.4.2.1. pH

El estudio en general del pH (Tabla 5 del Anexo 10) existe diferencias significativas entre los diferentes periodos de los 3 niveles de salinidad reduciendo su valor medio en el segundo periodo. Así mismo en el estudio de cada suelo: en el suelo franco arcilloso, franco y arenoso (Figura 23 a, b y c) respectivamente, existen diferencias significativas entre periodos en los 3 niveles de salinidad, con valores medios que se reducen en el segundo periodo. En zonas tropicales el lavado de las bases es muy alto por eso de los pH bajos (Jaurixje *et al.*, 2013) y en este estudio indicaría

que el agua de riego haya incidido en lavar las bases del suelo y esto se refleja en una disminución del pH transcurridos los 60 días, el cual a pesar que el calcio es adsorbido en mayor medida su salida se asocia a la entrada de protones que también pueden provenir de los ácidos carboxílicos que liberan iones de hidrógeno (Campillo y Sadzawka, 2006). Además, las mediciones del pH del agua infiltrada de las macetas muestran al inicio fluctuaciones muy marcadas, pero que en la última evaluación (periodo de 60 días), presentó una disminución con respecto a los valores iniciales, estos resultados y gráficas se muestran en la Tabla 9, 10 y 11 y las Figura 4, 5 y 6 del Anexo 10.

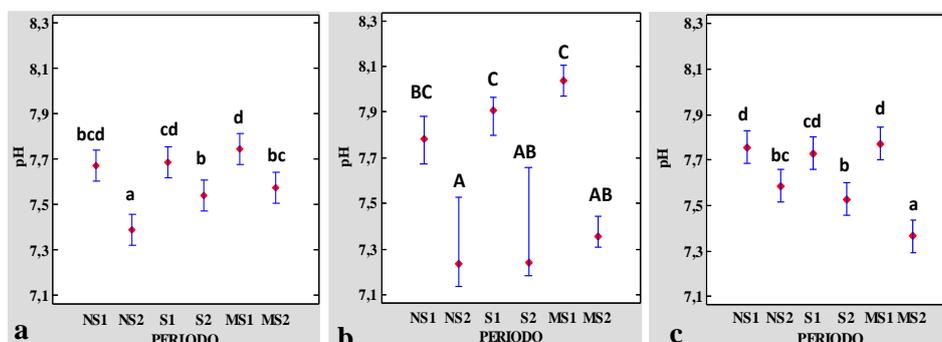


Figura 25: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor periodo y el pH.

#### 4.4.2.2. Conductividad eléctrica (CEe)

El estudio en general de la CEe (Tabla 5 del Anexo 10) no existe diferencias significativas entre los diferentes periodos. Además, en el estudio de cada suelo: en el suelo franco arcilloso (Figura 26a) no existe diferencias significativas entre periodos.

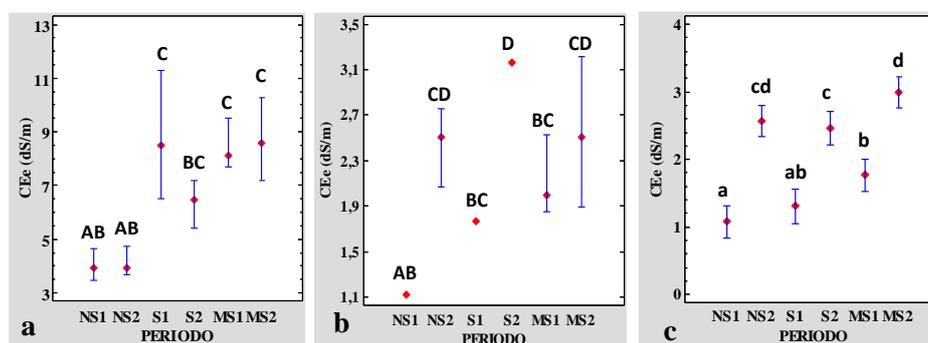


Figura 26: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor periodo y la CEe.

En el suelo franco y arenoso (Figura 26a y 26b) respectivamente, existen diferencias significativas entre periodos de las 3 salinidades, con aumentos significativos de los valores medios, con excepción del FrMS. En el suelo franco arcilloso donde los niveles se mantienen con respecto al primer periodo, debido a que en el riego del primer periodo lograron lavar el NaCl, otros, como se ha visto en el estudio del factor salinidad y esos espacios de intercambio fueron ocupadas por iones con menor índice de salinidad estando adsorbidos con mayor fuerza en las posiciones de intercambio dificultando así su desplazamiento (Grageda *et al.*, 2011). Además, los suelos arcillosos tienen una gran cantidad de fuerzas eléctricas con cargas negativas. Los incrementos de CEe en el suelo franco y arenoso del segundo periodo no alcanzan los 4 dS/m para ser considerados suelos salinos, estos incrementos se deberían a que el agua de riego posee una media de 0,9 dS/m contribuyendo ciertamente al aporte de sales y a los 60 días se acumulan. Pero como el contenido de arcilla es menor, esto hará que, al adsorber sales también las puedan perder con gran facilidad (Grageda *et al.*, 2011). Y que puede existir acumulación de sales de un periodo a otro debido a la calidad del agua de riego. Si bien presentan incrementos en estas comparaciones en la Tabla 12, 13, 14 y las Figura 7, 8, 9 del Anexo 10 muestran la evolución de la CE del agua

infiltrada desde el primer día de riego hasta los 60 días que culminó la fase experimental, observándose al inicio  $CE > 17$  dS/m en el suelo muy salino y que a los 60 días se redujo hasta 2,7 dS/m en el mejor de los casos, corroborando la existencia del lavado de las sales en los suelos salinos y muy salino, pero esto no sucedió en los suelos no salinos, que tuvieron una tendencia a aumentar la CE a los 60 días.

#### 4.4.2.3. Materia orgánica (MO)

El estudio en general de la MO (Tabla 5 del Anexo 10) no existe diferencias significativas entre los diferentes periodos. Así mismo en el estudio de cada suelo: en el suelo franco arcilloso (Figura 27a) existe una diferencia significativa entre periodos y es el FrArS del segundo periodo que su valor medio se reduce hasta 0,96% con respecto al primer periodo que tiene 1,16%. En el suelo franco (Figura 27b) existen diferencias significativas entre periodos en las 3 salinidades, el FrNS y FrS del segundo periodo se reduce su valor medio en un 17,1% y 16,3% respectivamente, en el FrMS aumenta el segundo periodo en un 12,2% con respecto al primer periodo. En el suelo arenoso (Figura 27c) existe una diferencia significativa entre periodos y es el AoNS con incremento de su valor medio en el segundo periodo en un 18,8% con respecto al primer periodo. El contenido de MO en el suelo FrArS, FrNS, FrS resultaron con reducciones en el segundo periodo, se podría decir que existió el efecto de las sales en las propiedades físicas-químicas, debido a que la materia orgánica contribuye a la filtración de sales y a la actividad microbiana. Y que con aportes muy reducidos en estas condiciones no logran acumular MO ocasionando así un desequilibrio entre incorporación y mineralización (Matus y Maire, 2000). Además, niveles muy elevados de sales como del sodio tienen un efecto de aumentar la solubilización de la MO evitando así su acumulación en el suelo en periodos cortos.

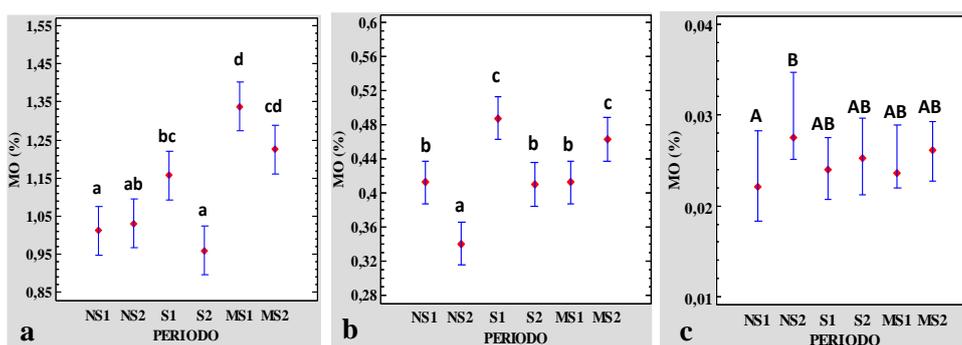


Figura 27: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor periodo y la MO.

#### 4.4.2.4. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

El estudio en general del CIC (Tabla 5 del Anexo 10) no existe diferencias significativas entre periodos. Pero en el estudio de cada suelo: en el suelo franco arcilloso (Figura 28a) existe una diferencia significativa entre periodo con incremento del 20,5% el FrArMS en el segundo periodo.

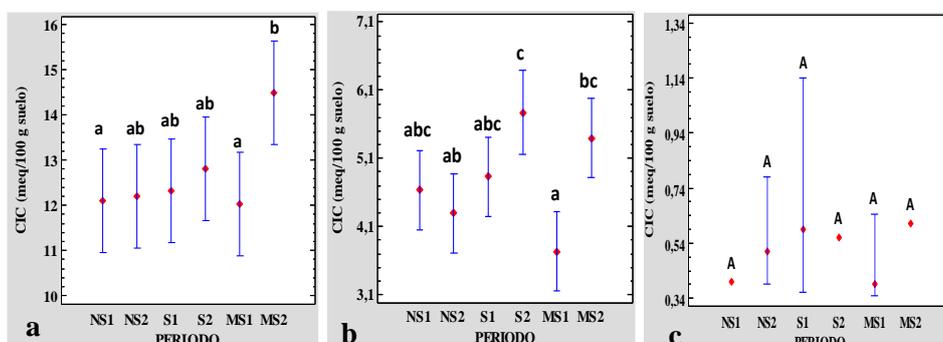


Figura 28: Gráfico de comparación de medias y medianas para el factor periodo y la CIC.

En el suelo franco (Figura 28b) existe una diferencia significativa entre periodos con incrementos en el segundo periodo del 44,1% el FrMS en el segundo periodo. En el suelo arenoso no existe diferencias significativas entre periodos. En el suelo FrMS se correlaciona con el contenido de materia orgánica en el segundo periodo, al haber un incremento estos logran incrementar la CIC, debido a que la MO posee principalmente grupos carboxílicos que aportan cargas negativas y mientras más carga negativa tenga el suelo mayor capacidad tendrá para retener e intercambiar cationes (Martínez-Aguilar *et al.*, 2020), pero en el FrArMS la MO no se correlaciona, entonces la liberación de iones de  $\text{Na}^+$  en las arcillas estarían influyendo en el CIC.

#### 4.4.2.5. Cationes solubles ( $\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ y $\text{Na}^+$ )

El estudio en general del potasio y sodio (Tabla 5 del Anexo 10) no existen diferencias significativas entre periodos y en el análisis del calcio y magnesio (Tabla 5 del Anexo 10) existe diferencias significativas entre periodos. Resultando el segundo periodo del no salino con valor medio de 1,02 meq/l de  $\text{Ca}^{2+}$  diferente significativamente a 0,76 meq/l de  $\text{Ca}^{2+}$  del primer periodo y el muy salino del segundo periodo con valor medio de 1,25 meq/l de  $\text{Ca}^{2+}$  es diferente estadísticamente a 0,84 meq/l de  $\text{Ca}^{2+}$  del primer periodo. Con respecto al contenido de magnesio sólo el nivel muy salino con valor medio del segundo periodo de 24,31 meq/l de  $\text{Mg}^{2+}$  es diferente significativamente a 15,38 meq/l de  $\text{Mg}^{2+}$  del primer periodo. El estudio de cada suelo (Figura 29): en el suelo franco arcilloso (Tabla 6 del Anexo 10) sólo el contenido de  $\text{Ca}^{2+}$  existe una diferencia significativa entre periodos, el FrArMS tiene un incremento significativo en el segundo periodo del 52,4% con respecto al valor medio de 1,7 meq/l de  $\text{Ca}^{2+}$  del primer periodo.

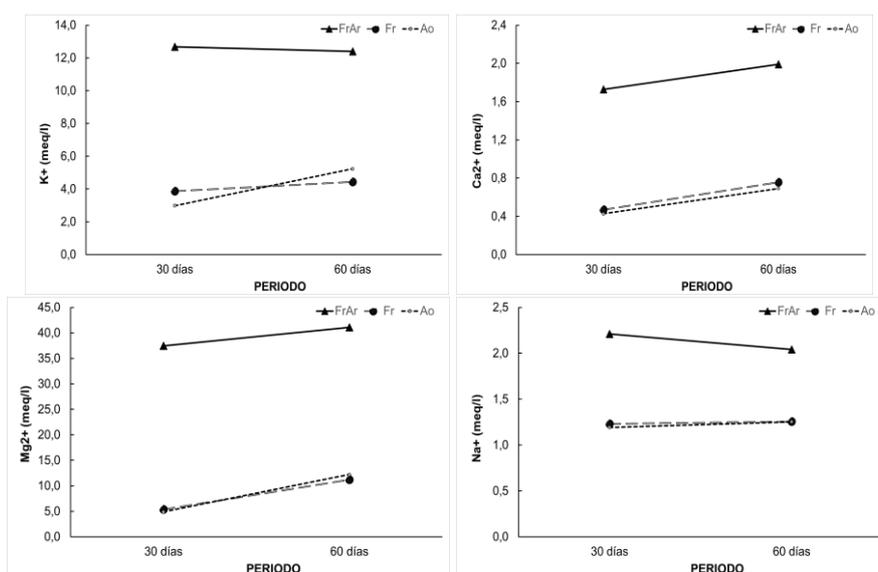


Figura 29: Gráfico de comparación de medias del factor periodo y el  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$ .

En el suelo franco como se muestra la Tabla 7 del Anexo 10 existe diferencias significativas entre periodos en los cationes ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ ), con incrementos significativos de los valores medios en el segundo periodo. En el suelo arenoso según la Tabla 8 del Anexo 10 existe diferencias significativas entre periodos en los cationes ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$ ), con incrementos significativos de los valores medios en el segundo periodo. A pesar que existen aumentos de los cationes entre periodos estos provienen del agua de riego.

#### 4.4.2.6. Relación de absorción de sodio (RAS)

El estudio en general del RAS tal como se muestra la Tabla 5 del Anexo 10 existe diferencias significativas entre periodos de los 3 niveles salinidades con reducciones del valor medio en el segundo periodo. Así mismo en el estudio de cada suelo (Figura 30): en el suelo franco arcilloso (Figura 30a), sólo el franco arcilloso muy salino con valor medio en el primer periodo 0,62 es diferente significativamente al segundo periodo que tiene 0,52. En el suelo franco (Figura 30b),

sólo el franco salino con valor medio en el primer periodo 0,68 es diferente significativamente al segundo periodo que tiene 0,46. En el suelo arenoso (Figura 30c) existe diferencias significativas entre periodos, con reducciones en el segundo periodo del AoNS con valor medio en el primer periodo de 0,73 diferente significativamente al segundo periodo que tiene 0,49; el AoS en el primer periodo tiene 0,72 es diferente significativamente al segundo periodo que tiene 0,49 y el AoMS del primer periodo con 0,77 es diferente significativamente al segundo periodo que tiene 0,50. Si bien los 3 suelos muestran una disminución del RAS, el suelo arenoso se comportó similar en los 3 niveles de salinidad. Vázquez y Gelati (2006), encontraron ligeros incrementos en la sodicidad causado por el agua de riego, en este estudio sucede lo contrario debido a los bajo niveles de sodio que contiene el agua de riego, logra reducir significativamente en el segundo periodo.

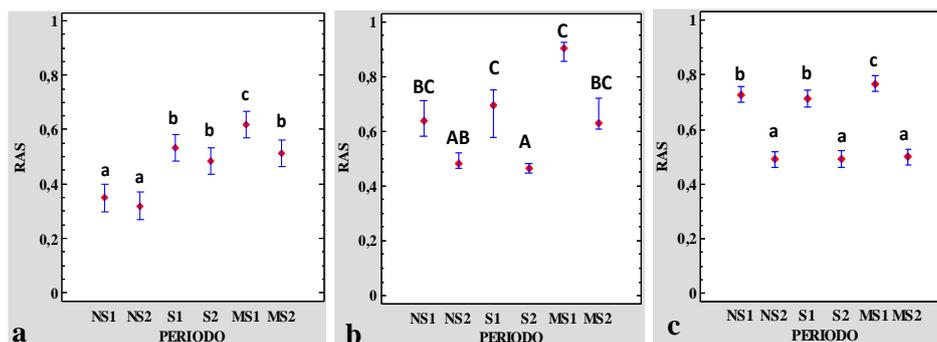


Figura 30: Gráfico de comparación de medias y medianas del factor periodo y el RAS.

#### 4.5. Interacción de los indicadores físicos en el perfil del suelo

En esta sección se evaluó en general las 162 muestras considerando sólo la posición y también se evaluó cada clase textural con respecto a la posición entre salinidades de suelo. Los resultados de los análisis estadísticos del estudio en general se muestran en la Tabla 1 del Anexo 11 y con respecto al análisis de cada suelo se indican en la Tabla 2, 3 y 4 del Anexo 11.

##### 4.5.1. Indicadores físicos

##### 4.5.1.1. Densidad aparente (DA), CRAD y porosidad

No se encontraron diferencias significativas del estudio general de la DA, CRAD y porosidad (Tabla 5 del Anexo 11) entre la posición inferior y superior. En el análisis de cada suelo que se muestran en la Tabla 6, 7 y 8 del Anexo 11): sólo en el suelo franco existe diferencia significativa de la DA entre el franco no salino de posición inferior con  $1,22 \text{ g/cm}^3$  y la posición superior con  $1,28 \text{ g/cm}^3$ . Es probable que el efecto de la compactación en la superficie influya en el aumento significativo, a pesar que en los otros niveles también tienen un incremento no significativo, correlacionando la DA con la resistencia a la penetración. Por lo que en el resto de propiedades y en los distintos suelos los resultados no variaron entre posiciones, así que estos indicadores físicos resultaron homogéneos en el perfil de la maceta.

## 5. CONCLUSIONES

Se lograron determinar e interpretar los resultados de los indicadores físico-químicas de los suelos, contribuyendo así a su valoración y como fuente de información secundaria.

Se concluye que las propiedades físico-químicas mejoraron significativamente en comparación a sus valores iniciales. En el suelo franco arcilloso mejoraron significativamente la densidad aparente en el nivel salino, el CRAD en el salino y muy salino, y los contenidos en  $\text{K}^+$ ;  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$  en el no salino; además, disminuyeron significativamente los valores de pH; CEe;  $\text{Na}^+$  y RAS en el nivel muy salino. En cuanto al suelo franco, mejoró significativamente la materia orgánica en el nivel salino, y se redujeron significativamente el pH en el no salino, la CEe y el  $\text{Na}^+$  en el nivel salino y muy salino, sin embargo, el RAS sólo se redujo en el nivel muy salino. Finalmente, en el

suelo arenoso mejoraron significativamente la porosidad en los 3 niveles de salinidad, la estabilidad de agregados en el nivel muy salino y la materia orgánica en el no salino; además disminuyeron significativamente el pH; CEE; Na<sup>+</sup>; RAS en el nivel salino y muy salino.

En la estabilidad de agregados se determinó que las condiciones de los niveles de salinidad del suelo influyeron en la respuesta de la aplicación del bioestimulante del suelo franco arcilloso, y que la dosis de 4 L/ha aumentó positiva y significativamente la estabilidad de agregados en el suelo franco arcilloso no salino con respecto al control (0 L/ha). En cuanto al resto de propiedades, se mostraron mejoras en la dosis de 4 L/ha, pero no alcanzaron la diferencia estadística.

A pesar de no encontrarse influencia significativa del bioestimulante en la mejora las propiedades físico-químicas del suelo en el segundo periodo (60 días) con respecto al primer periodo (30 días), en general estas presentaron una mejora con la mayor dosis utilizada. Únicamente la estabilidad de agregados del suelo franco arcilloso no salino sí reflejó de manera significativa el efecto del bioestimulante entre periodos. Esto deja abierta la posibilidad de continuar los estudios con dosis superiores y periodos más prolongados puesto que las dosis recomendadas por la empresa no han logrado mejorar significativamente las propiedades físico-químicas del suelo (excepto la estabilidad de agregados en el suelo franco arcilloso no salino).

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- ABASCAL PONCIANO, G. A. (2018). Efecto de los ácidos carboxílicos como acondicionador de suelo Promesol® 5X y bioestimulante radicular Nutrisorb® L y micorriza Mycoral R en el suelo y la variedad de frijol Amadeus 77. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. p 1-23
- ACEVEDO-SANDOVAL, O.; ORTIZ-HERNÁNDEZ, E.; CRUZ-SÁNCHEZ, M. & CRUZ-CHÁVEZ, E. (2004). El papel de óxidos de hierro en suelos. *Terra Latinoamericana*, 22(4), 485-497.
- AGUILAR SILVA, S. Y. (2019). “validación del método de calcinación en la determinación del contenido de la materia orgánica del suelo”. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- AGUILAR, A.; ETCHEVERS, J. D. & CASTELLANOS S, J. Z. (1987). Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Chapingo-Mexico: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.
- AMÉZKETA, E. (1999). Soil Aggregate Stability: A Review. *Journal of Sustainable Agriculture*, 14(2-3), 83-151.
- ANDRADES RODRÍGUEZ, M. S. & MARTÍNEZ VILLAR, E. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen (3a ed.). Logroño: Universidad de la Rioja. Servicio de publicaciones.
- ANTÚNEZ B. A.; FELMER, S.; VIDAL S., M.; MORALES J., R., FUENTES F., F. & COZ, E. (2015). Propiedades físico-hídricas del suelo en el cultivo del maíz grano. *INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias* (312), 31-50.
- ARAGÓN LÓPEZ, M. G. & AMAYA SANCHEZ, M. A. (2015). Determinación de sodio, potasio, calcio, bario y litio en el agua que se distribuye en el Cantón Ojo de Agua Municipio de Huizucar Departamento de la Libertad por fotometría de llama. Bachelor Thesis. Universidad de El Salvador, San Salvador.
- ARANCON, N.; EDWARDS, C.; LEE, S. & BYRNE, R. (2006). Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology*, 42, suplemento 1, S65-S69.
- ARTEAGA, MAYRA; GARCÉS, N.; NOVO, R.; GURIDI, F.; PINO, J. A.; ACOSTA, M.; PASOS, M. & BESÚ, D. (2007). Influence of liplant bioestimulant systematic application on some. *Revista de Protección Vegetal*, 22(2), 110-117.
- BASTIDA, F.; ZSOLNAY, A.; HERNÁNDEZ, T. & GARCÍA, C. (2008). Past, present and future of soil quality indices: A biological perspective. *Geoderma*, 147(3 a 4), 159-171.

- BATISTA-SANCHEZ, D.; MURILLO AMADOR, B.; NIETO-GARIBAY, A.; ALCARAZ-MELENDEZ, L.; TROYO-DIÉGUEZ, E.; HERNANDEZ-MONTIEL, L. G.; OJEDA-SILVERA, C. M.; MAZÓN-SUÁSTEGUI, J. M. & AGUERO-FERNANDEZ, Y. M. (2019). Bioestimulante derivado de caña de azúcar mitiga los efectos del estrés por NaCl en *Ocimum basilicum* L. *Ecosist. Recur. Agropec.*, 6(17), 297-306.
- BAUTISTA CRUZ, A.; ETCHEVERS BARRA, J.; DEL CASTILLO, R. F. & GUTIÉRREZ, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13(2), 90-97.
- BEJAR PULIDO, S. J.; CANTÚ SILVA, I.; YÁÑEZ DÍAZ, MARÍA I.; LUNA ROBLES & ERIK ORLANDO. (2020). Curvas de retención de humedad y modelos de pedotransferencia en un Andosol bajo distintos usos de suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(59), 32-50.
- BERNAL, M. P.; ALVARENGA, P.; CARMODY, K.; POGRZEBA, M. & SOJA, G. (2020). Protecting agricultural soils from. *Agriculture & innovation*, 1-19. [https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/fg37\\_mp3\\_remediation\\_final.pdf](https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/fg37_mp3_remediation_final.pdf) (Consultado el 01 de agosto del 2021)
- BLANCO-SEPÚLVEDA, R. (2009). La relación entre la densidad aparente y la resistencia mecánica como indicadores de la compactación del suelo. *Agrociencia*, 43(3), 231-239.
- BRADY, N. (1990). *The nature and properties of soils*. New York, USA: MacMillan Publishing Company.
- CAMPILLO R., R. & SADZAWKA R., A. (2006). La acidificación de los suelos. Origen y mecanismos involucrados. *Temuco: Serie Actas - Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. no. 38.
- CASANOVA MUÑOZ, J. E. (2018). Modelación Elastoplástica de la Curva de Retención de Agua en Suelos Parcialmente Saturados. Tesis maestría. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España.
- CASTELLANOS, J. Z; UVALLE BUENO, J. X. & AGUILAR SANTELISES, A. (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. México: INCAPA. 226 pp.
- CASTELO-GUTIÉRREZ, A. A.; GARCÍA-MENDÍVIL, H. A.; CASTRO-ESPINOZA, L.; LARES-VILLA, F.; ARELLANO-GIL, M.; FIGUEROA-LÓPEZ, P. & GUTIÉRREZ-CORONADO, MARCO A. (2016). Residual mushroom compost as soil conditioner and bio-fertilizer in tomato production. *Revista Chapingo, Serie horticultura*, 22(2), 83-94.
- CHICAS SOTO, R. A.; VANEGAS CHACÓN, E. A.; GARCÍA ÁLVAREZ, N. (2014). Determinación indirecta de la capacidad de retención de humedad en suelos de la subcuenca del río Torjá, Chiquimula, Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(1), 41-46.
- CLARK, G.; DODGSHUN, N.; SALE, P. & TANG, C. (2007). Changes in chemical and biological properties of a sodic clay subsoil with addition of organic amendments. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(11), 2806-2817.
- DEMUNER MOLINA, G.; CADENA ZAPATA, M. & CAMPOS MAGAÑA, S. G. (2013). Resistencia a la penetración en un suelo franco arcilloso a dos años de manejo con tres sistemas de labranza. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22, 68 - 71.
- DEMUNER-MOLINA, G.; CADENA-ZAPATA, M.; CAMPOS-MAGAÑA, SANTOS G.; ZERMEÑO-GONZÁLEZ, A. & SÁNCHEZ-PÉREZ, FÉLIX DE JESÚS. (2014). Efecto de labranza y mejoradores de suelo en humedad y desarrollo radicular. *Tecnología y ciencias del agua*, 5(2), 123-130.
- DORAN, J. & PARKIN, T. (1994). Defining and assessing soil quality. In J. W. Doran, D. C. Coleman, D. F. Bezdicek, and B. A. Stewart (eds.) *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America Special Publication No.35. Soil Science Society of America*, Madison, WI, pp. 3 - 21.
- DURÁN GARCÍA, H. M. (2002). Efecto de la humedad en la resistencia mecánica de un suelo franco. *Terra Latinoamericana*, 20(3), 227-234.

- ETCHEVERS, B. 1999. Indicadores de calidad de suelos. En: Conservación y restauración de suelos. (Eds. C.H. Siebe *et al.*). Universidad Nacional Autónoma de México y Programa Universitario del Medio Ambiente. México, D.F. p. 239
- FAO. (2002). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Roma. <http://www.fao.org/3/a-bl001s.pdf> (Consultado el 08 de agosto del 2021)
- FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos. Roma, Italia. <http://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf> (Consultado el 17 de agosto del 2021)
- FAO. (2017). Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. <http://www.fao.org/3/i6937s/i6937s.pdf> (Consultado el 10 de agosto del 2021)
- FERNANDO COUREL, G. (2019). SUELOS SALINOS Y SÓDICOS. Tucumán: Cátedra de edafología (Facultad de agronomía). <https://www.edafologia.org/> (Consultado el 12 de agosto del 2021)
- FLORENTINO, A. (1998). Guía para la evaluación de la degradación del suelo y de la sostenibilidad del uso de la tierra: selección de indicadores físicos. Valores críticos. En: Manejo Sostenible de los Suelos, Manual de Prácticas. Facultad de Agronomía UCV. Maracay- Venezuela. p 68-77.
- FLYNN, R. (2015). Interpreting Soil Tests: Unlock the Secrets of Your Soil. Circular 676. Cooperative Extension Service, College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences, NM State University. p 1 – 12.
- GARCÍA CORONADO, J. & MEDINA GONZÁLEZ, H. (2009). Correlaciones entre la curva de retención de humedad y propiedades físico-químicas de los suelos de La Habana. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(2), 40-46.
- GARCÍA ZAMORANO, F.; RUIZ COLETO, F.; CANO RODRÍGUEZ, J.; PÉREZ GARCÍA, J.; MOLINA DE LA ROSA, J. L.; CABRA-PRIEGO, C.I.F.A. (2010). Suelo, riego, nutrición y medio ambiente del olivar. (I. d. Junta de Andalucía, Ed.) Sevilla: Signatura Ediciones de Andalucía, S.L.
- GÓMEZ DE SANTOS, C. (2019). Comportamiento geotécnico de suelos arcillosos compactados, respuesta a cargas estáticas y dinámicas. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Geológicas, Madrid.
- GÓMEZ GIRALDO, J. C. (2013). Manual de prácticas de campo y del laboratorio de suelos. Bogotá: Servicio Nacional de Aprendizaje. [https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/2785/practicas\\_campo\\_laboratorio\\_suelos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/2785/practicas_campo_laboratorio_suelos.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (Consultado el 15 de agosto del 2021)
- GONZÁLEZ-BARRIOS, J. L.; GONZÁLEZ-CERVANTES, G. & CHÁVEZ-RAMÍREZ, E. (2012). Porosidad del suelo en tres superficies típicas de la cuenca alta del río Nazas. *Tecnología y Ciencias del Agua*, III (1), 21-32.
- GONZÁLEZ DE CELIS, G.; DE BARCIA, E.; SULBARAN, Y.; UCAR NAVARRO, R. (2014). Determinación del parámetro de resistencia, ángulo de fricción Interna ( $\phi$ ) y su relación con los parámetros densidad relativa ( $D_r$ ) y relación de vacíos ( $e$ ) en suelos granulares. *Ciencia e Ingeniería*, 35(3), 135-146.
- GONZÁLEZ-QUIÑONES ORTAS, V. (2006). Metodología, formulación y aplicación de un índice de calidad de suelos con fines agrícolas para Castilla-La Mancha. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid. 441pp.
- GONZÁLEZ-UBIARNA, S.; JORGE-MARDOMINGO, I.; CARRERO-GONZÁLEZ, B.; DE LA CRUZ, M.; VALVERDE, I. & CASERMEIRO, M. (2012). Soil organic matter evolution after the application of high doses of organic amendments in a Mediterranean calcareous soil. *Journal of Soils and Sediments*, 12(8), 1257–1268.
- GRAGEDA GRAGEDA, J.; SABORI PALMA, R.; VALENZUELA MARTÍNEZ, A.; QUIJADA FLORES, A.; NÚÑEZ MORENO, J. H. & RODRÍGUEZ, J. C. (2011). Salinidad del suelo en huertas de nogal pecanero *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 13(3), 22-27.

- GUEVARA PESCADOR, J. A. (2018). Fundamentos para el estudio, identificación y determinación metodológica de la capacidad de intercambio catiónico una propuesta para suelos asociados al cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el departamento del Valle del Cauca. Proyecto Aplicado o Tesis. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Palmira, Colombia. 70 pp.
- GUL, M.; WAKEEL, A.; SAQIB, M. & WAHID, A. (2016). Effect of NaCl-induced saline sodicity on the interpretation of soil potassium dynamics. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(4), 523-532.
- HÉCTOR-ARDISANA, E.; TORRES-GARCÍA, A.; FOSADO-TÉLLEZ, O.; PEÑARRIETA-BRAVO, S.; SOLÓRZANO-BRAVO, J.; JARRE-MENDOZA, V. & MEDRANDA-VERA, F. B. (2020). Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 41(4), e02.
- HENRÍQUEZ, C.; ORTIZ, O.; LARGAESPADA, K.; PORTUGUÉZ, P.; VARGAS, M., VILLALOBOS, P. & GÓMEZ, D. (2011). Determinación de la resistencia a la penetración, al corte tangencial, densidad aparente y temperatura en un suelo cafetalero, Juan Viñas, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 35(1), 175-184.
- HERNÁNDEZ ARAUJO, J. A. (2012). Bio recuperación de suelos salinos con el uso de materiales orgánicos. Tesis Doctoral. E.T.S.I. Agrónomos (Universidad Politécnica de Madrid), Madrid. 143 pp.
- HERNÁNDEZ DE LA CRUZ, O. B.; SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, R.; ORDAZ CHAPARRO, V. M.; LÓPEZ NOVEROLA, U.; ESTRADA BOTELLO, M. A. & PÉREZ MÉNDEZ, M. A. (2017). Uso de compostas para mejorar la fertilidad de un suelo Luvisol de ladera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(6), 1273-1285.
- IANNETTA, M. & COLONNA, N. (2011). Salinização. Lucinda, Série B, No. 3. <https://www.passeidireto.com/arquivo/5751132/salinizacao> (Consultado el 18 de julio del 2021)
- INNOVAK GLOBAL. (2021). Innovak Global S.A. <https://www.innovakglobal.com/balox-mexico/> (Consultado el 18 de julio del 2021)
- Jaurixje, M.; Torres, D.; Mendoza, B.; Henríquez, M. & Contreras, J. (2013). Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, Estado Lara. *Bioagro*, 25(1), 47-56.
- JIMÉNEZ BALLESTA R. & GONZÁLEZ-QUIÑONES V. (2006). La calidad de suelos como medida para su conservación. *Edafología*, 13(3), 125-138.
- JORQUERA, Y. & YURI, J. A. (2006). Bioestimulantes. *Pomaceas*, 6(6), 1- 4.
- KEMPER, W. & ROSENAU, R. (1986). Aggregate stability and size distribution. *Methods of Soil Analysis. Agronomy Monograph*, n9,(2nd Edition) 425 – 442.
- KHALIQ, R.; KHALIQ, S.; ZAFAR, ZU & ATHAR, H. (2014). Physiological and biochemical basis of salt tolerance in *Ocimum basilicum* L. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 2, 18-27.
- KITAMURA, Y.; YANO, T.; HONNA, T.; YAMAMOTO, S. & INOSAKO, K. (2006). Causes of farmland salinization and remedial measures in the Aral Sea basin-Research on water management to prevent secondary salinization in rice-based cropping system in arid land. *Agricultural Water Management*, 85(1-2), 1 – 1 4.
- LAMZ PIEDRA, A. & GONZÁLEZ CEPERO, M. C. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos Tropicales*, 34(4), 31- 42.
- LEVY, G.; GOLDSTEIN, D. & MAMEDOV, A. (2005). Saturated Hydraulic Conductivity of Semiarid Soils: Combined Effects of Salinity, Sodicity, and Rate of Wetting. *Soil Science Society of America Journal*, 69, 653–662.
- LI, Y.; TULLBERG, J.; FREEBAIRN, D. & LI, H. (2009). Functional relationships between soil water infiltration and wheeling and rainfall energy. (Elsevier, Ed.) *Soil and Tillage Research*, 104(1), 156-163.

- LIANG, Y.; SI, J.; NIKOLIĆ, M.; PENG, Y.; CHEN, W.; & JIANG, Y. (2005). Organic manure stimulates biological activity and barley growth in soil subject to secondary salinization. *Soil Biology & Biochemistry*, 37(6), 1185–1195.
- LIU, M.; HU, F.; CHEN, X.; HUANG, Q.; JIAO, J.; ZHANG, B. & LI, H. (2009). Organic amendments with reduced chemical fertilizer promote soil microbial development and nutrient availability in a subtropical paddy field: The influence of quantity, type and application time of organic amendments. *Applied Soil Ecology*, 42(2), 166-175.
- LÓPEZ BÁEZ, W.; REYNOSO SANTOS, R.; LÓPEZ MARTÍNEZ, J.; CAMAS GÓMEZ, R. & TASISTRO, A. (2018). Diagnóstico de la compactación en suelos cultivados con maíz en la Región Fraylesca, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(1), 65-79.
- LÓPEZ BÁEZ, W.; REYNOSO SANTOS, R.; LÓPEZ MARTÍNEZ, J.; VILLAR SÁNCHEZ, B.; CAMAS GÓMEZ, R. & GARCÍA SANTIAGO, J. O. (2019). Caracterización físico-química de suelos cultivados con maíz en Villaflores, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 897-910.
- LÓPEZ RITAS, J. & LÓPEZ MÉLIDA, J. (1990). El diagnóstico de suelos y plantas (métodos de campo y laboratorio). Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 368 pp.
- MARÍN MARTÍNEZ, A. J. (2014). Estudio de estrategias de manejo agrícola para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero en sistemas de vitivinícolas mediterráneos. Trabajo Fin de Máster. Universidad Miguel Hernández de Elche, Orihuela. 113 pp.
- MARTÍNEZ H., E.; FUENTES E., J. P.; ACEVEDO H., E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *R.C. Suelo Nutr. Veg.*, 8(1), 68-96.
- MARTÍNEZ-AGUILAR, F. B.; GUEVARA-HERNÁNDEZ, F.; AGUILAR-JIMÉNEZ, C. E.; RODRÍGUEZ-LARRAMENDI, L. A.; REYES-SOSA, M. B. & O-ARIAS, M. A. (2020). Caracterización físico-química y biológica del suelo cultivado con maíz en sistemas convencional, agroecológico y mixto en la Frailesca, Chiapas. *Terra Latinoamericana*, 38(4), 871- 881.
- MATUS, F. J. & MAIRE G., C. R. (2000). Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno. *Agricultura Técnica*, 60(2), 112-126.
- MAUROMICALE, G.; GRAZIA, A. & LO MONACO, A. (2011). The effect of organic supplementation of solarized soil on the quality of tomato fruit. *Scientia Horticulturae*, 129(2), 189-196.
- MCKEAN, S. J. (1993). Manual de análisis de suelos y tejido vegetal: una guía teórica y práctica de metodologías. CIAT. [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/Digital/S593.M2\\_Manual\\_de\\_an%C3%A1lisis\\_de\\_suelos\\_y\\_tejido\\_vegetal\\_Una\\_gu%C3%ADa\\_te%C3%B3rica\\_y\\_pr%C3%A1ctica\\_de\\_metodologia.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/S593.M2_Manual_de_an%C3%A1lisis_de_suelos_y_tejido_vegetal_Una_gu%C3%ADa_te%C3%B3rica_y_pr%C3%A1ctica_de_metodologia.pdf) (Consultado el 15 de julio del 2021)
- MORENO, M. A. & VILLAFAÑE, R. (2009). Distribución espacial de la humedad en tres perfiles de un suelo regado por goteo. *Bioagro*, 21(3), 227-231.
- MORENO-RAMÓN, H.; MARQUÉS-MATEU, Á.; IBÁÑEZ ASENSIO, S. & GISBERT BLANQUER, J. (2015). Wetland soils under rice management and seawater intrusion: Characterization and classification. *Spanish Journal of Soil Science*, 5(2), 111-129.
- MUHAMMAD, A., & RATTAN, L. (2009). Tillage and drainage impact on soil quality: II. Tensile strength of aggregates, moisture retention and water infiltration. (E. Science, Ed.) *Soil and Tillage Research*, 103(2), 364-372.
- MURILLO, J.; RODRÍGUEZ, G. R.; AMPARO ROJAS, L. & BONILLA, R. R. (2014). Efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados. *Pastos y Forrajes*, 37(3), 270-278.
- NAVARRO GARCÍA, GINÉS & NAVARRO BLAYA, SIMÓN. (2013). Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas (3a ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa. 508 pp.

- OSORIO TORRE, Y.; VASQUEZ CRUZ, W. & RAMIREZ MALDONADO, J. (2020). Efecto de tres dosis de materia orgánica con la inoculación de microorganismos mejoradores del suelo en el rendimiento del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Will.), variedad Pasankalla, en centro poblado de Huanchac, Independencia-Ancash. *Aporte Santiaguino*, 13(2), 248-259.
- PARK, J.; LAMB, D.; PANEERSELVAM, P.; CHOPPALA, G.; BOLAN, N. & CHUNG, J. (2011). Role of organic amendments on enhanced bioremediation of heavy metal(loid) contaminated soils. *Journal of Hazardous Materials*, 185(2-3), 549-574.
- PASCUAL ESPAÑA, B.; PASCUAL SEVA, N. (2020). Riegos de gravedad y a presión. Editorial Universitat Politècnica de València.
- PAZ PELLAT, F.; PALACIOS SÁNCHEZ, L. A. & RAMÍREZ AYALA, C. (2018). Efecto de las sales solubles del suelo sobre las reflectancias de los cultivos y sus implicaciones en el diseño experimental. *Terra Latinoamericana*, 36(4), 355-368.
- PÉREZ ROSALES, A.; GALVIS SPÍNOLA, A.; BUGARÍN MONTOYA, R.; HERNÁNDEZ MENDOZA, T. M.; VÁZQUEZ PEÑA, M. A. & RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, A. (2017). Capacidad de intercambio catiónico: descripción del método de la tiourea de plata (AgTU + n). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(1), 171-177.
- PÉREZ, M.; GARCÍA, A.; PAREDES, A.; LUNA, J. & MADRIZ, P. (2016). Resistencia mecánica del suelo a la penetración de raíces y forma de la raíz reservante de la batata a partir del descriptor de Huamán. *Agronomía Costarricense*, 40(2), 147-159.
- PULIDO-MONCADA, M. A.; LOBO-LUJÁN, D. & LOZANO-PÉREZ, Z. (2009). Asociación entre indicadores de estabilidad estructural y la materia orgánica en suelos agrícolas de Venezuela. *Agrociencia*, 43(3), 221-230.
- RICHARDS, L. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agriculture Handbook No. 60. USSL. USDA (United States Department of Agriculture). Riverside. California. USA: 165 pp.
- ROLDAN, M. F.; STUDDERT, G.; VIDELA, C.; SAN MARTINO, S. & PICONE, L. (2014). Distribución de tamaño y estabilidad de agregados en molisoles bajo labranzas contrastantes. *Ciencia del suelo*, 32(2), 247-257.
- RUCKS, L.; GARCÍA, F.; KAPLÁN, A.; PONCE DE LEÓN, J. & HILL, M. (2004). Propiedades Físicas del Suelo. Universidad de la República. Montevideo-Uruguay. <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf> Consultado el 7 de agosto del 2021)
- SALAMANCA JIMÉNEZ, A. & SADEGHIAN KHALAJABADI, S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades. *Cenicafé*, 56(4), 381-397.
- SARMIENTO REYES, E. B.; FANDIÑO ZABALA, S. A. & GÓMEZ ECHEVERRI, L. F. (2018). Índices de calidad del suelo. Una revisión sistemática. *Ecosistemas*, 27(3), 130-139.
- SETIA, R.; MARSCHNER, P.; BALDOCK, J.; CHITTLEBOROUGH, D. & VERMA, V. (2011). Relationships between carbon dioxide emission and soil properties in salt-affected landscapes. *Soil Biology & Biochemistry*, 43(3), 667-674.
- SEYBOLD, C.; MAUSBACH, M.; KARLEN, D. & ROGERS, H. (1998). Quantification of Soil Quality. (L. Publishers, Ed.) Advances in Agronomy. Proceedings from an International Symposium on Carbon Sequestration in Soil, 387- 404.
- SHAABAN, M.; ABID, M. & ABOU-SHANAB, R. (2013). Amelioration of salt affected soils in rice paddy system by application of organic and inorganic amendments. *Plant Soil Environ*, 59(5), 227-233.
- SHAINBERG, I. & LETEY, J. (1984). Response of soils to sodic and saline conditions. *Hilgardia*, 52(2), 52.
- SHARMA, B. & MINHAS, P. (2005). Strategies for managing saline/alkali waters for sustainable agricultural production in South Asia. *Agricultural Water Management*, 78(1-2), 136 – 151.

- SHE, R.; YU, Y.; GE, C.; YAO, H. (2021). Soil Texture Alters the Impact of Salinity on Carbon Mineralization. *Agronomy*, 11, 128.
- SILVA, C. M. & FAY, E. F. (2012). Effect of Salinity on Soil Microorganisms. En M. C. Hernandez-Soriano, *Soil Health and Land Use Management* (págs. 177-198). Rijeta, Croatia: IntechOpen. doi:10.5772 / 28613
- SIMANCA FONTALVO, R. M. & CUERVO ANDRADE, J. L. (2018). Efecto de las enmiendas orgánicas y el azufre sobre las propiedades químicas y biológicas de un suelo sódico. (*SJSS*) *Spanish Journal of Soil Science*, 8(3), 347 - 362.
- SINGER, M.J. & EWING, S. (2000). Soil Quality. En M. E. Chapter 11 (ed. Sumner (Ed.)), *Handbook of Soil Science* (págs. 271-298). Boca Raton, Florida: CRC Press Inc.
- SIX, J.; ELLIOTT, E. T. & PAUSTIAN, K. (2000). Soil macroaggregate turnover and micro aggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(14), 2099-2103.
- TABOADA, M., & ÁLVAREZ, C. (2008). Fertilidad Física de los Suelos. Buenos aires: Facultad Agronomía (UBA).
- TITTARELLI, F.; PETRUZZELLI, G.; PEZZAROSSA, B.; CIVILINI, M.; BENEDETTI, A. & SEQUI, P. (2007). Quality and Agronomic Use of Compost - Chapter 7. *Waste Management Series*, 8, 119-157.
- THOMPSON, R. B.; FERNÁNDEZ, M.D.; MARTÍNEZ-GAITÁN, C.; GALLARDO, M. (2007). Efectos de la salinidad en la medición de la humedad del suelo realizada con un sensor de capacitancia. *Soil Science Society of America Journal*, 8, 187-191.
- TOLEDO, M. (2016). Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras: conceptos y métodos. IICA. Honduras. 152 pp.
- USDA (United States Department of agriculture). (1999). Soil Quality Test Kit Guide. Washington, D.C. 82 pp.  
[https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/WI/Soil\\_Quality\\_Test\\_Kit\\_Guide.pdf](https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/WI/Soil_Quality_Test_Kit_Guide.pdf)  
(Consultado el 11 de julio del 2021)
- UTRIA, E.; REYNALDO, I.; CABRERA, A.; MORALES, D. & LORES, A. (2005). Crecimiento de plántulas de tomate (*lycopersicon esculentum*) cultivadas en diferentes sustratos y niveles de abastecimiento hídrico. *Cultivos Tropicales*, 26(3), 31-38.
- VÁZQUEZ, M.; MILLÁN, G. & GELATI, P. (2006). Efecto del riego complementario sobre la salinidad y sodicidad de diferentes suelos del no y centro-e de la provincia de buenos aires, argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 106 (1), 57-67.
- VELASCO, A. & ÚBEDA, X. (2014). Estabilidad de los agregados de un suelo quemado a diferentes intensidades de fuego dieciocho años después de un incendio forestal. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 40(2), 333-352.
- VEOBIDES-AMADOR, H. & GURIDI-IZQUIERDO, F. P. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales*, 39(4), 102-109.
- WICKE, B; SMEETS, E; DORNBURG, V. VASHEV, B; GAISER, T.; TURKENBURG, W. & FAAIJ, A. (2011). The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected. *Energy & Environmental Science*, 4, 2669-2681.
- WILSON WILLIAMS, F.; SUJO HERRERA, J. & CORDÓN SUÁREZ, E. (2017). Suelos de la finca SNAKY-URACCAN Costa Caribe Norte de Nicaragua. *Ciencia E Interculturalidad*, 21(2), 129-148.
- WONG, V. N. L.; DALAL, R. & GREENE, R. (2009). Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic material additions: A laboratory incubation. *Applied Soil Ecology*, 41(1), 29-40.
- YODER, R. (1936). A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *J. Am. Soc. Agric.*, 28(5), 337-351.

- YOUNES D. E; ROD J., SMITH & RAINE, S. R. (2010). A Review of Salinity and Sodicy in Irrigation. *CRC for Irrigation Futures*, 45.
- ZAMORA, F., PASTOR MOGOL, J. & RODRÍGUEZ, N. (2005). Cambios en la biomasa microbiana y la actividad enzimática inducidos por la rotación de cultivos en un suelo bajo producción de hortalizas en el estado Falcón, Venezuela. *Multiciencias*, 5(1), 62-70.
- ZUZUNAGA ROSAS, J. G. (2019). Evolución de la aptitud para el riego de los suelos de La Pedrera (provincia de Alicante). <http://hdl.handle.net/10251/129486> (Consultado el 2 de julio del 2021)

**ANEXO**

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

1. Tablas de interpretación para las propiedades evaluadas.....	1
2. Proceso de metodología de la investigación.....	7
3. Fase de planeamiento .....	9
4. Fase experimental .....	13
5. Fase de laboratorio.....	17
6. Resultados de los análisis estadísticos del factor suelo.....	24
7. Resultados de los análisis estadísticos del factor salinidad .....	26
8. Resultados de los análisis estadísticos del factor dosis.....	33
9. Gráficos de comparaciones múltiples entre dosis por suelos.....	47
10. Resultados de los análisis estadísticos del factor periodo.....	63
11. Resultados de los análisis estadísticos del factor posición.....	87

# **ANEXO 1**

**Tablas de interpretación para las propiedades evaluadas**

Tabla 1: Caracterización de la resistencia a la penetración.

Categoría de Resistencia	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
Extremadamente baja	<0,1
Muy baja	0,1 - 1
Baja	1 - 10,2
Moderada	10,2 - 20,4
Alta	20,4 - 40,8
Muy alta	40,8 - 81,6
Extremadamente alta	>81,6

Fuente: adaptado de (Antúnez *et al.*, 2015).

Tabla 2: Propiedades físicas del suelo (CRAD, porosidad).

Textura	Espacio poroso W (%)	Densidad aparente Da (g/cm <sup>3</sup> )	Capacidad de campo CC (%)	Marchitez permanente PM (%)	Humedad total utilizable		
					Peso seco CC-PM (%)	Volumen (CC-PM) Da (%)	Agua útil (cm/m)
Arenosa	38 (32-42)	1,65 (1,55-1,80)	9 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)	8 (6-10)	8 (7-10)
Franco-arenosa	43 (40-47)	1,5 (1,40-1,60)	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	12 (9-15)	12 (9-15)
Franca	47 (43-49)	1,4 (1,35-1,50)	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-14)	17 (14-20)	17 (14-19)
franco-arcillosa	49 (47-51)	1,33 (1,30-1,40)	27 (23-31)	13 (11-15)	14 (12-16)	19 (16-22)	19 (17-22)
arcillo-arenosa	51 (49-53)	1,3 (1,25-1,35)	31 (27-35)	15 (13-17)	16 (14-18)	21 (18-23)	21 (18-23)
arcillosa	53 (51-55)	1,25 (1,20-1,30)	36 (31-39)	17 (15-19)	18 (16-20)	23 (20-25)	23 (20-25)

Fuente: de (ISRAELSEN y HANSEN, 1979) citado por Pascual y Pascual (2020).

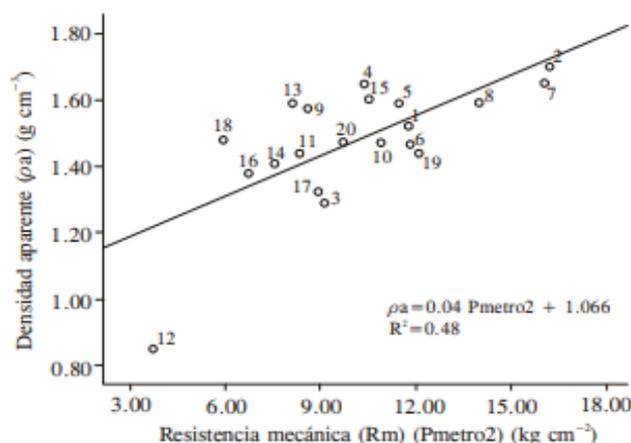


Figura 1: Recta de regresión de la densidad aparente y la resistencia mecánica del suelo (Blanco-Sepúlveda, 2009).

Tabla 3: Densidad aparente del suelo según la textura del suelo.

General relationship of soil bulk density to root growth based on soil texture			
Soil texture	Ideal bulk densities (g/cm <sup>3</sup> )	Bulk densities that may affect root growth (g/cm <sup>3</sup> )	Bulk densities that restrict root growth (g/cm <sup>3</sup> )
Sands, loamy sands	< 1.60	1.69	> 1.80
Sandy loams, loams	< 1.40	1.63	> 1.80
Sandy clay loams, loams, clay loams	< 1.40	1.60	> 1.75
Silts, silt loams	< 1.30	1.60	> 1.75
Silt loams, silty clay loams	< 1.40	1.55	> 1.65
Sandy clays, silty clays, some clay loams (35%-45% clay)	< 1.10	1.49	> 1.58
Clays (>45% clay)	< 1.10	1.39	> 1.47

Fuente: USDA (1999).

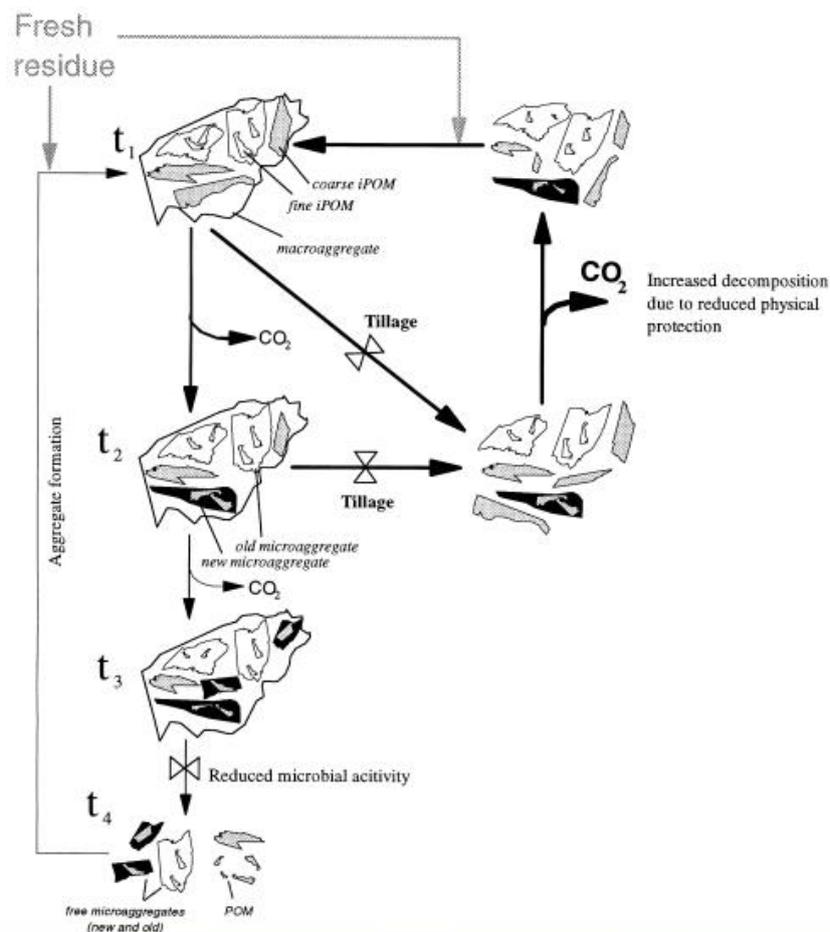


Figura 2: Formación de un microagregado, donde iMOP = materia orgánica particulada intra-agregados, MOP = materia orgánica particulada, t = tiempo,  $\overrightarrow{\text{X}}$  = Taza de cambio del proceso. Extraído de Six et al. (2000).

Tabla 4: Estabilidad de los agregados al agua (%).

Nivel	Agregados estables al agua con diámetro >1 mm
Muy alta	> 60
Alta	40 - 60
Media	20 - 40
Baja	10 - 20
Muy baja	< 10

Fuente: Florentino (1998).

Tabla 5: Clasificación de los suelos según pH.

pH	Denominación de los suelos
3 - 4.5	Suelos extremadamente ácidos
4.5 - 5	Suelos fuertemente ácidos
5 - 5.5	Suelos muy ácidos
5.5 - 6	Suelos ácidos
6 - 6.75	Suelos débilmente ácidos
6.75 - 7.25	Suelos neutros
7.25 - 8.5	Suelos básicos o alcalinos
> 8.5	Suelos muy alcalinos

Fuente: García *et al.*, (2010).

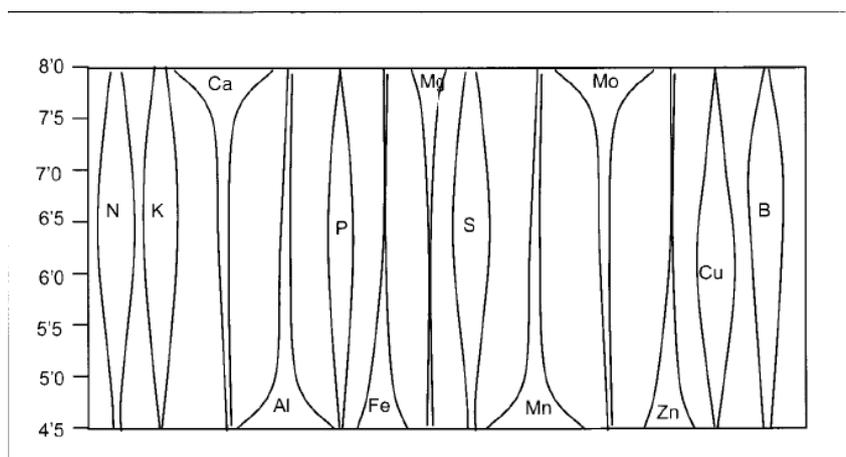


Figura 3: Disponibilidad de nutrientes en función del pH del suelo de Follet *et al.* (1981) citado por Navarro y Navarro (2013).

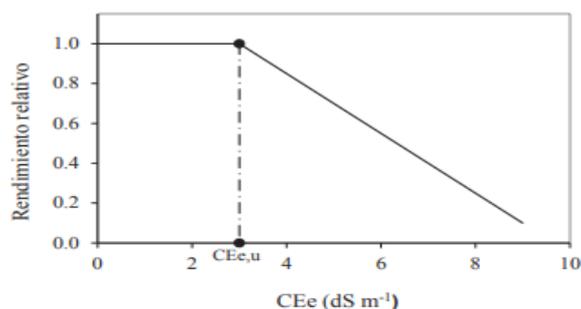


Figura 4: Efecto en el rendimiento de los cultivos según la salinidad (Paz *et al.*, 2018).

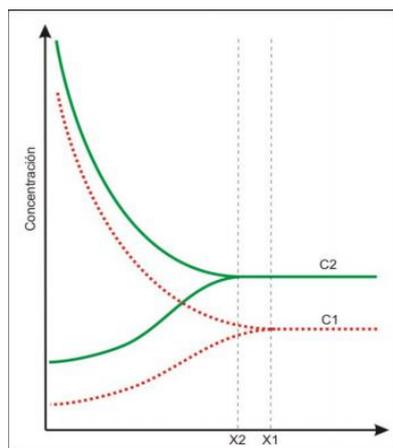


Figura 5: Floculación de un suelo por efecto de la concentración o alta conductividad eléctrica (Fernando, 2019).

Tabla 6: Clasificación de los suelos según nivel de salinidad según CEE.

C <sub>EE</sub> dS/cm	Tipo de suelo
< 4	Normal – no salino
4 - 8	Salino
8 - 16	Muy salino

Fuente: Adaptado de (García *et al.*, 2010; Hernández, 2012).

Tabla 7: Niveles de la materia orgánica según tipo de textura del suelo.

Arenoso	Franco	Arcilloso	Clasificación
< 0,7	< 1,0	< 1,2	Muy bajo
0,7 – 1,2	1,0 – 1,5	1,2 – 1,7	Bajo
1,2 – 1,7	1,5 – 2,0	1,7 – 2,2	Normal
1,7 – 2,2	2,0 – 2,5	2,2 – 3,0	Alto
> 2,2	> 2,5	> 3,0	Muy alto

Fuente: Andrades y Martínez (2014).

Tabla 8: Clasificación de la CIC según método Acetato amónico a pH 7.

C.I.C (meq/ 100 g suelo)	Tipo de suelo
> 40	Muy alto
25 - 40	Alto
12 - 25	Medio
6 - 12	Bajo
< 6	Muy bajo

Fuente: García *et al.* (2010).

Tabla 9: Clasificación de potasio soluble.

K <sup>+</sup> (meq/l)	Clasificación
< 0,26	Bajo
0,28 – 0,77	Moderado
0,77 – 2,05	Suficiente
2,05	Excesivo

Fuente: adaptado de Flynn (2015).

Tabla 10: Clasificación de calcio soluble.

<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	<b>Clasificación</b>
< 2	Baja
2 – 3	Medio
> 3	Suficiente

**Fuente:** adaptado de Flynn (2015).

Tabla 11: Clasificación de magnesio soluble.

<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	<b>Clasificación</b>
< 4,9	Baja
4,9 – 14,8	Medio
> 14,8	Alto

**Fuente:** adaptado de Aguilar *et al.* (1987).

Tabla 12: Interpretación de RAS determinada a partir de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> y Na<sup>+</sup>.

<b>RAS (meq/l)</b>	<b>Interpretación</b>
< 6	Bueno: no es necesario enmiendas
6 – 12	Pobre: recomendación de enmienda
> 12	Suelo afectado por sodio: requiere aplicación de enmienda para recuperar la productividad

**Fuente:** adaptado de Flynn (2015).

# **ANEXO 2**

**Proceso de metodología de la investigación**

<b>PRIMERA FASE</b>			
<b>FASE DE PLANEAMIENTO</b>	Búsqueda de información	Ubicación experimental	Preparación de muestras de suelo
<b>SEGUNDA FASE</b>			
<b>FASE EXPERIMENTAL</b>	Análisis de suelo	Envasado y distribución de macetas	Riego
<b>TERCERA FASE</b>			
<b>FASE DE LABORATORIO</b>	Medición de la resistencia a la penetración	Secado y Tamizado del suelo	Análisis de indicadores Físicos y químicos
<b>CUARTA FASE</b>			
<b>FASE DE GABINETE</b>	Cálculo de Resultados Análisis estadístico Redacción Conclusiones		

*Figura 1: Esquema de las fases de la investigación.*

# **ANEXO 3**

**Fase de planeamiento**



*Figura 1: Estructura de las mesas*



*Figura 2: Renovación de la cubierta de la protección solar del invernadero N°19.*

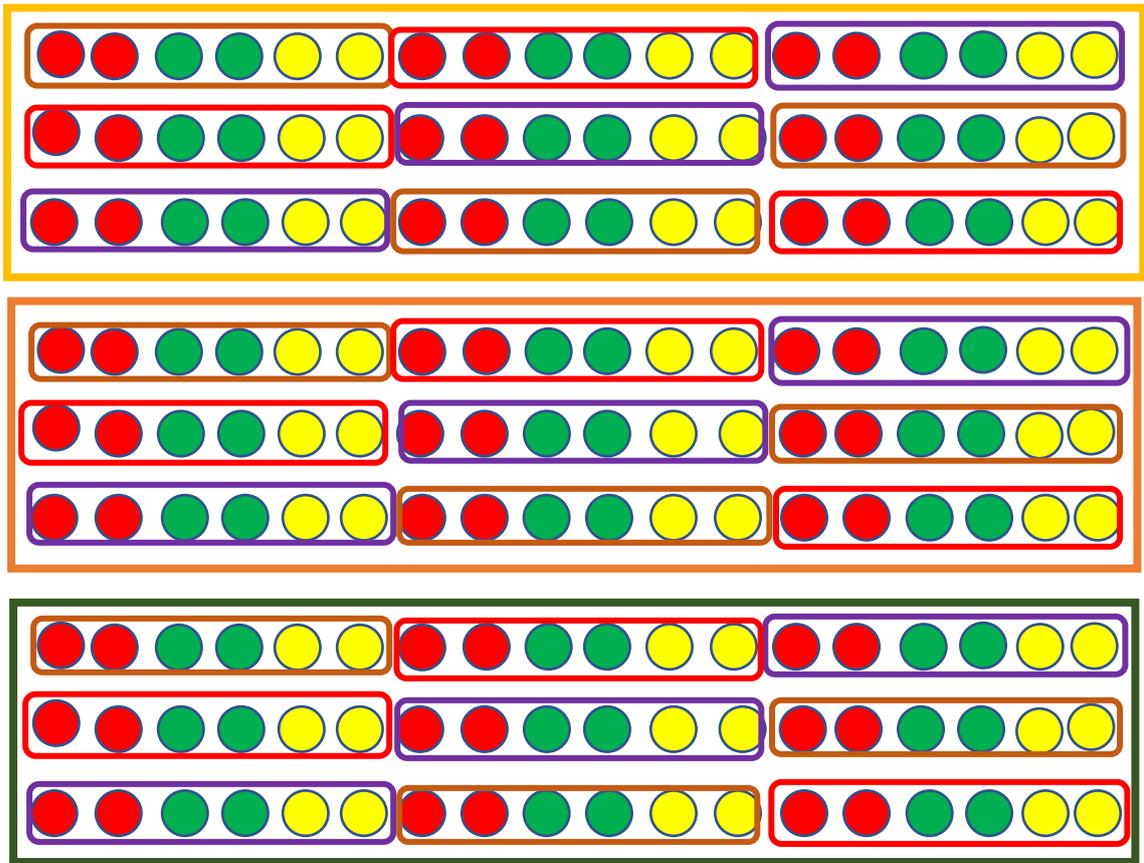


Figura 3: Distribución espacial de las unidades experimentales.

**Leyenda:**

	Dosis (0 L/ha)		No salino		Suelo arenoso
	Dosis (2 L/ha)		Salino		Suelo franco
	Dosis (4 L/ha)		Muy salino		Suelo franco arcilloso



*Figura 4: Salinización de los suelos.*



*Figura 5: Secado de suelos salinizados.*



*Figura 6: Tamizado de suelos salinizados.*

# **ANEXO 4**

**Fase experimental**



*Figura 1: Mezclado de los suelos salinizados.*



*Figura 2: Codificado, Rellenado de macetas y colocación de tubos de PVC con suelos.*



*Figura 3: Macetas rellenas y distribuidas por mesas*



#### ¿QUÉ HACE?

**Balox** es un inductor de tolerancia al estrés metabólico en la planta, causado por salinidad del suelo. Su aplicación es dirigida al sistema radicular a través de sistema de riego por goteo o microaspersión o al pie de planta por drench.

#### ¿CÓMO LO HACE?

Los ingredientes activos contenidos en Balox, influyen en el metabolismo de la planta, provocando un incremento en la biosíntesis de ciclitos específicos que actúan como solutos compatibles para regular los potenciales osmóticos dentro de las células de la raíz y de la planta, que confieren tolerancia al estrés salino.

#### CARÁCTERÍSTICAS

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS			
pH: 6.0 – 7.0 a 20 °C (solución al 10%)	Forma: Líquido	Color: Café oscuro	
Densidad: 1.05 – 1.08 g/cm³ a 20 °C	No corrosivo. No Inflamable.		
PROPIEDADES GENERALES			
<b>Almacenamiento:</b> Conservar cerrado en lugar fresco y seco.	<b>Ambiental:</b> No residual, de muy bajo impacto	<b>Incompatibilidad:</b> Evitar agentes oxidantes fuertes.	<b>Toxicidad:</b> Ligeramente tóxico

#### DOSIS

CULTIVO	DOSIS	APLICACIONES/OBSERVACIONES
<b>Solanáceas</b> (Chile, tomate, pimiento, berenjena)	2 – 3 L/ha	En intervalos de 3 a 4 semanas desde el trasplante y hasta inicios de fructificación.
<b>Cucurbitáceas</b> (Sandía, melón, calabaza, pepino)	2 – 3 L/ha	En intervalos de 3 a 4 semanas desde el trasplante y hasta inicios de fructificación.
<b>Crucíferas</b> (Col, brócoli, coliflor)	2 – 3 L/ha	En intervalos de 3 a 4 semanas desde el trasplante hasta llenado del florete.
<b>Hortalizas de bulbo</b>	2 – 4 L/ha	En intervalos de 3 a 4 semanas desde el trasplante hasta llenado del bulbo.
Berries y Fresas	2 – 4 L/ha	En intervalos de 3 a 4 semanas desde el trasplante hasta inicio fructificación.
Banano	2 – 3 L/ha	Aplicación al inicio y al finalizar el periodo de lluvias.
<b>Ornamentales</b>	2 – 4 L/ha	En intervalos de 3 a 4 semanas desde inicio de brotación y durante el desarrollo del brote.
<b>Frutales Templados</b>	2 – 4 L/ha	En intervalos de 3 a 4 semanas desde inicio de brotación y durante el desarrollo del brote.
<b>Frutales Tropicales</b>	2 – 3 L/ha	En intervalos de 3 a 4 semanas desde inicio de brotación y durante el desarrollo del brote.
Papa	2 – 3 L/ha	En emergencia e inicio de tuberización.
Esparrago	2 – 3 L/ha	Al inicio del primero, segundo y tercer brote.

#### BENEFICIOS

- Novedoso mecanismo de acción contra el estrés salino que auxilia la dinámica radicular.
- Rápida velocidad de respuesta en la raíz.
- No requiere prácticas adicionales de lavado de sal.
- Herramienta ideal cuando las c.e. del agua es elevadas

#### RECOMENDACIONES DE USO

Puede aplicarse solo o en mezcla con el fertilizante, en sistema de riego por goteo, aspersión, drench o gravedad dirigida a la zona radicular. Para preparar la solución:

- Agite el envase, desenrosque la tapa y retire el sello de seguridad;
- Mida la cantidad a aplicar en recipiente graduado y vierta en cubeta para premezcla.
- Vierta la solución obtenida en el tanque conteniendo la mitad del volumen a inyectar.
- Agite y complete el total del volumen del tanque e inyecte en el sistema de riego en el segundo tercio del tiempo de riego.

Riego por gravedad: Aplique directo en la toma de agua o dilúyase en la proporción conveniente para una adecuada distribución en el terreno.

Fertigación: Puede distribuirse la dosis durante el ciclo de cultivo.

#### ESPECIFICACIONES

Ingrediente Activo	% p/p
Polifenoles Totales ( <i>Expresados como equivalentes de ácido gálico</i> )	1.4
Glicina Betaína	3.0



*Figura 5: Preparación de la solución (Agua +BALOX).*



*Figura 6: Inicio de riego de las macetas.*



*Figura 7: Termino del riego y recojo de agua infiltrada.*

# **ANEXO 5**

**Fase de laboratorio**

Tabla 1: Propiedades y métodos utilizados para la evaluación de suelo.

Propiedad	Unidad	Método
Textura	%	Bouyoucos
Resistencia a la penetración	Kg/cm <sup>2</sup>	Penetrómetro de bolsillo
1/3 ATM de presión (CC)	%	Olla de placa de presión de Richard
15 ATM de presión (PMP)	%	Olla de placa de presión de Richard
CRAD	%	Olla de placa de presión de Richard
Porosidad	%	Picnómetro de laboratorio
Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	Cilindro de PVC
Estabilidad de agregados	%	Tamizado en húmedo
pH		Electrometría
CEe	dS/m	Electrometría
Materia orgánica	%	Calcinación
CIC	meq/100 g suelo	Método Acetato amónico a pH 7
Potasio	meq/l	Fotometría de llama
Calcio	meq/l	Fotometría de llama
Magnesio	meq/l	Volumetría complexométrica con EDTA a pH 10
Sodio	meq/l	Fotometría de llama
RAS		Cationes

FUENTE: Adaptado de (Zuzunaga, 2019).



Figura 1: Determinación de textura (método de Bouyoucos).

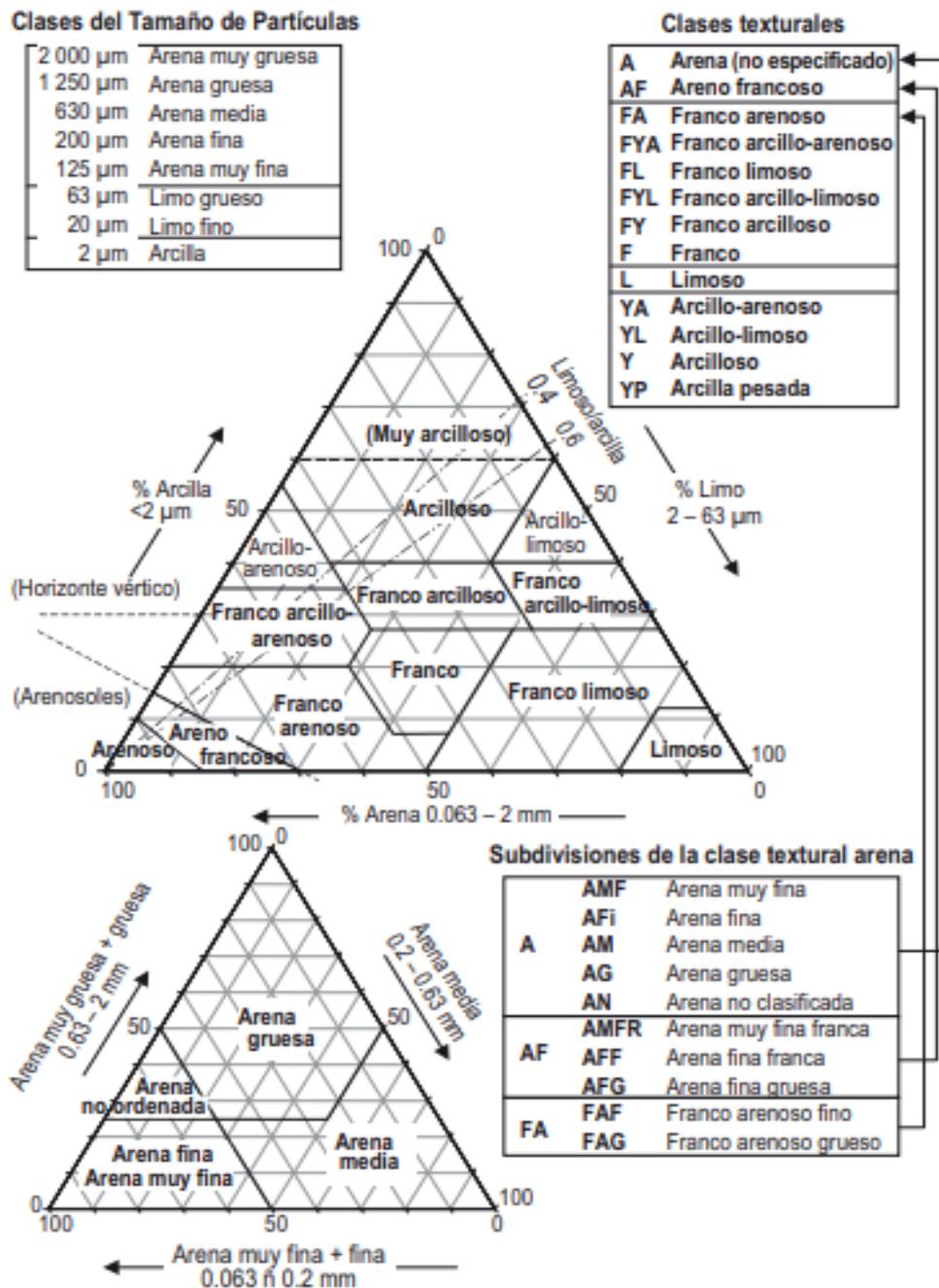


Figura 1: Triángulo textural (FAO, 2009).

Tabla 2: Clasificación de las texturas de los suelos en grupos.

Grupo I (Textura gruesa)	Grupo II (Textura media)	Grupo III (Textura fina)
Arena	Franco	Franco-arcilloso
Arenoso	Franco-arcilloso-arenoso	Franco-arcilloso-limoso
Franco-arenoso	Franco-limoso	Arcilloso-limoso
	Limoso	Arcilloso
	Arcilloso-arenoso	

Fuente: (López y López, 1990).



*Figura 2: Medición de la resistencia a la penetración (30 días).*



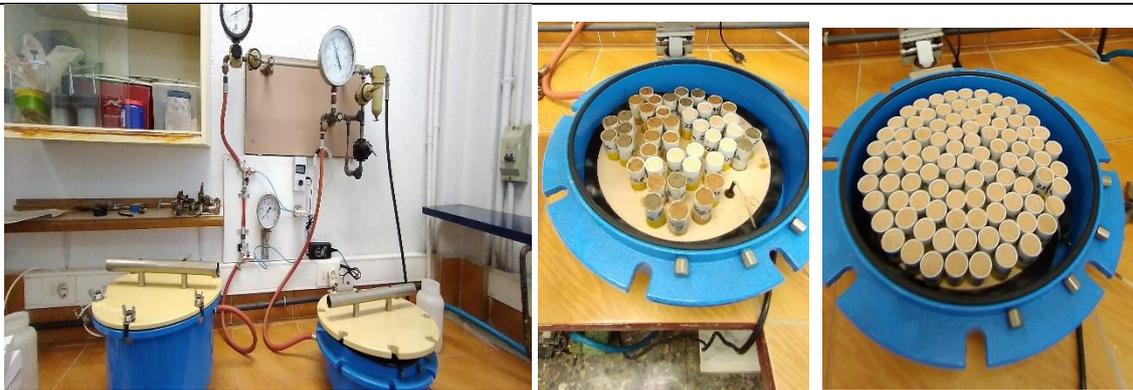
*Figura 3: Medición de la resistencia a la penetración (60 días).*



*Figura 4: Superficie de un suelo arenoso.*



*Figura 5: Retirado de tubos de PVC (Inferior y superior).*



*Figura 6: Determinación capacidad de retención de agua disponible (Placas de Richard).*



*Figura 7: Determinación de porosidad (Picnómetro de laboratorio).*



*Figura 8: Determinación de estabilidad de agregados (Tamizado en húmedo).*



*Figura 9: Medición de CEE y pH.*



*Figura 10: Determinación de materia orgánica (Calcinación).*



*Figura 11: Determinación de Capacidad de intercambio catiónico.*



*Figura 12: Determinación de cationes  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ).*

# **ANEXO 6**

**Resultados de los análisis estadísticos del factor suelo**

Tabla 1: Resultados del análisis estadístico del factor suelo

INDICADORES	Franco arcilloso				
	Media	Mediana	SD	Mín.	Máx.
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,94	2,07	0,83	0,86	3,90
RP (Seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	7,00	7,00	0,00	7,00	7,00
CRAD (%)	12,25	12,71	2,78	4,39	16,91
POROSIDAD (%)	63,57	63,14	3,20	56,06	69,29
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,04	1,03	0,05	0,93	1,16
EA (%)	14,57	15,29	5,09	3,43	24,16
pH	7,60	7,62	0,15	7,24	7,91
CEe (dS/m)	6,62	7,03	2,19	3,48	11,45
MO (%)	1,12	1,09	0,16	0,85	1,53
CIC (meq/100 g suelo)	12,65	12,29	1,78	9,66	17,93
K <sup>+</sup> (meq/l)	12,54	13,20	1,85	9,16	15,83
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	1,86	1,65	0,50	1,24	3,07
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	39,26	35,01	12,91	21,74	69,80
Na <sup>+</sup> (meq/l)	2,13	2,61	0,68	1,25	2,76
RAS	0,47	0,47	0,12	0,28	0,70

INDICADORES	Franco				
	Media	Mediana	SD	Mín.	Máx.
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,24	1,20	0,33	0,77	2,19
RP (Seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	6,40	7,00	1,48	2,13	7,00
CRAD (%)	2,29	2,24	0,52	1,21	3,55
POROSIDAD (%)	58,38	57,00	3,27	50,86	63,14
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,27	1,27	0,04	1,16	1,34
EA (%)	1,83	1,72	0,61	0,61	3,90
pH	7,61	7,67	0,32	7,14	8,11
CEe (dS/m)	2,23	2,25	0,68	1,07	3,47
MO (%)	0,42	0,42	0,06	0,29	0,55
CIC (meq/100 g suelo)	4,76	4,53	1,04	3,15	8,17
K <sup>+</sup> (meq/l)	4,15	4,19	0,47	3,09	5,02
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	0,61	0,55	0,18	0,35	0,96
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	8,27	7,52	3,70	3,59	15,50
Na <sup>+</sup> (meq/l)	1,24	1,26	0,06	1,13	1,35
RAS	0,63	0,63	0,15	0,44	0,93

INDICADORES	Arenoso				
	Media	Mediana	SD	Mín.	Máx.
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,30	1,28	0,33	0,83	2,13
RP (Seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,42	0,40	0,09	0,29	0,73
CRAD (%)	0,80	0,89	0,41	0,10	1,73
POROSIDAD (%)	49,36	48,67	2,58	43,51	55,09
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,46	1,47	0,05	1,16	1,57
EA (%)	9,73	9,83	1,63	6,57	13,73
pH	7,62	7,66	0,18	7,16	7,90
CEe (dS/m)	2,08	2,12	0,77	0,82	3,54
MO (%)	0,03	0,03	0,01	0,02	0,04
CIC (meq/100 g suelo)	0,56	0,51	0,22	0,23	1,17
K <sup>+</sup> (meq/l)	4,13	3,97	1,29	2,04	6,51
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	0,56	0,55	0,14	0,31	0,78
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	8,56	8,24	3,79	2,47	14,72
Na <sup>+</sup> (meq/l)	1,22	1,23	0,06	1,10	1,33
RAS	0,62	0,58	0,13	0,44	0,94

# **ANEXO 7**

**Resultados de los análisis estadísticos del factor salinidad**

Tabla 1: Resultados del análisis estadístico en general del factor salinidad.

INDICADORES	No salino				
	Media	Mediana	SD	Mín.	Máx.
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,46	1,16	0,66	0,78	3,68
RP (Seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	4,79	7,00	3,16	0,29	7,00
CRAD (%)	5,65	2,27	5,80	0,18	16,91
POROSIDAD (%)	57,77	58,36	6,42	43,51	69,29
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,26	1,26	0,17	1,00	1,53
EA (%)	7,40	7,75	4,66	1,42	20,05
pH	7,58	7,64	0,21	7,14	7,90
CEe (dS/m)	2,60	2,52	1,21	0,82	4,77
M.O (%)	0,47	0,37	0,42	0,02	1,16
CIC (meq/100 g suelo)	6,01	4,42	4,93	0,31	14,87
K <sup>+</sup> (meq/l)	6,08	4,67	3,10	2,04	11,09
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	0,89	0,75	0,45	0,31	1,75
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	14,79	11,63	9,59	2,47	33,83
Na <sup>+</sup> (meq/l)	1,21	1,21	0,06	1,10	1,29
RAS	0,50	0,49	0,15	0,30	0,94

INDICADORES	Salino				
	Media	Mediana	SD	Mín.	Máx.
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,78	1,56	0,72	0,77	3,90
RP (Seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	4,82	7,00	3,12	0,34	7,00
CRAD (%)	5,62	2,65	5,56	0,38	15,82
POROSIDAD (%)	56,71	57,00	6,46	43,51	68,62
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,26	1,27	0,18	0,93	1,57
EA (%)	8,98	9,27	5,96	1,12	19,72
pH	7,62	7,64	0,21	7,18	7,97
CEe (dS/m)	4,15	3,10	2,77	1,07	11,45
MO (%)	0,51	0,46	0,43	0,02	1,23
CIC (meq/100 g suelo)	6,17	5,16	5,14	0,35	15,85
K <sup>+</sup> (meq/l)	7,35	4,58	4,56	2,74	15,83
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	1,07	0,76	0,71	0,39	2,91
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	21,45	13,46	18,81	4,37	69,80
Na <sup>+</sup> (meq/l)	1,63	1,27	0,62	1,15	2,75
RAS	0,56	0,52	0,12	0,28	0,75

INDICADORES	Muy salino				
	Media	Mediana	SD	Mín.	Máx.
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,22	1,18	0,26	0,79	1,93
RP (Seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	4,22	7,00	3,03	0,37	7,00
CRAD (%)	4,07	1,95	4,49	0,10	16,54
POROSIDAD (%)	56,82	57,00	6,96	43,51	69,29
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,25	1,29	0,20	0,93	1,52
EA (%)	10,21	10,61	6,91	0,61	24,16
pH	7,64	7,66	0,25	7,16	8,11
CEe (dS/m)	4,42	2,92	2,97	1,36	10,35
MO (%)	0,58	0,43	0,53	0,02	1,53
CIC (meq/100 g suelo)	6,33	4,42	5,53	0,23	17,93
K <sup>+</sup> (meq/l)	7,55	4,93	4,69	3,00	14,95
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	1,04	0,64	0,81	0,35	3,07
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	19,85	10,12	19,25	3,59	66,63
Na <sup>+</sup> (meq/l)	1,75	1,31	0,67	1,20	2,76
RAS	0,65	0,63	0,14	0,46	0,93

Tabla 2: Resultados del análisis estadístico del factor salinidad y el suelo franco arcilloso.

INDICADORES	No salino				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
C <sub>Ee</sub> (dS/m)	3,99	0,36	3,94	3,48	4,77
pH	7,53	0,18	7,56	7,24	7,80
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	2,29	0,47	2,23	1,70	3,68
RP (Seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00
Porosidad (%)	63,81	2,97	63,14	57,00	69,29
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,07	0,04	1,07	1,00	1,15
CRAD (%)	13,63	1,87	13,42	10,27	16,91
EA (%)	9,38	5,20	7,81	3,43	20,05
MO (%)	1,02	0,08	1,01	0,85	1,16
CIC (meq/100 g suelo)	12,15	1,30	12,06	10,25	14,87
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	1,49	0,14	1,53	1,24	1,75
K <sup>+</sup> (meq/l)	10,20	0,57	10,04	9,16	11,09
Na <sup>+</sup> (meq/l)	1,26	0,01	1,26	1,25	1,28
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	27,31	3,53	28,87	21,74	33,83
RAS	0,33	0,02	0,33	0,30	0,37

INDICADORES	Salino				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
C <sub>Ee</sub> (dS/m)	7,45	1,59	7,03	5,41	11,45
pH	7,61	0,13	7,59	7,44	7,91
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	2,68	0,62	2,54	1,92	3,90
RP (Seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00
Porosidad (%)	62,25	2,97	62,34	56,06	68,62
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,05	0,04	1,04	0,93	1,16
CRAD (%)	13,29	1,33	13,11	10,08	15,82
EA (%)	15,57	2,76	15,41	11,84	19,72
MO (%)	1,06	0,12	1,06	0,85	1,23
CIC (meq/100 g suelo)	12,55	1,92	12,12	9,66	15,85
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	1,99	0,51	1,87	1,47	2,91
K <sup>+</sup> (meq/l)	13,52	1,09	13,37	11,79	15,83
Na <sup>+</sup> (meq/l)	2,42	0,47	2,61	1,40	2,75
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	45,36	12,73	43,85	25,95	69,80
RAS	0,51	0,11	0,52	0,28	0,70

INDICADORES	Muy salino				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
C <sub>Ee</sub> (dS/m)	8,42	0,87	8,13	7,17	10,35
pH	7,66	0,11	7,67	7,47	7,83
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,05	0,11	1,03	0,86	1,34
RP (Seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00
Porosidad (%)	64,64	3,25	63,14	57,00	69,29
DA (g/cm <sup>3</sup> )	0,99	0,03	0,98	0,93	1,05
CRAD (%)	9,82	3,05	9,06	4,39	16,54
EA (%)	17,90	3,11	17,02	14,48	24,16
MO (%)	1,28	0,13	1,25	1,07	1,53
CIC (meq/100 g suelo)	13,26	1,97	12,68	10,58	17,93
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	2,12	0,53	1,85	1,51	3,07
K <sup>+</sup> (meq/l)	13,92	0,55	13,81	13,02	14,95
Na <sup>+</sup> (meq/l)	2,69	0,04	2,70	2,63	2,76
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	45,11	10,86	43,41	30,81	66,63
RAS	0,57	0,07	0,57	0,46	0,67

Tabla 3: Resultados del análisis estadístico del factor salinidad y el suelo franco.

INDICADORES	No salino				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
C <sub>Ee</sub> (dS/m)	1,86	0,72	2,04	1,07	2,76
pH	7,53	0,27	7,60	7,14	7,89
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,14	0,22	1,15	0,78	1,49
RP (Seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00
Porosidad (%)	59,24	3,29	59,71	50,86	63,14
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,25	0,04	1,27	1,16	1,34
CRAD (%)	2,35	0,32	2,27	1,79	3,14
EA (%)	2,15	0,75	1,95	1,42	3,90
MO (%)	0,38	0,05	0,37	0,29	0,49
CIC (meq/100 g suelo)	4,46	0,66	4,40	3,52	5,93
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	0,64	0,17	0,61	0,43	0,84
K <sup>+</sup> (meq/l)	4,20	0,51	4,27	3,18	5,02
Na <sup>+</sup> (meq/l)	1,17	0,04	1,17	1,13	1,23
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	8,76	3,14	8,48	4,63	12,90
RAS	0,56	0,09	0,55	0,46	0,71

INDICADORES	Salino				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
C <sub>Ee</sub> (dS/m)	2,53	0,71	2,68	1,62	3,47
pH	7,61	0,32	7,73	7,18	7,97
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,43	0,42	1,36	0,77	2,19
RP (Seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00
Porosidad (%)	59,08	3,55	57,00	50,86	63,14
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,28	0,03	1,27	1,24	1,33
CRAD (%)	2,70	0,45	2,65	1,94	3,55
EA (%)	1,74	0,41	1,70	1,12	2,46
MO (%)	0,45	0,05	0,45	0,34	0,55
CIC (meq/100 g suelo)	5,27	0,88	5,16	3,77	7,00
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	0,71	0,19	0,73	0,47	0,96
K <sup>+</sup> (meq/l)	4,27	0,45	4,36	3,53	5,02
Na <sup>+</sup> (meq/l)	1,26	0,03	1,26	1,22	1,32
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	10,29	4,18	11,33	5,03	15,50
RAS	0,57	0,12	0,53	0,44	0,75

INDICADORES	Muy salino				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
C <sub>Ee</sub> (dS/m)	2,32	0,43	2,18	1,85	3,24
pH	7,70	0,35	7,71	7,31	8,11
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,14	0,23	1,15	0,79	1,75
RP (Seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	5,21	2,13	7,00	2,13	7,00
Porosidad (%)	56,80	2,32	57,00	50,86	63,14
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,29	0,02	1,29	1,26	1,34
CRAD (%)	1,83	0,35	1,95	1,21	2,41
EA (%)	1,64	0,58	1,67	0,61	2,97
MO (%)	0,44	0,04	0,42	0,39	0,53
CIC (meq/100 g suelo)	4,57	1,31	4,24	3,15	8,17
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	0,49	0,12	0,46	0,35	0,68
K <sup>+</sup> (meq/l)	3,98	0,42	4,01	3,09	4,58
Na <sup>+</sup> (meq/l)	1,30	0,02	1,30	1,25	1,35
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	5,77	2,06	5,01	3,59	8,72
RAS	0,77	0,14	0,79	0,61	0,93

Tabla 4: Resultados del análisis estadístico del factor salinidad y el suelo arenoso.

INDICADORES	No salino				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
C <sub>Ee</sub> (dS/m)	1,87	0,83	2,00	0,82	3,29
pH	7,67	0,14	7,73	7,41	7,90
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,98	0,16	0,94	0,83	1,53
RP (Seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,36	0,04	0,36	0,29	0,43
Porosidad (%)	50,26	2,90	48,95	43,51	55,09
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,46	0,06	1,46	1,16	1,53
CRAD (%)	0,89	0,37	0,92	0,18	1,57
EA (%)	9,84	1,91	9,71	6,57	13,73
MO (%)	0,03	0,00	0,03	0,02	0,04
CIC (meq/100 g suelo)	0,50	0,17	0,43	0,31	0,85
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	0,54	0,15	0,52	0,31	0,78
K <sup>+</sup> (meq/l)	3,71	1,31	3,97	2,04	5,90
Na <sup>+</sup> (meq/l)	1,18	0,06	1,18	1,10	1,29
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	8,31	3,96	8,02	2,47	14,72
RAS	0,61	0,14	0,58	0,44	0,94

INDICADORES	Salino				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
C <sub>Ee</sub> (dS/m)	1,93	0,67	2,03	1,07	3,06
pH	7,63	0,13	7,65	7,39	7,84
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,44	0,33	1,42	0,93	2,13
RP (Seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,45	0,08	0,43	0,34	0,61
Porosidad (%)	48,79	2,03	48,67	43,51	55,09
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,46	0,05	1,48	1,30	1,57
CRAD (%)	0,81	0,38	0,69	0,34	1,73
EA (%)	9,22	1,59	9,12	7,23	12,34
MO (%)	0,03	0,00	0,03	0,02	0,03
CIC (meq/100 g suelo)	0,64	0,22	0,58	0,35	1,16
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	0,56	0,13	0,55	0,39	0,76
K <sup>+</sup> (meq/l)	4,08	1,11	3,79	2,74	6,07
Na <sup>+</sup> (meq/l)	1,22	0,05	1,22	1,15	1,33
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	8,71	3,74	8,24	4,37	13,80
RAS	0,60	0,12	0,58	0,47	0,74

INDICADORES	Muy salino				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
C <sub>Ee</sub> (dS/m)	2,41	0,71	2,42	1,36	3,54
pH	7,57	0,23	7,64	7,16	7,87
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,47	0,22	1,46	1,16	1,93
RP (Seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,47	0,10	0,44	0,37	0,73
Porosidad (%)	49,02	2,57	48,67	43,51	55,09
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,46	0,05	1,47	1,31	1,52
CRAD (%)	0,54	0,39	0,40	0,10	1,37
EA (%)	10,12	1,30	10,56	7,64	12,06
MO (%)	0,03	0,00	0,03	0,02	0,03
CIC (meq/100 g suelo)	0,51	0,23	0,43	0,23	1,17
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	0,58	0,15	0,56	0,39	0,76
K <sup>+</sup> (meq/l)	4,60	1,36	4,93	3,00	6,51
Na <sup>+</sup> (meq/l)	1,27	0,04	1,27	1,20	1,33
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	8,65	3,88	8,63	4,35	13,14
RAS	0,63	0,14	0,61	0,49	0,81

Tabla 5: Prueba de comparación entre factores de suelo y salinidad en general.

INDICADORES	Salinidad		
	No salino	Salino	Muy salino
<b>FÍSICOS</b>			
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,46 A	1,78 B	1,22 A
RP (Seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	4,79 A	4,82 A	4,22 A
CRAD (%)	5,65 A	5,62 A	4,07 B
Porosidad (%)	57,77 A	56,71 A	56,82 A
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,26 A	1,26 A	1,25 A
EA (%)	7,40 A	8,98 A	10,21 A
<b>QUÍMICOS</b>			
pH	7,58 A	7,62 A	7,64 A
CEe (dS/m)	2,60 A	4,15 B	4,42 B
MO (%)	0,47 A	0,51 A	0,58 A
CIC (meq/100 g suelo)	6,01 A	6,17 A	6,33 A
K <sup>+</sup> (meq/l)	6,08 A	7,35 A	7,55 A
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	0,89 A	1,07 A	1,04 A
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	14,79 A	21,45 A	19,85 A
Na <sup>+</sup> (meq/l)	1,21 A	1,63 B	1,75 C
RAS	0,50 A	0,56 A	0,65 B

Tabla 6: Lecturas de CE y pH del agua de riego y solución.

FECHA RIEGO	0 L/ha		2 L/ha		4 L/ha	
	CE (dS/m)	pH	CE (dS/m)	pH	CE (dS/m)	pH
30-mar	0,87	7,51	0,88	8,06	0,94	7,28
02-abr	0,86	7,90				
06-abr	0,87	7,96				
10-abr	0,90	7,92				
14-abr	0,90	7,77	0,95	7,34	1,01	7,10
18-abr	0,91	7,82				
22-abr	0,89	7,96				
26-abr	0,91	8,01				
30-abr	0,93	7,83	1,00	7,89	1,06	7,57
04-may	0,95	7,92				
08-may	0,93	8,04				
12-may	0,92	7,98				
16-may	0,95	8,07	1,14	7,66	1,36	7,21
18-may	1,02	7,74				
20-may	0,96	8,03				
22-may	0,98	7,92				
25-may	1,06	7,60				

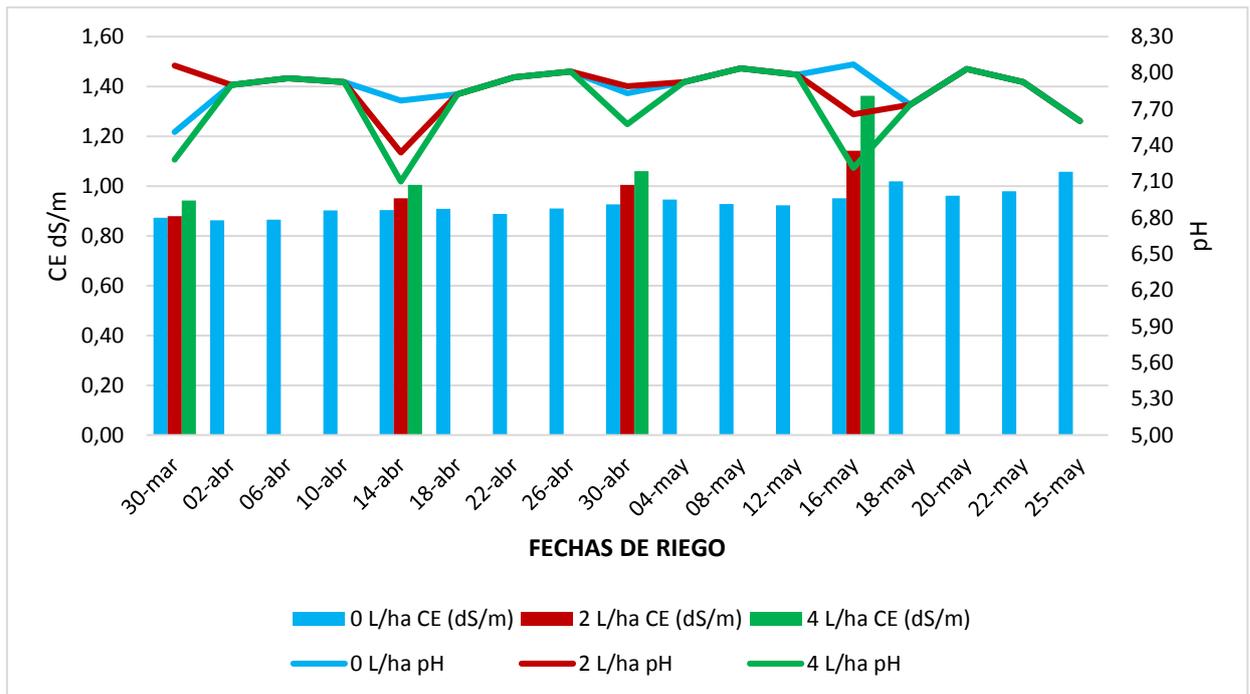


Figura 1: CE y pH del agua de riego y solución.

Tabla 7: Análisis de cationes de la solución aplicada.

Producto	Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	K <sup>+</sup> (meq/l)	Na <sup>+</sup> (meq/l)
Agua de riego	0,45	1,07	1,1
Agua riego + (Bioestimulante 2 L/ha)	0,45	1,07	1,1
Agua riego + (Bioestimulante 4 L/ha)	0,45	2,74	1,1

# **ANEXO 8**

**Resultados de los análisis estadísticos del factor dosis**

Tabla 1: Resultados del análisis estadístico en general del factor dosis.

INDICADORES	NS0					NS2					NS4				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	2,61	1,21	2,68	0,82	4,48	2,61	1,18	2,49	1,10	4,19	2,59	1,30	2,52	1,05	4,77
<b>pH</b>	7,58	0,25	7,66	7,14	7,90	7,61	0,18	7,65	7,24	7,89	7,53	0,21	7,54	7,23	7,85
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1,38	0,60	1,06	0,85	2,55	1,54	0,75	1,31	0,78	3,68	1,45	0,64	1,23	0,86	2,99
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	4,79	3,22	7,00	0,33	7,00	4,79	3,22	7,00	0,29	7,00	4,78	3,23	7,00	0,30	7,00
<b>Porosidad (%)</b>	57,86	6,39	57,00	47,51	69,29	58,42	6,28	60,17	47,51	68,62	57,04	6,68	59,25	43,51	67,92
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,25	0,17	1,25	1,00	1,51	1,27	0,16	1,27	1,03	1,53	1,27	0,16	1,26	1,02	1,51
<b>CRAD (%)</b>	5,45	5,78	2,25	0,18	16,76	5,54	5,67	2,18	0,84	15,01	5,95	6,10	2,44	0,73	16,91
<b>EA (%)</b>	6,32	3,81	5,84	1,67	13,73	7,03	4,05	7,85	1,53	14,65	8,96	5,84	9,09	1,42	20,05
<b>MO (%)</b>	0,47	0,43	0,38	0,02	1,16	0,47	0,44	0,35	0,02	1,13	0,48	0,41	0,41	0,03	1,12
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	6,58	5,16	4,86	0,37	14,87	5,57	4,85	4,39	0,31	12,62	5,94	5,04	4,37	0,40	14,53
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	0,89	0,47	0,76	0,37	1,61	0,88	0,46	0,70	0,31	1,63	0,90	0,47	0,79	0,39	1,75
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	5,95	3,25	4,32	2,04	11,09	6,23	3,11	4,76	2,39	10,74	6,06	3,13	4,80	2,39	11,09
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,21	0,06	1,23	1,10	1,29	1,20	0,06	1,21	1,11	1,28	1,20	0,05	1,21	1,12	1,28
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	14,73	9,84	11,54	3,87	30,33	14,45	9,70	11,57	2,47	30,69	15,20	9,78	12,48	4,67	33,83
<b>RAS</b>	0,50	0,15	0,50	0,32	0,76	0,51	0,17	0,50	0,32	0,94	0,49	0,14	0,47	0,30	0,73

**NS0:** NO SALINO DOSIS 0

**NS2:** NO SALINO DOSIS 2

**NS4:** NO SALINO DOSIS 4

INDICADORES	S0					S2					S4				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	4,03	2,63	3,15	1,16	9,09	4,56	3,37	3,07	1,20	11,45	3,95	2,51	3,08	1,07	9,08
<b>pH</b>	7,58	0,22	7,61	7,18	7,97	7,63	0,19	7,65	7,20	7,95	7,65	0,22	7,63	7,23	7,95
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1,58	0,66	1,34	0,92	2,96	1,80	0,72	1,81	0,77	3,79	1,96	0,77	1,68	1,06	3,90
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	4,80	3,20	7,00	0,34	7,00	4,83	3,16	7,00	0,38	7,00	4,82	3,18	7,00	0,39	7,00
<b>Porosidad (%)</b>	56,38	6,43	57,00	43,51	68,62	56,87	6,10	57,00	47,51	63,14	56,86	6,98	57,00	45,01	68,62
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,25	0,18	1,27	0,93	1,55	1,26	0,18	1,26	1,01	1,57	1,27	0,18	1,27	0,98	1,53
<b>CRAD (%)</b>	5,40	5,20	3,03	0,38	14,18	5,68	5,83	2,44	0,44	15,82	5,79	5,78	2,60	0,40	14,87
<b>EA (%)</b>	9,20	6,55	9,81	1,16	19,70	8,35	5,69	8,44	1,12	19,72	9,42	5,90	9,27	1,61	18,87
<b>MO (%)</b>	0,50	0,43	0,46	0,02	1,18	0,51	0,45	0,45	0,02	1,22	0,52	0,45	0,45	0,02	1,23
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	6,45	5,63	5,16	0,48	14,81	6,27	5,18	5,21	0,46	15,85	5,82	4,88	4,93	0,35	15,42
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	1,06	0,71	0,75	0,41	2,91	1,04	0,71	0,76	0,43	2,91	1,10	0,75	0,79	0,39	2,79
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	7,23	4,67	4,41	2,83	14,60	7,58	4,83	4,67	2,74	15,83	7,25	4,45	4,80	2,74	15,13
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,69	0,67	1,27	1,17	2,67	1,51	0,55	1,28	1,15	2,75	1,70	0,67	1,28	1,15	2,68
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	21,11	18,40	12,95	4,69	60,99	23,61	21,79	13,79	4,83	69,80	19,64	16,75	13,68	4,37	59,69
<b>RAS</b>	0,58	0,11	0,55	0,46	0,75	0,52	0,14	0,49	0,28	0,75	0,59	0,11	0,60	0,46	0,74

**S0: SALINO DOSIS 0**

**S2: SALINO DOSIS 2**

**S4: SALINO DOSIS 4**

INDICADORES	MS0					MS2					MS4				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	4,20	2,76	2,81	1,64	9,05	4,54	3,23	2,92	1,36	10,35	4,53	3,08	2,91	1,51	9,53
<b>pH</b>	7,62	0,27	7,65	7,16	8,09	7,65	0,25	7,65	7,32	8,04	7,67	0,25	7,70	7,31	8,11
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1,17	0,26	1,10	0,86	1,93	1,25	0,25	1,21	0,79	1,72	1,24	0,28	1,22	0,88	1,76
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	4,03	3,13	4,76	0,37	7,00	4,53	3,04	7,00	0,40	7,00	4,12	3,08	5,16	0,37	7,00
<b>Porosidad (%)</b>	56,65	6,47	57,00	47,51	68,62	57,42	7,33	57,00	44,71	69,29	56,39	7,21	57,00	43,51	69,29
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,24	0,20	1,30	0,93	1,50	1,24	0,21	1,28	0,95	1,52	1,25	0,20	1,29	0,94	1,52
<b>CRAD (%)</b>	3,28	3,74	1,51	0,10	13,40	4,61	5,17	2,06	0,16	16,54	4,31	4,45	1,88	0,22	13,30
<b>EA (%)</b>	10,63	8,01	10,34	1,19	24,16	9,83	6,40	10,65	0,61	21,42	10,13	6,54	10,61	1,43	22,13
<b>MO (%)</b>	0,58	0,54	0,43	0,02	1,41	0,56	0,51	0,43	0,02	1,31	0,61	0,58	0,45	0,02	1,53
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	5,81	5,57	4,00	0,23	15,32	6,55	5,48	5,64	0,36	15,03	6,65	5,83	4,53	0,39	17,93
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	1,02	0,78	0,67	0,35	2,83	0,97	0,76	0,64	0,37	2,51	1,13	0,93	0,68	0,37	3,07
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	7,37	4,68	4,89	3,09	14,60	7,69	4,85	4,93	3,00	14,95	7,60	4,83	4,98	3,00	14,78
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,75	0,68	1,30	1,22	2,71	1,75	0,69	1,31	1,20	2,76	1,76	0,69	1,31	1,21	2,76
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	18,66	17,54	9,88	3,67	57,77	19,90	20,02	9,89	3,59	66,63	20,98	21,08	10,64	4,11	65,19
<b>RAS</b>	0,66	0,14	0,64	0,49	0,91	0,66	0,15	0,62	0,46	0,93	0,64	0,14	0,62	0,47	0,87

**MS0: MUY SALINO DOSIS 0**

**MS2: MUY SALINO DOSIS 2**

**MS4: MUY SALINO DOSIS 4**

Tabla 2: Resultados del análisis estadístico del factor dosis y el suelo franco arcilloso

INDICADORES	NS0					NS2					NS4				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	3,91	0,32	3,87	3,57	4,48	3,95	0,22	3,97	3,63	4,19	4,11	0,50	3,95	3,48	4,77
<b>pH</b>	7,56	0,18	7,59	7,31	7,80	7,54	0,19	7,56	7,24	7,76	7,50	0,19	7,48	7,27	7,76
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	2,16	0,28	2,23	1,80	2,55	2,42	0,63	2,21	1,98	3,68	2,29	0,48	2,23	1,70	2,99
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00
<b>Porosidad (%)</b>	64,01	4,32	62,74	57,00	69,29	64,12	2,60	63,14	62,34	68,62	63,31	1,52	63,14	61,93	67,92
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,06	0,04	1,06	1,00	1,14	1,08	0,04	1,07	1,03	1,14	1,08	0,05	1,09	1,02	1,15
<b>CRAD (%)</b>	13,26	2,17	13,82	10,27	16,76	13,37	1,14	13,14	11,51	15,01	14,25	2,11	13,72	11,68	16,91
<b>EA (%)</b>	5,86	2,15	5,11	3,43	8,42	9,19	4,36	10,26	4,26	14,65	13,08	6,18	14,91	6,17	20,05
<b>MO (%)</b>	1,02	0,10	1,04	0,86	1,16	1,04	0,05	1,03	1,00	1,13	1,00	0,10	1,00	0,85	1,12
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	12,57	1,63	12,13	10,64	14,87	11,74	0,91	12,03	10,25	12,62	12,16	1,36	12,05	10,50	14,53
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	1,49	0,13	1,54	1,26	1,61	1,48	0,13	1,48	1,30	1,63	1,50	0,19	1,52	1,24	1,75
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	10,24	0,56	10,04	9,69	11,09	10,19	0,39	10,04	9,86	10,74	10,16	0,81	10,13	9,16	11,09
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,26	0,01	1,26	1,25	1,27	1,26	0,01	1,26	1,25	1,27	1,26	0,02	1,26	1,25	1,28
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	27,52	3,03	28,89	22,28	30,33	26,97	3,27	27,54	22,32	30,69	27,44	4,73	27,70	21,74	33,83
<b>RAS</b>	0,33	0,02	0,33	0,32	0,36	0,33	0,02	0,33	0,32	0,36	0,34	0,03	0,33	0,30	0,37

**NS0:** NO SALINO DOSIS 0

**NS2:** NO SALINO DOSIS 2

**NS4:** NO SALINO DOSIS 4

INDICADORES	S0					S2					S4				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	7,28	1,20	7,13	5,76	9,09	7,87	2,43	7,61	5,41	11,45	7,20	0,98	7,03	6,37	9,08
<b>pH</b>	7,55	0,12	7,50	7,44	7,72	7,62	0,08	7,62	7,51	7,72	7,67	0,16	7,63	7,53	7,91
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	2,58	0,33	2,60	2,17	2,96	2,59	0,72	2,49	1,92	3,79	2,84	0,78	2,69	2,02	3,90
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00
<b>Porosidad (%)</b>	62,24	3,00	62,34	57,00	68,62	61,82	2,29	62,74	57,00	63,14	62,69	3,67	62,74	56,06	68,62
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,04	0,06	1,03	0,93	1,16	1,05	0,03	1,05	1,01	1,09	1,05	0,04	1,03	0,98	1,11
<b>CRAD (%)</b>	12,47	1,09	12,71	10,66	14,18	13,68	1,21	13,27	12,23	15,82	13,72	1,37	14,16	10,08	14,87
<b>EA (%)</b>	16,48	2,88	16,96	13,14	19,70	14,54	2,92	13,46	11,84	19,72	15,68	2,62	15,41	11,94	18,87
<b>MO (%)</b>	1,03	0,15	1,05	0,85	1,18	1,07	0,09	1,06	0,97	1,22	1,07	0,13	1,06	0,88	1,23
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	13,24	1,75	13,44	10,87	14,81	12,74	1,87	12,56	10,74	15,85	11,68	2,11	11,11	9,66	15,42
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	1,95	0,50	1,84	1,47	2,91	2,00	0,56	1,97	1,49	2,91	2,01	0,58	1,80	1,49	2,79
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	13,58	0,76	13,55	12,50	14,60	13,78	1,41	13,64	12,32	15,83	13,20	1,13	12,93	11,79	15,13
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	2,61	0,05	2,62	2,54	2,67	2,05	0,71	2,03	1,40	2,75	2,61	0,04	2,61	2,56	2,68
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	44,96	9,69	43,85	31,75	60,99	51,14	14,49	50,55	35,17	69,80	39,99	13,12	35,13	25,95	59,69
<b>RAS</b>	0,55	0,05	0,55	0,47	0,62	0,39	0,09	0,39	0,28	0,51	0,59	0,09	0,61	0,46	0,70

**S0: SALINO DOSIS 0**

**S2: SALINO DOSIS 2**

**S4: SALINO DOSIS 4**

INDICADORES	MS0					MS2					MS4				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	7,9	0,7	7,9	7,2	9,1	8,7	1,0	8,4	7,6	10,4	8,7	0,7	8,9	7,8	9,5
<b>pH</b>	7,6	0,1	7,7	7,5	7,8	7,7	0,1	7,7	7,5	7,8	7,7	0,1	7,7	7,5	7,7
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1,0	0,1	1,0	0,9	1,0	1,1	0,1	1,1	1,0	1,2	1,1	0,2	1,1	0,9	1,3
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	7,0	0,0	7,0	7,0	7,0	7,0	0,0	7,0	7,0	7,0	7,0	0,0	7,0	7,0	7,0
<b>Porosidad (%)</b>	64,0	2,7	63,1	61,5	68,6	65,1	4,0	65,5	57,0	69,3	64,8	3,1	63,1	62,3	69,3
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,0	0,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,0	1,0	0,9	1,0
<b>CRAD (%)</b>	8,03	2,58	7,40	4,39	13,40	11,08	3,91	11,33	6,33	16,54	10,36	1,44	10,41	8,69	13,30
<b>EA (%)</b>	20,4	2,7	19,9	17,3	24,2	16,2	2,6	15,2	14,6	21,4	17,1	2,7	16,3	14,5	22,1
<b>MO (%)</b>	1,3	0,1	1,3	1,1	1,4	1,2	0,1	1,2	1,1	1,3	1,4	0,1	1,4	1,2	1,5
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	13,1	1,3	12,8	11,6	15,3	13,1	1,4	12,4	11,8	15,0	13,6	3,0	13,1	10,6	17,9
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	2,0	0,5	1,8	1,6	2,8	2,1	0,4	1,8	1,7	2,5	2,3	0,7	2,3	1,5	3,1
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	13,7	0,5	13,5	13,0	14,6	14,0	0,6	13,7	13,4	15,0	14,1	0,5	14,1	13,5	14,8
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	2,7	0,0	2,7	2,6	2,7	2,7	0,0	2,7	2,6	2,8	2,7	0,0	2,7	2,6	2,8
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	41,5	8,9	39,3	33,9	57,8	45,9	10,9	43,9	34,8	66,6	47,9	13,3	49,6	30,8	65,2
<b>RAS</b>	0,6	0,1	0,6	0,5	0,6	0,6	0,1	0,6	0,5	0,6	0,6	0,1	0,5	0,5	0,7

**MS0: MUY SALINO DOSIS 0**

**MS2: MUY SALINO DOSIS 2**

**MS4: MUY SALINO DOSIS 4**

Tabla 3: Resultados del análisis estadístico del factor dosis y el suelo franco.

INDICADORES	NS0					NS2					NS4				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	2,03	0,83	2,46	1,12	2,76	1,72	0,67	1,60	1,10	2,49	1,87	0,79	1,89	1,07	2,72
<b>pH</b>	7,45	0,32	7,43	7,14	7,83	7,62	0,22	7,64	7,30	7,89	7,51	0,29	7,49	7,23	7,85
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1,00	0,16	0,95	0,85	1,27	1,18	0,26	1,17	0,78	1,49	1,24	0,19	1,29	0,90	1,43
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00
<b>Porosidad (%)</b>	58,20	4,16	58,36	50,86	63,14	60,25	2,71	60,17	57,00	63,14	59,27	2,73	59,25	56,06	62,34
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,25	0,05	1,26	1,16	1,34	1,26	0,05	1,27	1,18	1,34	1,25	0,04	1,26	1,19	1,29
<b>CRAD (%)</b>	2,38	0,39	2,25	1,82	3,14	2,18	0,25	2,18	1,79	2,68	2,48	0,25	2,44	2,10	2,98
<b>EA (%)</b>	2,39	0,72	2,09	1,67	3,47	2,31	0,95	2,00	1,53	3,90	1,66	0,24	1,65	1,42	1,93
<b>MO (%)</b>	0,37	0,05	0,38	0,29	0,43	0,35	0,03	0,35	0,31	0,39	0,41	0,06	0,41	0,33	0,49
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	4,62	0,74	4,52	3,61	5,74	4,54	0,76	4,39	3,80	5,93	4,24	0,50	4,32	3,52	4,97
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	0,64	0,20	0,64	0,43	0,82	0,63	0,16	0,59	0,49	0,82	0,66	0,18	0,67	0,49	0,84
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	3,95	0,36	3,97	3,44	4,32	4,22	0,56	4,32	3,18	4,84	4,42	0,56	4,54	3,70	5,02
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,18	0,05	1,17	1,14	1,23	1,17	0,03	1,16	1,14	1,20	1,17	0,04	1,17	1,13	1,21
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	8,52	3,36	8,72	4,63	11,60	8,41	2,88	7,77	5,82	11,76	9,35	3,65	9,87	5,43	12,90
<b>RAS</b>	0,58	0,10	0,56	0,48	0,71	0,57	0,08	0,58	0,48	0,64	0,55	0,10	0,52	0,46	0,66

**NS0:** NO SALINO DOSIS 0

**NS2:** NO SALINO DOSIS 2

**NS4:** NO SALINO DOSIS 4

INDICADORES	S0					S2					S4				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>C<sub>Ec</sub></b> (dS/m)	2,49	0,78	2,48	1,76	3,26	2,38	0,81	2,33	1,62	3,24	2,67	0,69	2,78	1,62	3,47
<b>pH</b>	7,55	0,37	7,52	7,18	7,97	7,64	0,32	7,77	7,20	7,95	7,64	0,32	7,70	7,23	7,95
<b>RP</b> (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,27	0,23	1,33	0,92	1,55	1,33	0,41	1,33	0,77	1,92	1,68	0,50	1,71	1,06	2,19
<b>RP</b> (Seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00
<b>Porosidad</b> (%)	57,86	4,21	57,00	50,86	63,14	59,61	3,19	59,25	55,58	63,14	59,79	3,12	59,25	56,06	63,14
<b>DA</b> (g/cm <sup>3</sup> )	1,28	0,03	1,27	1,25	1,33	1,27	0,03	1,26	1,24	1,31	1,28	0,03	1,27	1,24	1,33
<b>CRAD</b> (%)	3,01	0,36	3,03	2,42	3,55	2,57	0,44	2,44	2,07	3,51	2,53	0,40	2,60	1,94	3,24
<b>EA</b> (%)	1,53	0,33	1,52	1,16	2,08	1,69	0,44	1,70	1,12	2,28	2,07	0,31	2,10	1,61	2,46
<b>MO</b> (%)	0,46	0,03	0,46	0,42	0,49	0,44	0,07	0,45	0,34	0,50	0,46	0,05	0,45	0,40	0,55
<b>CIC</b> (meq/100 g suelo)	5,32	1,03	5,16	4,26	7,00	5,27	0,34	5,21	4,85	5,69	5,24	1,22	4,93	3,77	6,94
<b>Ca<sup>2+</sup></b> (meq/l)	0,69	0,22	0,68	0,47	0,92	0,72	0,21	0,73	0,47	0,96	0,73	0,18	0,75	0,49	0,92
<b>K<sup>+</sup></b> (meq/l)	4,07	0,32	4,06	3,70	4,49	4,39	0,54	4,58	3,53	5,02	4,35	0,48	4,45	3,53	4,93
<b>Na<sup>+</sup></b> (meq/l)	1,25	0,02	1,26	1,22	1,27	1,27	0,04	1,26	1,23	1,32	1,27	0,02	1,27	1,23	1,29
<b>Mg<sup>2+</sup></b> (meq/l)	9,54	4,55	9,68	5,03	14,30	10,78	4,69	11,61	5,03	15,50	10,53	3,97	11,20	5,03	14,08
<b>RAS</b>	0,60	0,14	0,57	0,46	0,75	0,56	0,13	0,52	0,44	0,75	0,56	0,11	0,54	0,46	0,74

**S0: SALINO DOSIS 0**

**S2: SALINO DOSIS 2**

**S4: SALINO DOSIS 4**

INDICADORES	MS0					MS2					MS4				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	2,13	0,31	2,07	1,85	2,67	2,26	0,41	2,11	1,87	2,96	2,56	0,49	2,50	1,99	3,24
<b>pH</b>	7,72	0,36	7,72	7,33	8,09	7,70	0,36	7,72	7,32	8,04	7,69	0,40	7,66	7,31	8,11
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1,08	0,13	1,10	0,90	1,26	1,15	0,21	1,20	0,79	1,39	1,19	0,32	1,16	0,89	1,75
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	4,68	2,55	4,76	2,13	7,00	6,05	1,49	7,00	3,77	7,00	4,90	2,32	5,16	2,30	7,00
<b>Porosidad (%)</b>	56,92	0,27	57,00	56,06	57,00	58,02	2,39	57,00	57,00	63,14	55,46	2,78	57,00	50,86	57,00
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,30	0,03	1,30	1,26	1,34	1,29	0,02	1,28	1,27	1,34	1,29	0,02	1,29	1,26	1,33
<b>CRAD (%)</b>	1,53	0,25	1,51	1,22	2,02	2,09	0,11	2,06	1,96	2,27	1,87	0,39	1,88	1,21	2,41
<b>EA (%)</b>	1,80	0,66	1,65	1,19	2,97	1,36	0,68	1,70	0,61	2,08	1,73	0,30	1,64	1,43	2,12
<b>MO (%)</b>	0,44	0,04	0,43	0,39	0,50	0,43	0,03	0,43	0,39	0,48	0,45	0,05	0,45	0,39	0,53
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	4,01	0,76	4,00	3,15	5,19	5,04	1,99	4,64	3,25	8,17	4,64	0,83	4,45	4,04	6,27
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	0,47	0,12	0,46	0,35	0,64	0,47	0,11	0,42	0,37	0,64	0,52	0,13	0,51	0,37	0,68
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	3,72	0,41	3,84	3,09	4,14	4,01	0,36	3,97	3,53	4,58	4,22	0,37	4,27	3,53	4,58
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,28	0,01	1,28	1,27	1,30	1,29	0,02	1,30	1,25	1,31	1,31	0,02	1,31	1,27	1,35
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	5,65	2,17	5,49	3,67	8,10	5,40	2,08	4,66	3,59	8,26	6,27	2,22	6,29	4,11	8,72
<b>RAS</b>	0,77	0,15	0,77	0,62	0,91	0,79	0,14	0,81	0,62	0,93	0,74	0,13	0,74	0,61	0,87

**MS0:** MUY SALINO DOSIS 0

**MS2:** MUY SALINO DOSIS 2

**MS4:** MUY SALINO DOSIS 4

Tabla 4: Resultados del análisis estadístico del factor dosis y el suelo arenoso

INDICADORES	NS0					NS2					NS4				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	1,79	0,93	1,59	0,82	3,29	2,06	0,85	2,43	1,10	2,94	1,78	0,84	1,63	1,05	3,03
<b>pH</b>	7,73	0,14	7,73	7,52	7,90	7,68	0,12	7,73	7,46	7,78	7,60	0,15	7,59	7,41	7,79
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	0,98	0,10	0,95	0,90	1,16	1,02	0,26	0,94	0,83	1,53	0,95	0,08	0,95	0,86	1,04
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	0,37	0,03	0,37	0,33	0,41	0,36	0,06	0,36	0,29	0,43	0,34	0,03	0,34	0,30	0,38
<b>Porosidad (%)</b>	51,36	2,56	52,44	47,51	54,07	50,89	3,20	50,84	47,51	55,09	48,53	2,22	48,67	43,51	51,88
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,44	0,09	1,46	1,16	1,51	1,46	0,03	1,46	1,41	1,53	1,47	0,04	1,48	1,40	1,51
<b>CRAD (%)</b>	0,73	0,47	0,75	0,18	1,32	1,06	0,21	1,00	0,84	1,57	1,10	0,27	1,04	0,73	1,45
<b>EA (%)</b>	9,98	2,76	9,71	6,57	13,73	9,16	1,03	9,61	7,73	10,10	10,40	1,67	10,53	8,09	12,22
<b>MO (%)</b>	0,03	0,01	0,03	0,02	0,04	0,03	0,01	0,03	0,02	0,03	0,03	0,00	0,03	0,03	0,03
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	0,57	0,20	0,55	0,37	0,79	0,44	0,14	0,41	0,31	0,69	0,53	0,19	0,45	0,40	0,85
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	0,53	0,14	0,52	0,37	0,72	0,54	0,17	0,55	0,31	0,72	0,55	0,17	0,52	0,39	0,78
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	3,65	1,49	3,31	2,04	5,90	3,91	1,33	4,67	2,39	5,20	3,62	1,32	3,44	2,39	5,63
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,18	0,07	1,17	1,10	1,29	1,19	0,07	1,18	1,11	1,28	1,18	0,04	1,18	1,12	1,24
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	8,16	3,78	8,02	3,87	12,90	7,97	4,32	8,39	2,47	12,30	8,81	4,45	8,36	4,67	14,72
<b>RAS</b>	0,60	0,11	0,58	0,49	0,76	0,64	0,18	0,59	0,49	0,94	0,59	0,13	0,58	0,44	0,73

**NS0:** NO SALINO DOSIS 0

**NS2:** NO SALINO DOSIS 2

**NS4:** NO SALINO DOSIS 4

INDICADORES	S0					S2					S4				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	1,98	0,63	2,03	1,16	2,76	1,79	0,59	1,76	1,20	2,45	1,97	0,83	1,84	1,07	3,06
<b>pH</b>	7,63	0,10	7,65	7,45	7,73	7,62	0,10	7,65	7,48	7,75	7,64	0,19	7,63	7,39	7,84
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1,21	0,33	1,11	0,93	1,82	1,61	0,37	1,65	1,20	2,13	1,50	0,12	1,49	1,37	1,68
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	0,40	0,06	0,40	0,34	0,51	0,49	0,07	0,50	0,38	0,58	0,45	0,09	0,42	0,39	0,61
<b>Porosidad (%)</b>	49,05	2,57	48,67	43,51	55,09	49,20	1,99	48,67	47,51	55,09	48,11	1,34	48,67	45,01	49,79
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,44	0,07	1,44	1,30	1,55	1,47	0,05	1,48	1,38	1,57	1,48	0,03	1,48	1,43	1,53
<b>CRAD (%)</b>	0,72	0,25	0,74	0,38	1,07	0,79	0,22	0,83	0,44	1,08	1,12	0,44	1,18	0,40	1,73
<b>EA (%)</b>	9,58	1,84	9,81	7,23	12,34	8,81	1,30	8,44	7,47	11,10	9,27	1,79	9,12	7,30	11,34
<b>MO (%)</b>	0,02	0,00	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,03	0,02	0,03	0,03	0,00	0,03	0,02	0,03
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	0,60	0,15	0,53	0,48	0,86	0,79	0,26	0,85	0,46	1,16	0,54	0,16	0,58	0,35	0,76
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	0,55	0,11	0,56	0,41	0,66	0,57	0,14	0,53	0,43	0,76	0,56	0,15	0,55	0,39	0,72
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	4,04	0,88	4,01	2,83	5,37	3,97	1,12	3,79	2,74	5,63	4,20	1,46	3,97	2,74	6,07
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,22	0,04	1,22	1,17	1,27	1,23	0,06	1,23	1,15	1,33	1,21	0,05	1,21	1,15	1,28
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	8,84	3,61	9,14	4,69	12,68	8,90	4,05	8,75	4,83	13,80	8,40	4,24	7,43	4,37	13,44
<b>RAS</b>	0,59	0,12	0,56	0,49	0,73	0,60	0,12	0,59	0,49	0,72	0,61	0,13	0,63	0,47	0,74

**S0: SALINO DOSIS 0**

**S2: SALINO DOSIS 2**

**S4: SALINO DOSIS 4**

INDICADORES	MS0					MS2					MS4				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	2,56	0,77	2,67	1,64	3,54	2,32	0,86	2,42	1,36	3,35	2,35	0,63	2,38	1,51	3,16
<b>pH</b>	7,48	0,27	7,48	7,16	7,76	7,57	0,22	7,54	7,35	7,86	7,64	0,22	7,70	7,35	7,87
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1,44	0,26	1,38	1,16	1,93	1,52	0,19	1,58	1,28	1,72	1,45	0,23	1,41	1,20	1,76
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	0,41	0,03	0,40	0,37	0,44	0,54	0,13	0,50	0,40	0,73	0,46	0,08	0,43	0,37	0,59
<b>Porosidad (%)</b>	49,02	1,71	48,67	47,51	54,07	49,13	3,06	48,67	44,71	55,09	48,91	2,93	49,79	43,51	54,07
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,45	0,04	1,47	1,36	1,50	1,46	0,06	1,48	1,31	1,52	1,46	0,04	1,46	1,40	1,52
<b>CRAD (%)</b>	0,28	0,19	0,23	0,10	0,71	0,65	0,43	0,66	0,16	1,32	0,69	0,38	0,65	0,22	1,37
<b>EA (%)</b>	9,71	1,28	10,34	7,90	10,74	10,48	1,61	10,58	7,64	12,06	10,17	1,07	10,47	8,32	11,24
<b>MO (%)</b>	0,03	0,01	0,03	0,02	0,03	0,03	0,00	0,03	0,02	0,03	0,02	0,00	0,02	0,02	0,03
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	0,34	0,08	0,35	0,23	0,46	0,53	0,17	0,49	0,36	0,78	0,69	0,29	0,65	0,39	1,17
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	0,59	0,15	0,58	0,45	0,74	0,57	0,17	0,56	0,39	0,76	0,57	0,16	0,55	0,43	0,74
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	4,73	1,40	4,80	3,18	6,51	4,60	1,53	4,93	3,00	6,51	4,46	1,44	4,41	3,00	6,16
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,27	0,04	1,28	1,22	1,31	1,26	0,05	1,26	1,20	1,33	1,26	0,03	1,26	1,21	1,29
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	8,83	4,08	8,70	4,77	13,14	8,38	3,89	8,57	4,35	12,20	8,76	4,39	8,68	4,65	13,00
<b>RAS</b>	0,63	0,14	0,61	0,49	0,81	0,64	0,15	0,64	0,50	0,81	0,63	0,16	0,63	0,49	0,80

**MS0: MUY SALINO DOSIS 0**

**MS2: MUY SALINO DOSIS 2**

**MS4: MUY SALINO DOSIS 4**

Tabla 5: Prueba de comparación entre dosis en general.

INDICADORES	NO SALINO			SALINO			MUY SALINO		
	0	2	4	0	2	4	0	2	4
<b>FÍSICOS</b>									
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1,38 AB	1,54 AB	1,45 AB	1,58 AB	1,80 AB	1,96 B	1,17 A	1,25 AB	1,24 A
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	4,79 A	4,79 A	4,78 A	4,80 A	4,83 A	4,82 A	4,03 A	4,53 A	4,12 A
<b>CRAD (%)</b>	5,45 A	5,54 A	5,95 A	5,40 A	5,68 A	5,79 A	3,28 A	4,61 A	4,31 A
<b>Porosidad (%)</b>	57,86 A	58,42 A	57,04 A	56,38 A	56,87 A	56,86 A	56,65 A	57,42 A	56,39 A
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,25 A	1,27 A	1,27 A	1,25 A	1,26 A	1,27 A	1,24 A	1,24 A	1,25 A
<b>EA (%)</b>	6,32 A	7,03 A	8,96 A	9,20 A	8,35 A	9,42 A	10,63 A	9,83 A	10,13 A
<b>QUÍMICOS</b>									
<b>pH</b>	7,58 A	7,61 A	7,53 A	7,58 A	7,63 A	7,65 A	7,62 A	7,65 A	7,67 A
<b>CEe (dS/m)</b>	2,61 A	2,61 A	2,59 A	4,03 A	4,56 A	3,95 A	4,20 A	4,54 A	4,53 A
<b>MO (%)</b>	0,47 A	0,47 A	0,48 A	0,50 A	0,51 A	0,52 A	0,58 A	0,56 A	0,61 A
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	6,58 A	5,57 A	5,94 A	6,45 A	6,27 A	5,82 A	5,81 A	6,55 A	6,65 A
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	0,89 A	0,88 A	0,90 A	1,06 A	1,04 A	1,10 A	1,02 A	0,97 A	1,13 A
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	5,95 A	6,23 A	6,06 A	7,23 A	7,58 A	7,25 A	7,37 A	7,69 A	7,60 A
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,21 A	1,20 A	1,20 A	1,69 AB	1,51 AB	1,70 AB	1,75 B	1,75 B	1,76 B
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	14,73 A	14,45 A	15,20 A	21,11 A	23,61 A	19,64 A	18,66 A	19,90 A	20,98 A
<b>RAS</b>	0,50 AB	0,51 AB	0,49 B	0,58 AB	0,52 AB	0,59 AB	0,66 A	0,66 A	0,64 AB

# **ANEXO 9**

**Gráficos de comparaciones múltiples entre dosis por suelos**

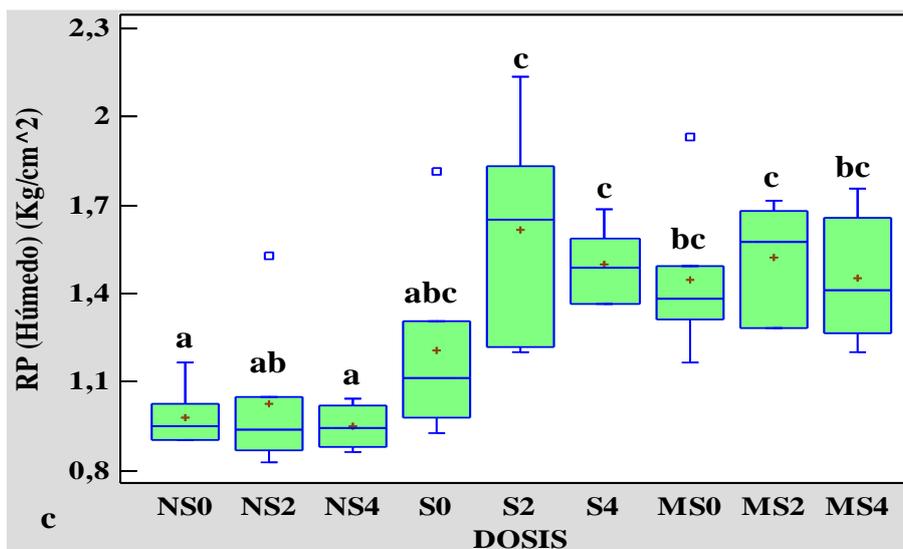
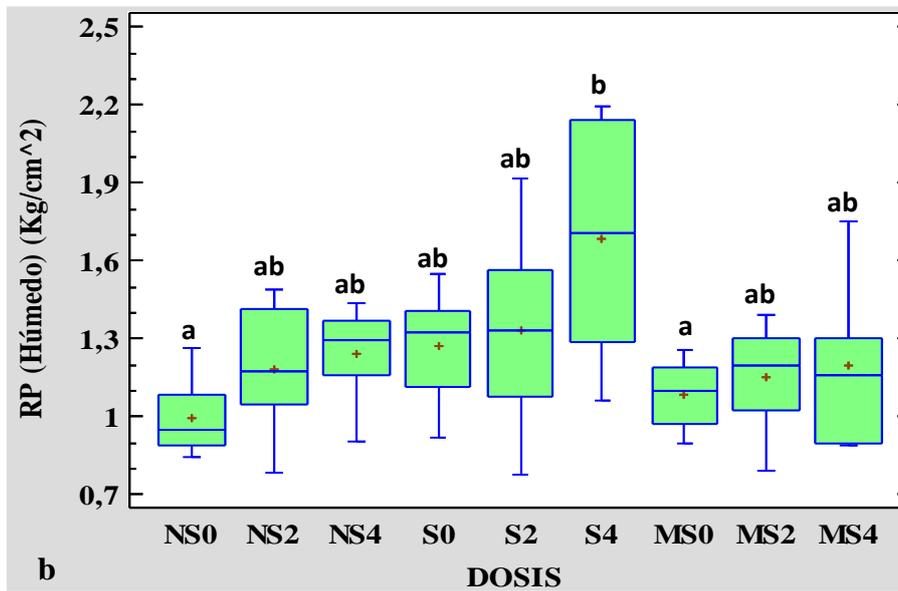
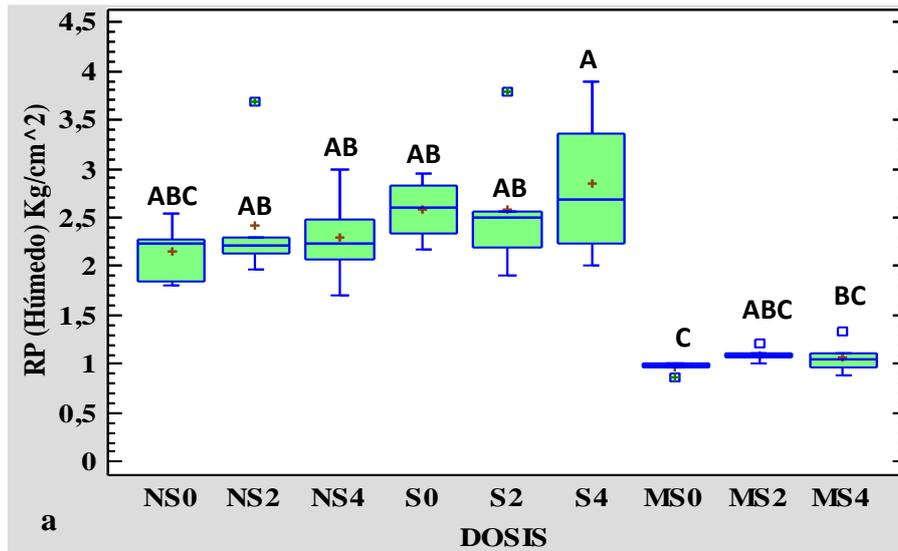


Figura 1: Diagrama de Box and Whisker de la RP en húmedo del Franco arcilloso (a); Franco (b) y Arenoso (c) con el factor dosis.

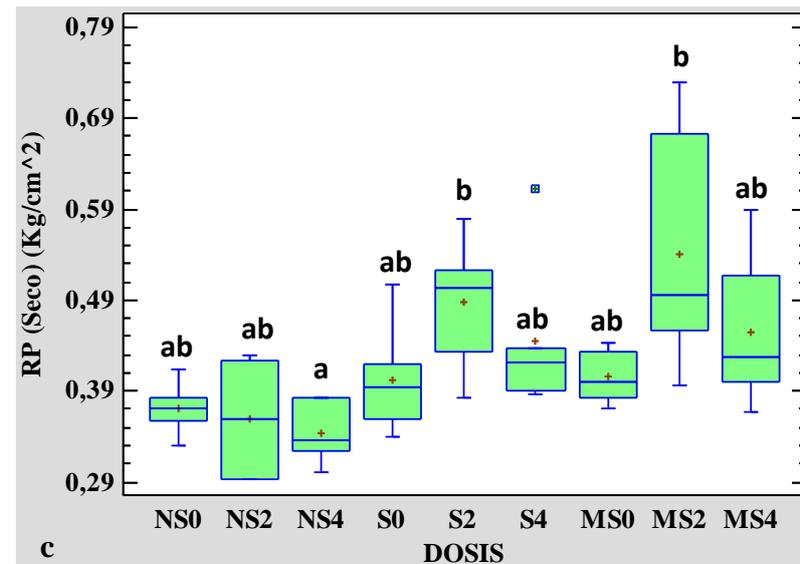
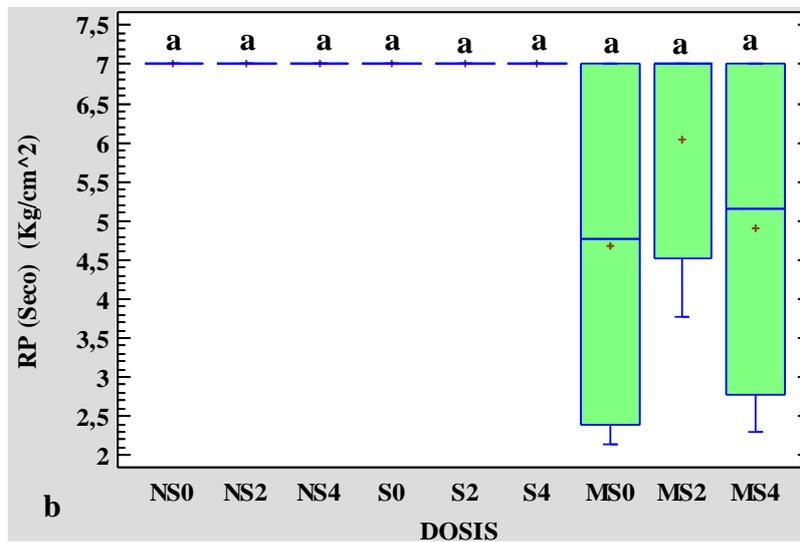
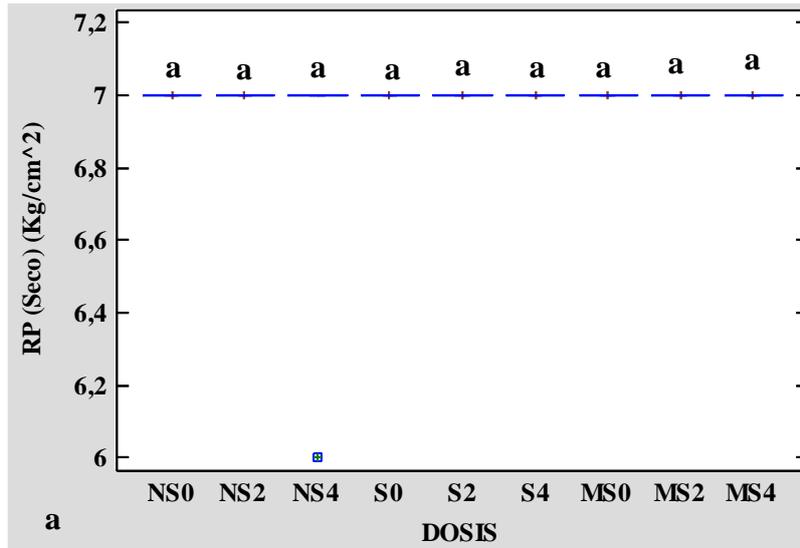


Figura 2: Diagrama de Box and Whisker de la RP en seco del Franco arcilloso (a); Franco (b) y Arenoso (c) con el factor dosis.

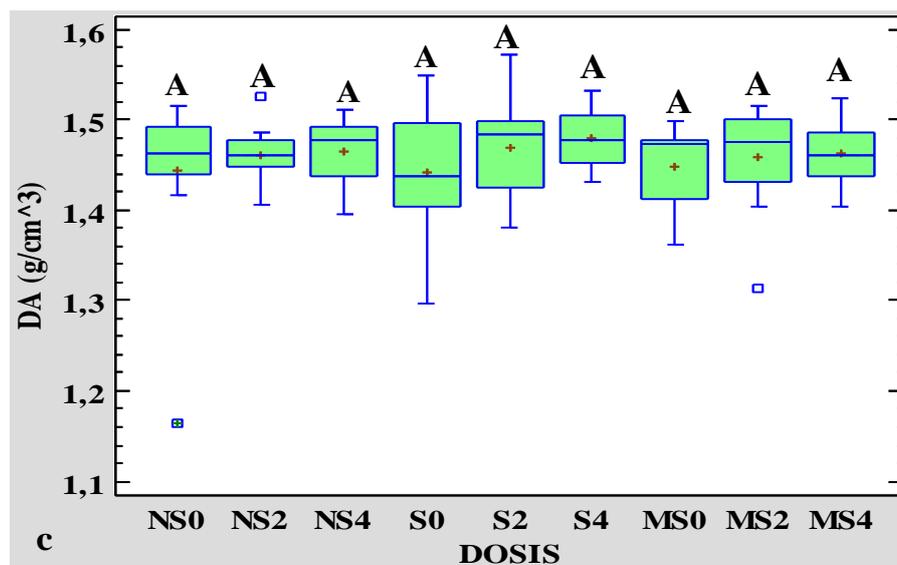
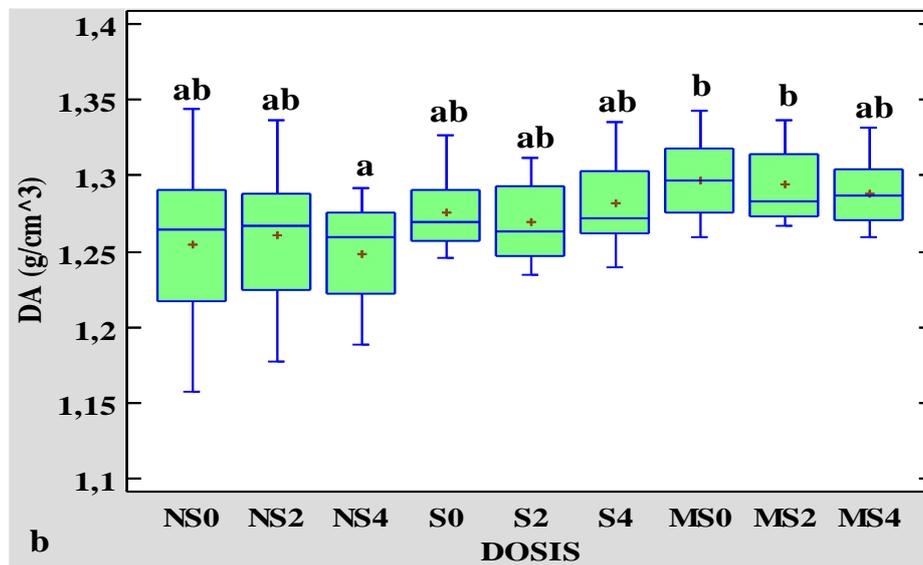
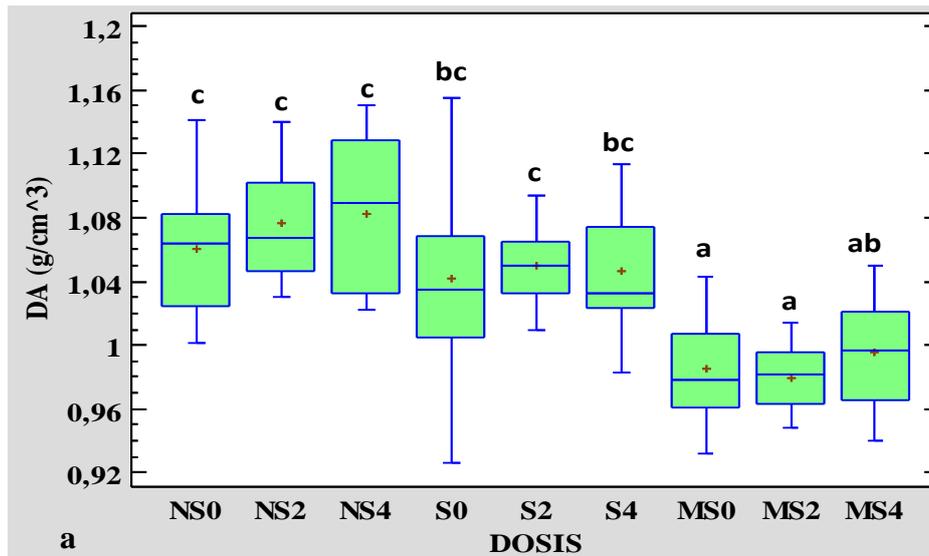


Figura 3: Diagrama de Box and Whisker de la DA del Franco arcilloso (a); Franco (b) y Arenoso (c) con el factor dosis.

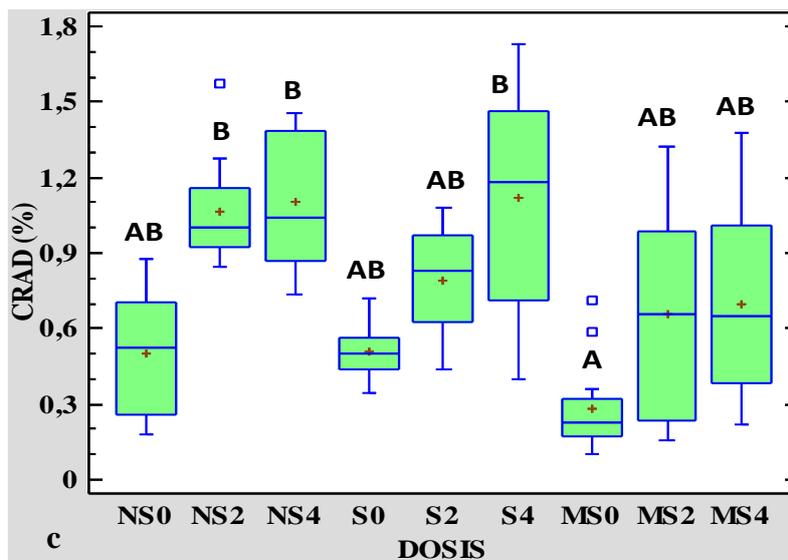
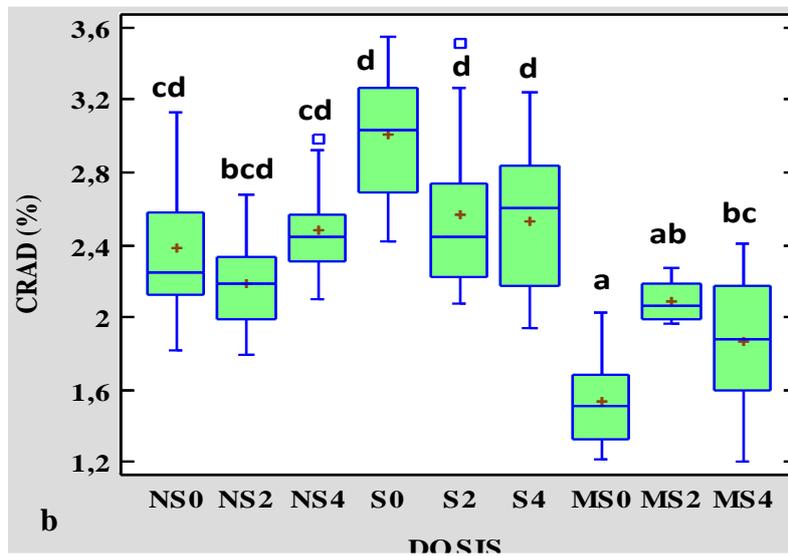
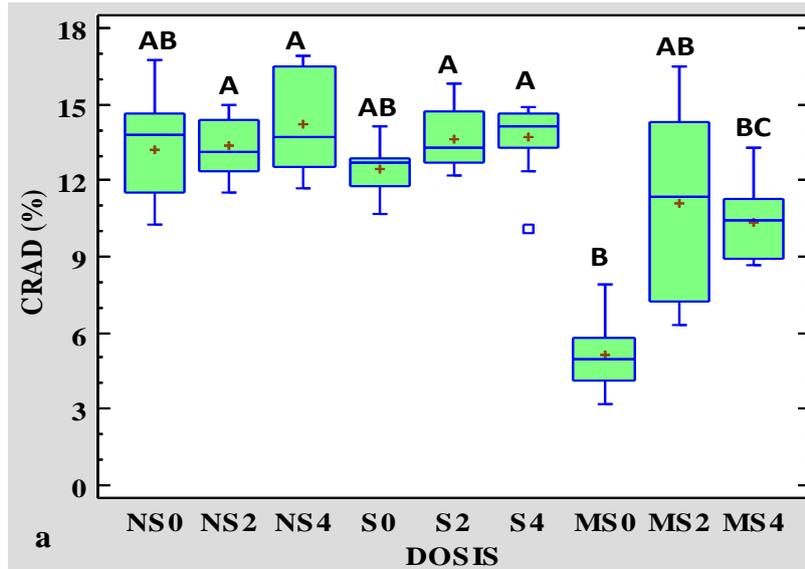


Figura 4: Diagrama de Box and Whisker del CRAD del Franco arcilloso (a); Franco (b) y Arenoso (c) con el factor dosis.

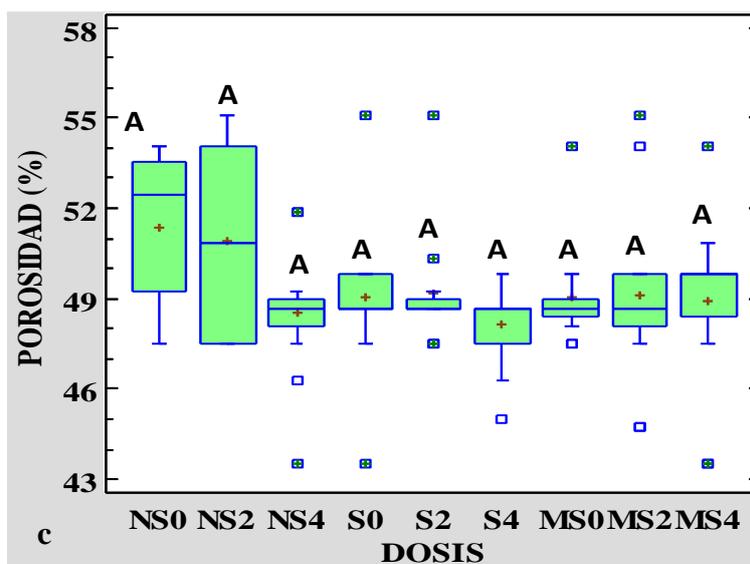
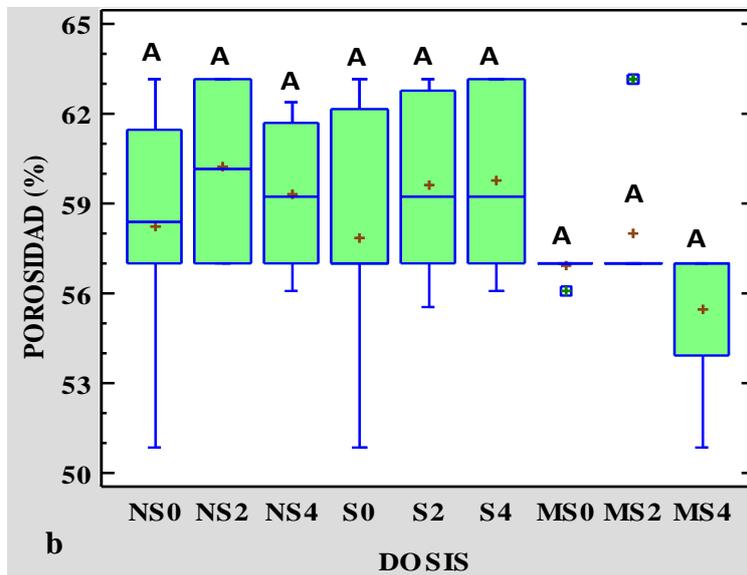
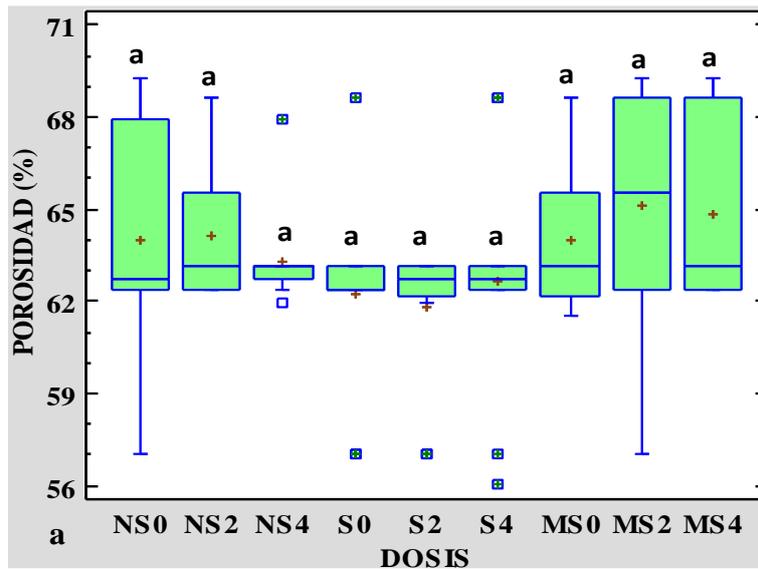


Figura 5: Diagrama de Box and Whisker de la porosidad del Franco arcilloso (a); Franco (b) y Arenoso (c) con el factor dosis.

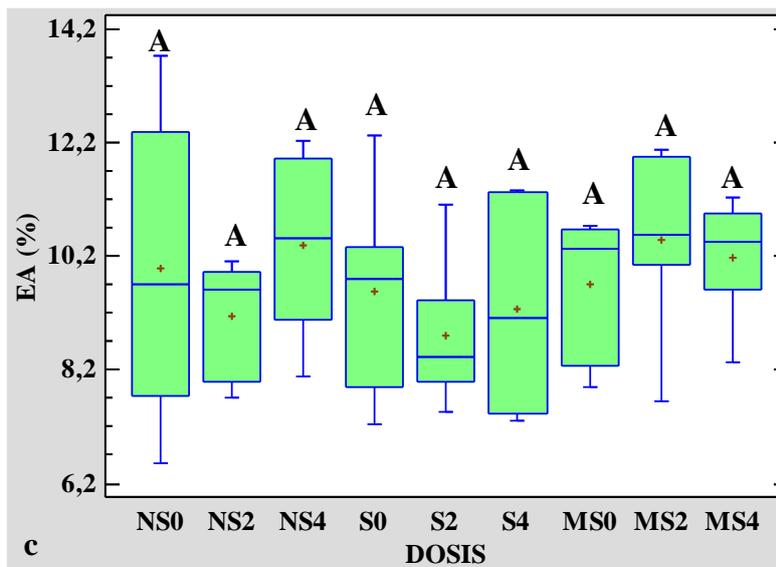
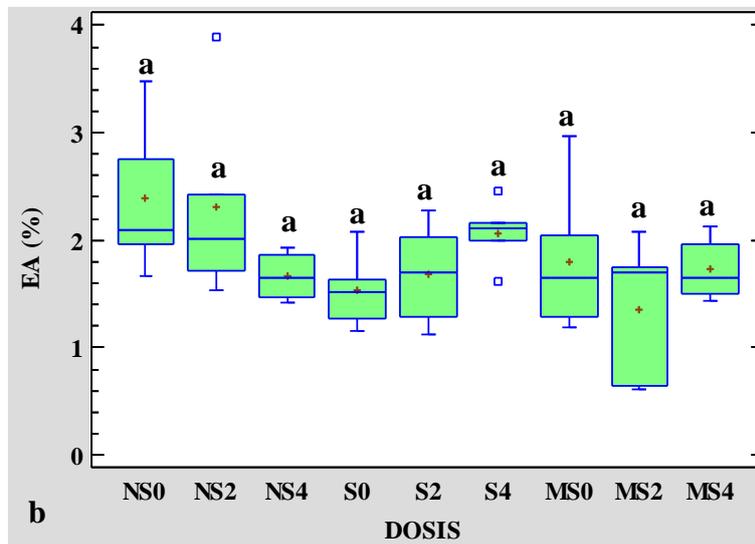
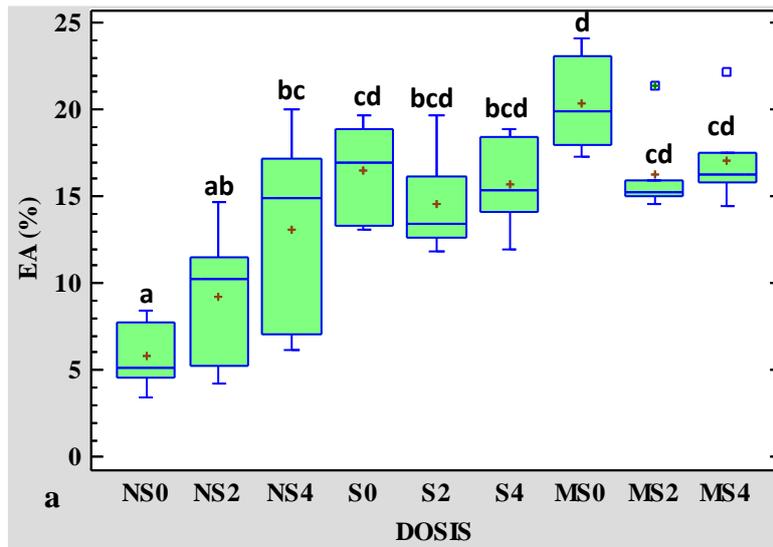


Figura 6: Diagrama de Box and Whisker de la EA Franco arcilloso (a); Franco (b) y Arenoso (c) con el factor dosis.

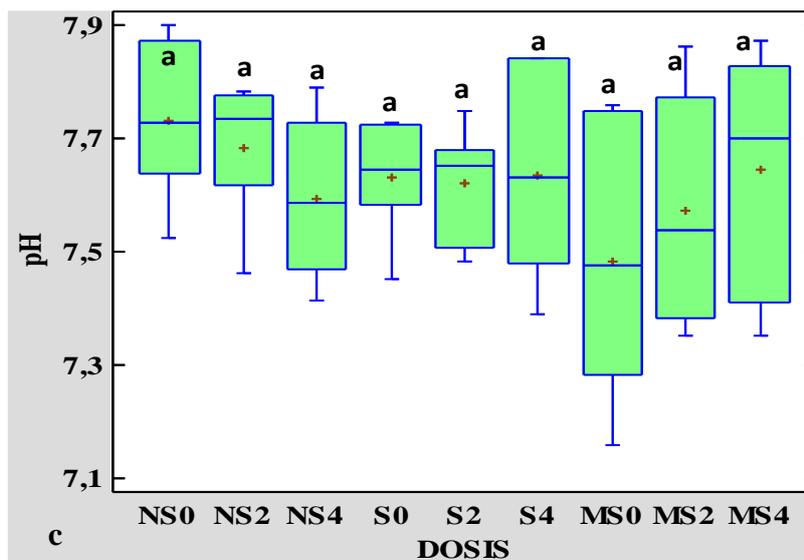
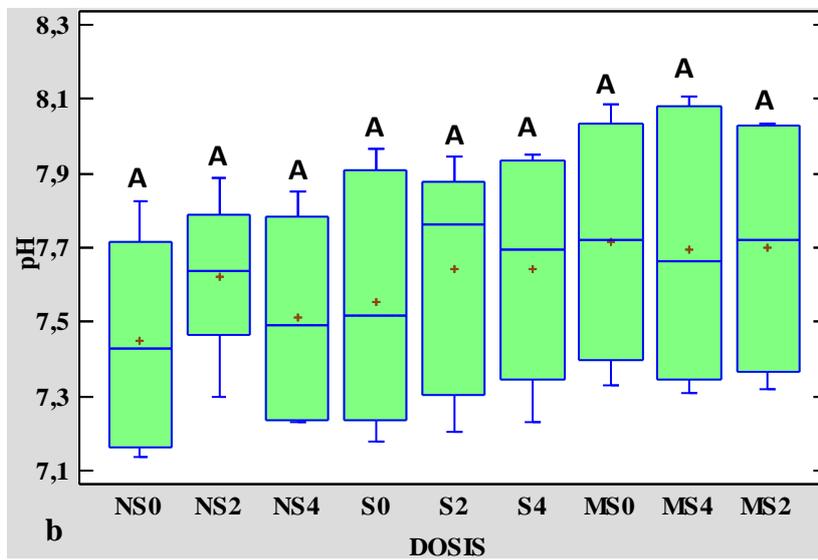
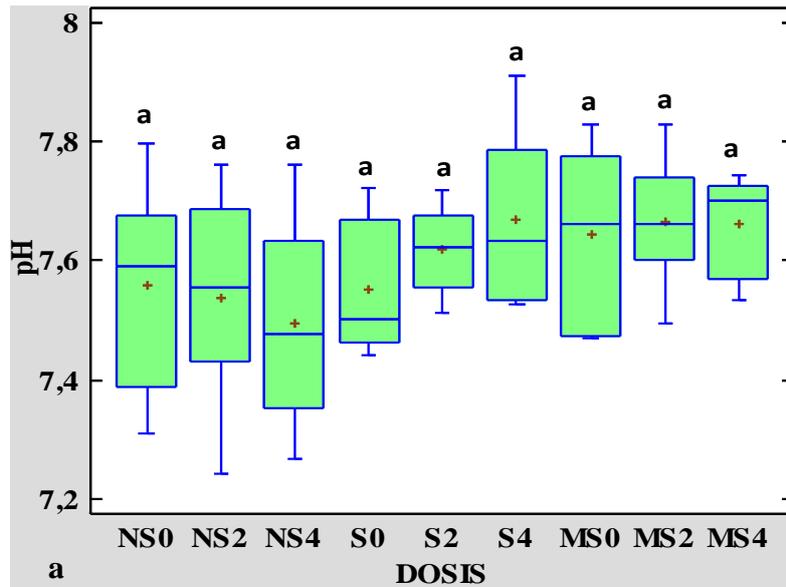


Figura 7: Diagrama de Box and Whisker del pH del Franco arcilloso (a); Franco (b) y Arenoso (c) con el factor dosis.

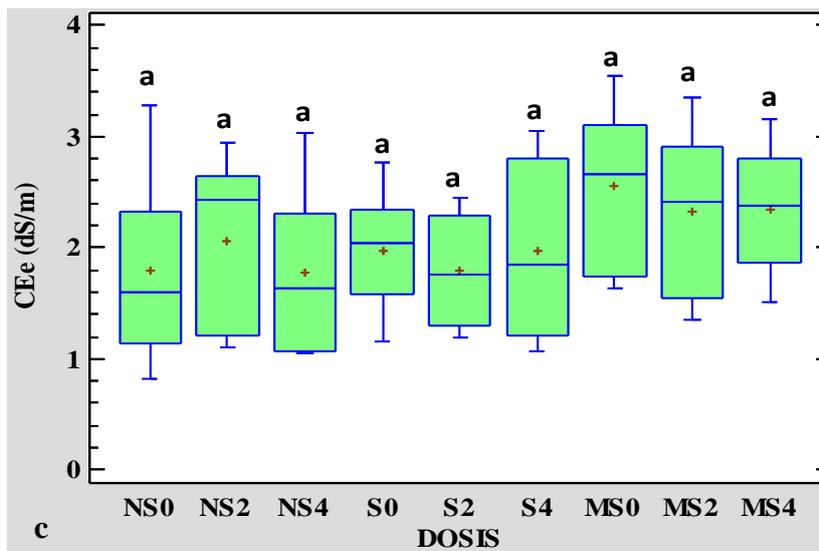
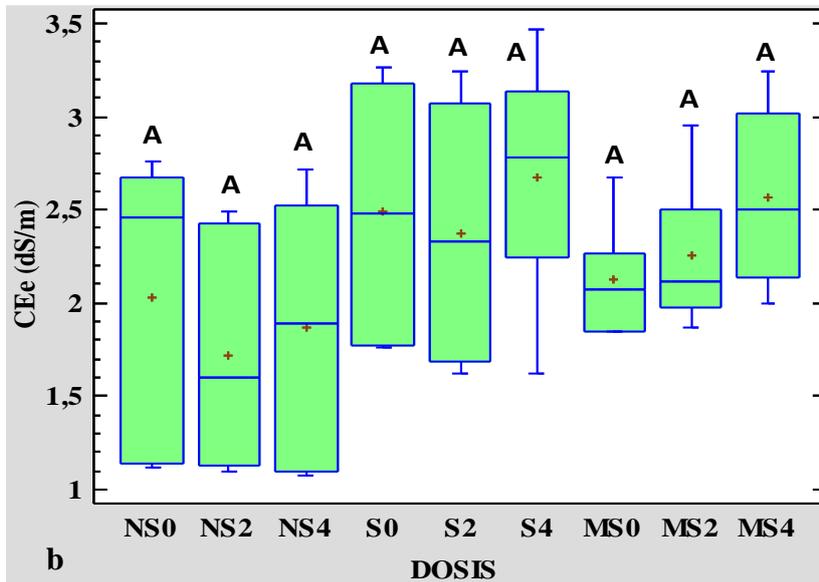
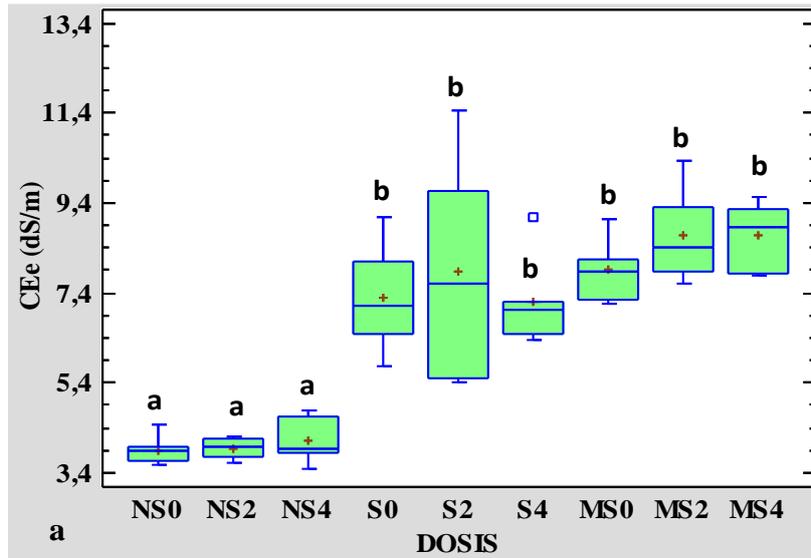


Figura 8: Diagrama de Box and Whisker de la CEE del Franco arcilloso (a); Franco (b) y Arenoso (c) con el factor dosis.

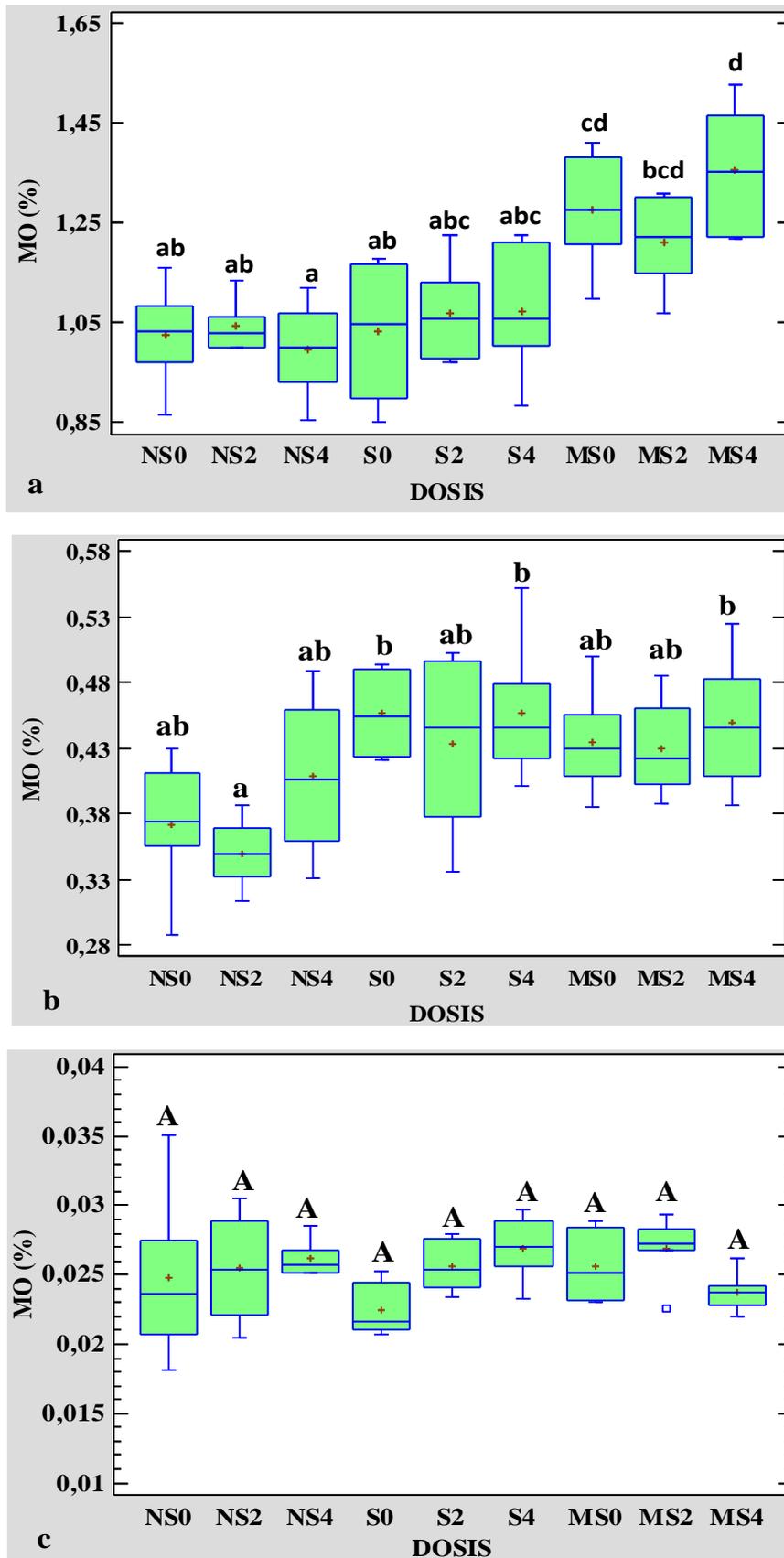


Figura 9: Diagrama de Box and Whisker de la MO del Franco arcilloso (a); Franco (b) y Arenoso (c) con el factor dosis.

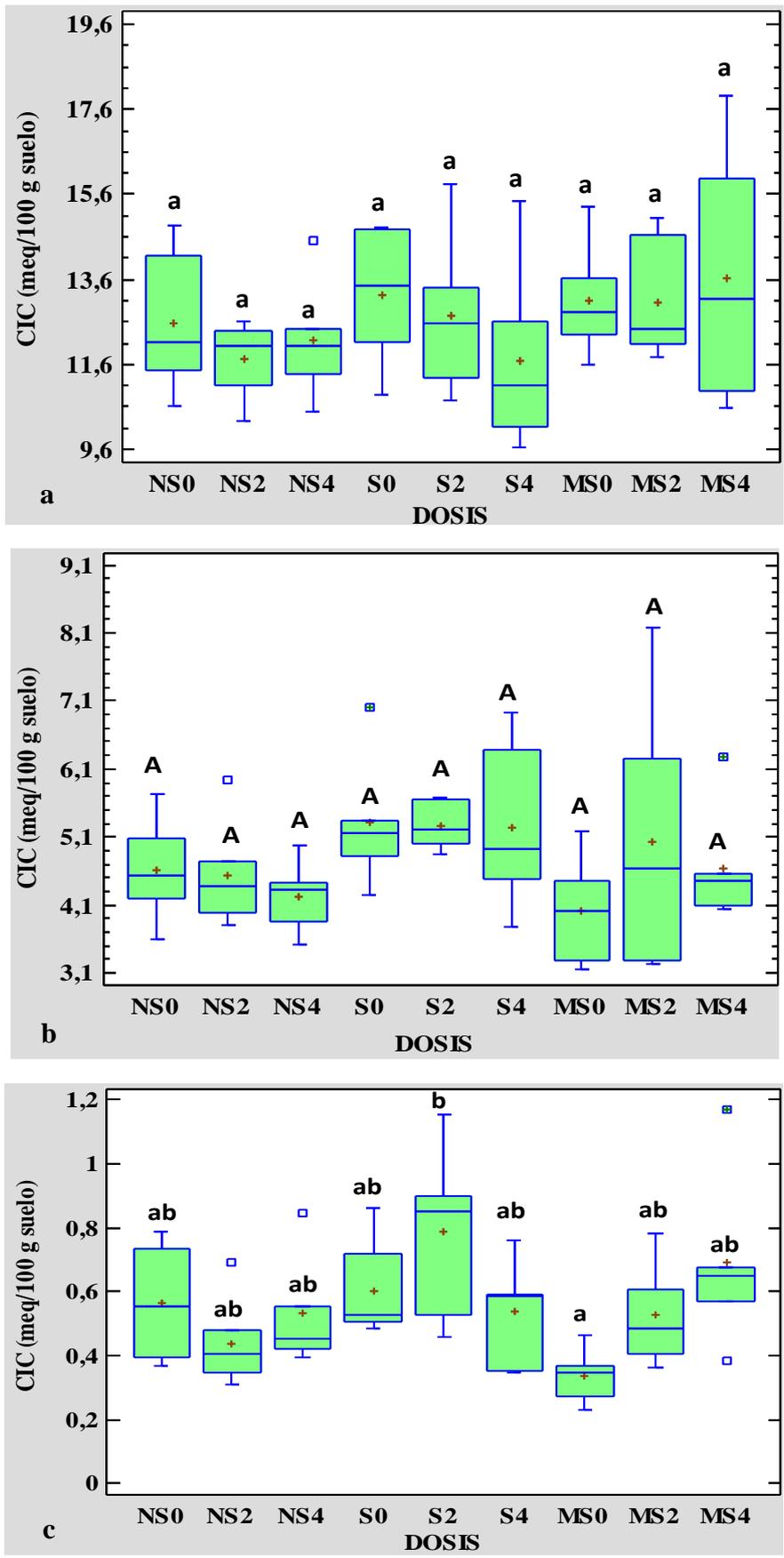


Figura 10: Diagrama de Box and Whisker del CIC del Franco arcilloso (a); Franco (b) y Arenoso (c) con el factor dosis.

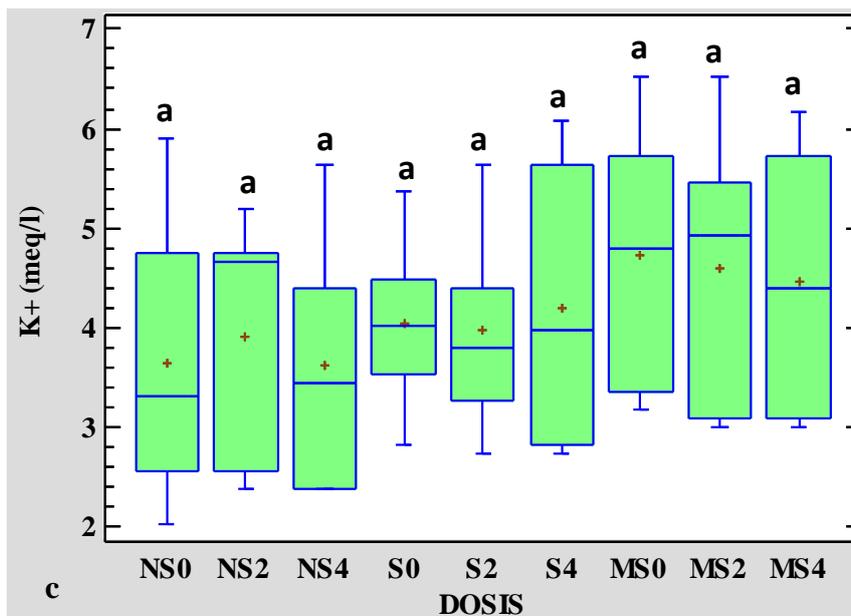
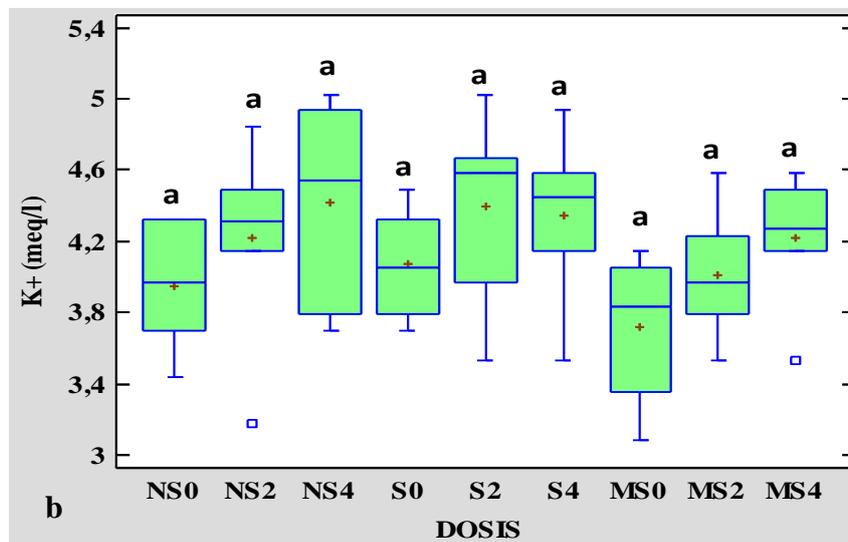
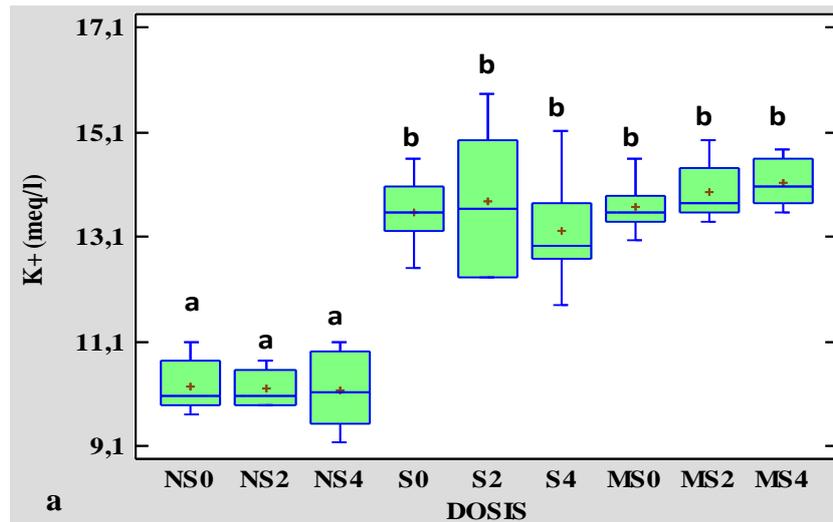


Figura 11: Diagrama de Box and Whisker del  $K^+$  del Franco arcilloso (a); Franco (b) y Arenoso (c) con el factor dosis.

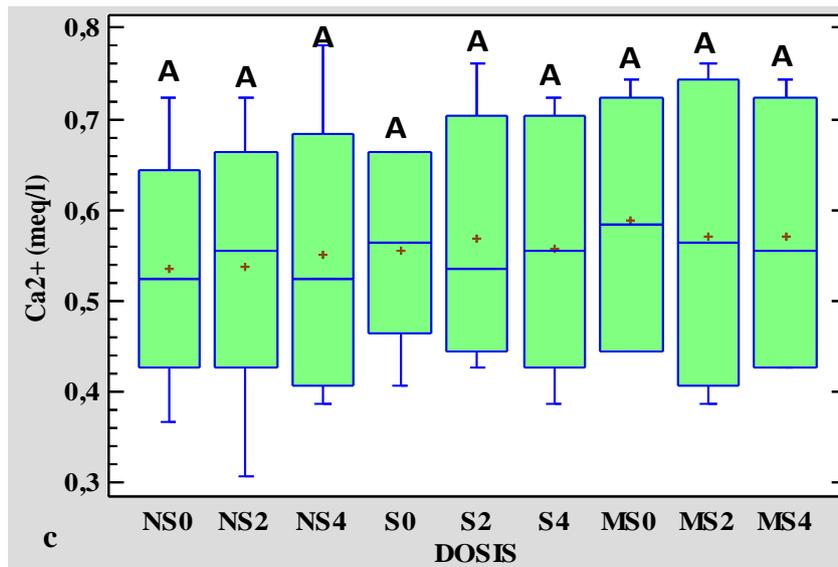
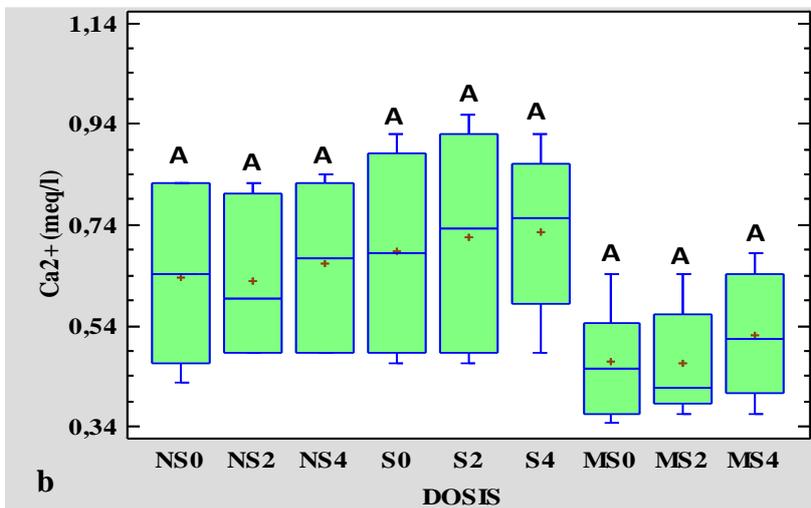
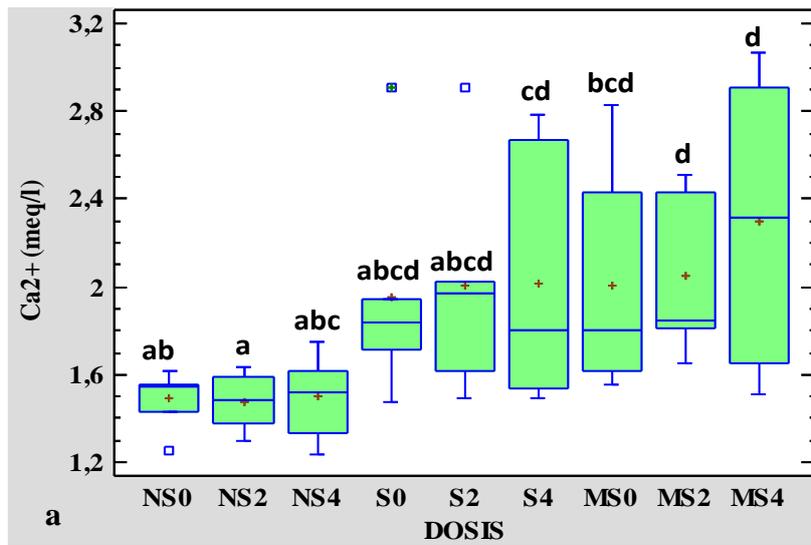


Figura 12: Diagrama de Box and Whisker del  $Ca^{2+}$  del Franco arcilloso (a); Franco (b) y Arenoso (c) con el factor dosis.

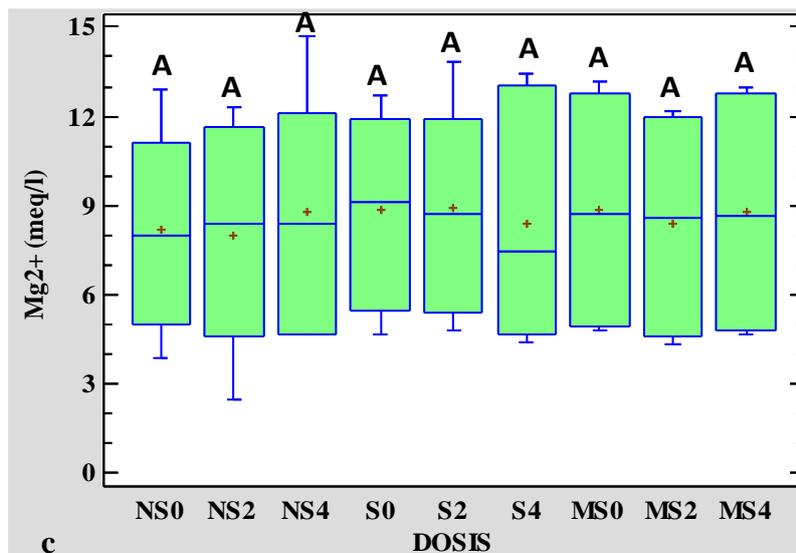
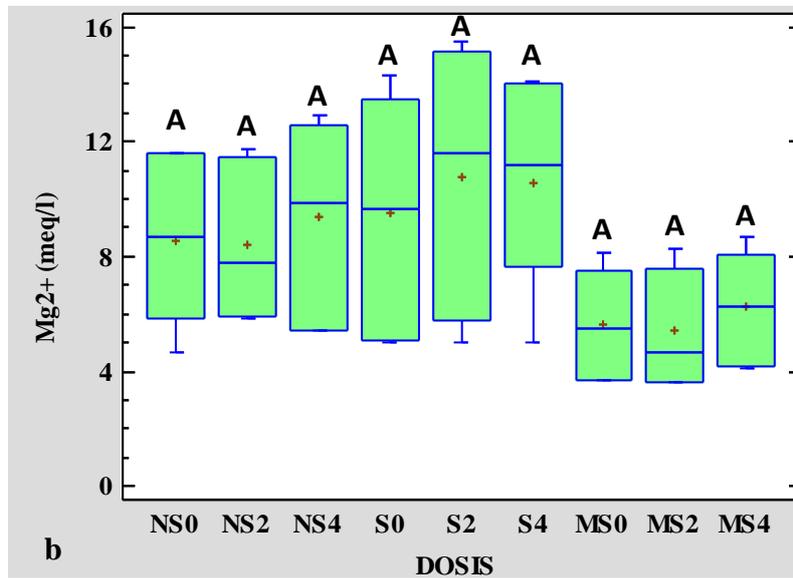
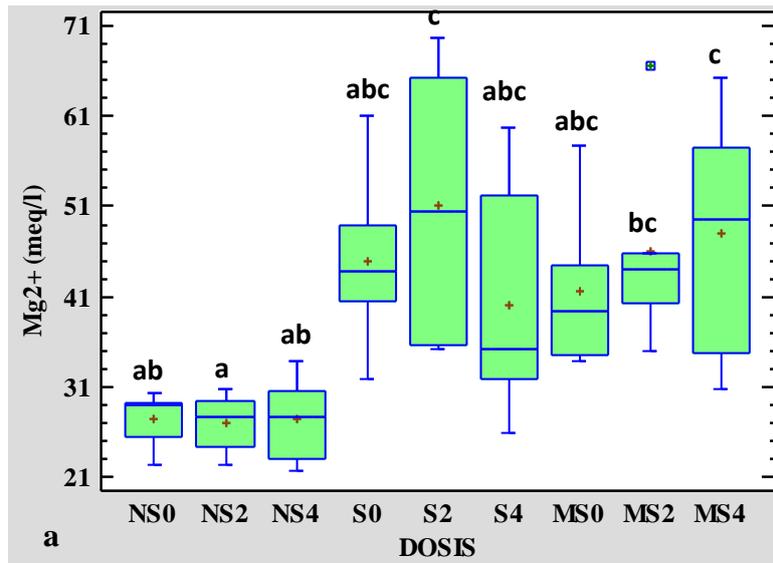


Figura 13: Diagrama de Box and Whisker del  $Mg^{2+}$  del Franco arcilloso (a); Franco (b) y Arenoso (c) con el factor dosis.

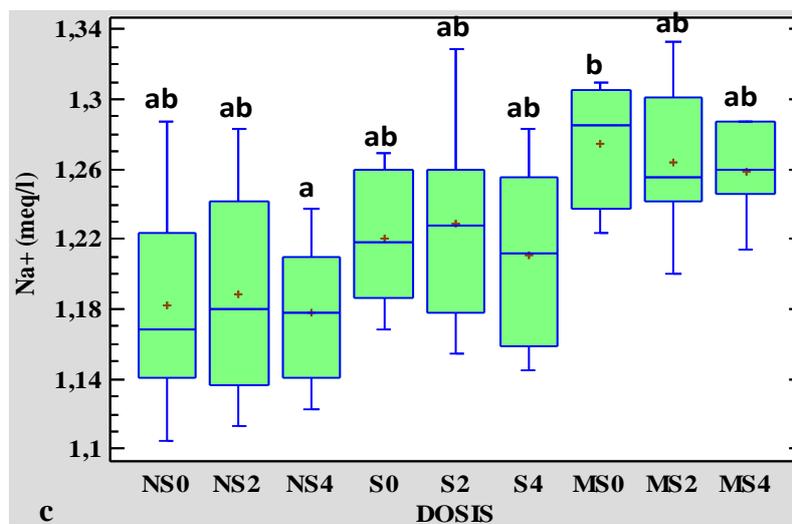
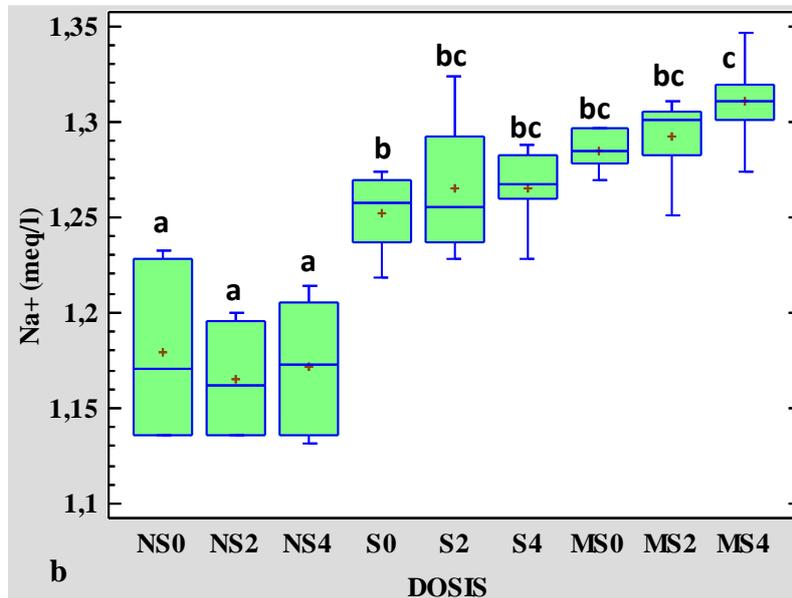
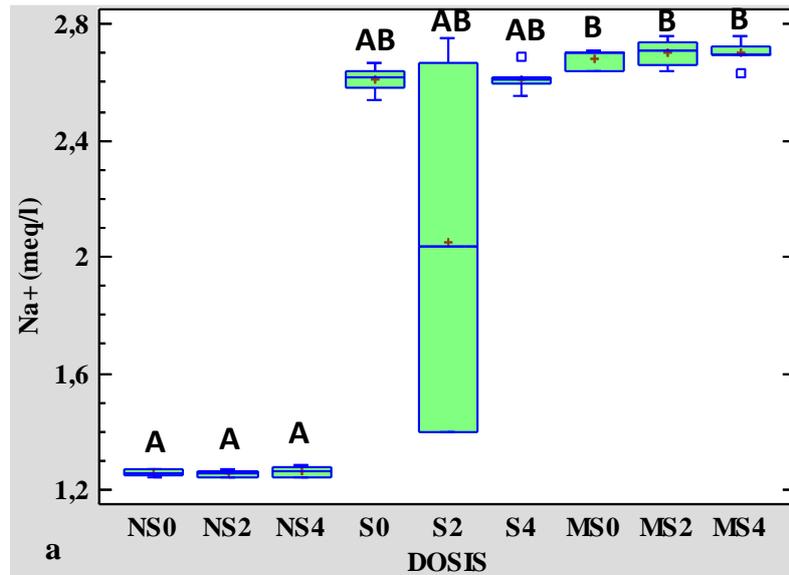


Figura 14: Diagrama de Box and Whisker del  $\text{Na}^+$  del Franco arcilloso (a); Franco (b) y Arenoso (c) con el factor dosis.

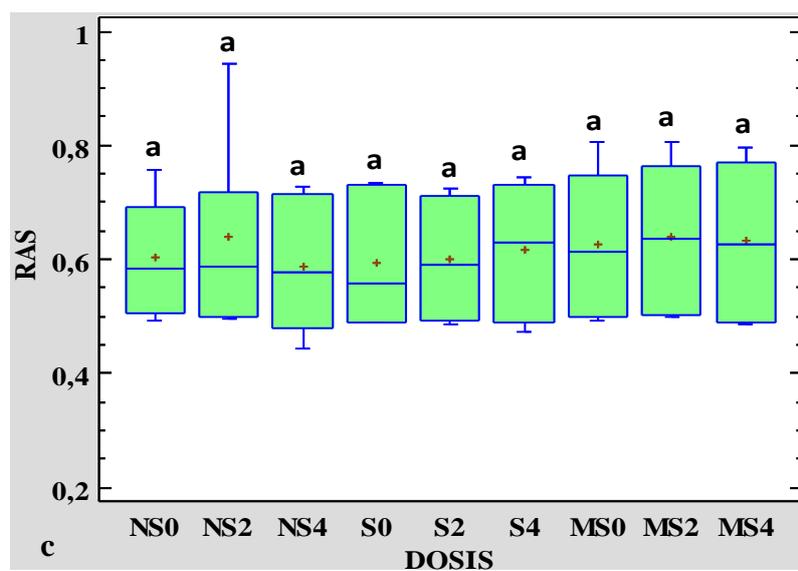
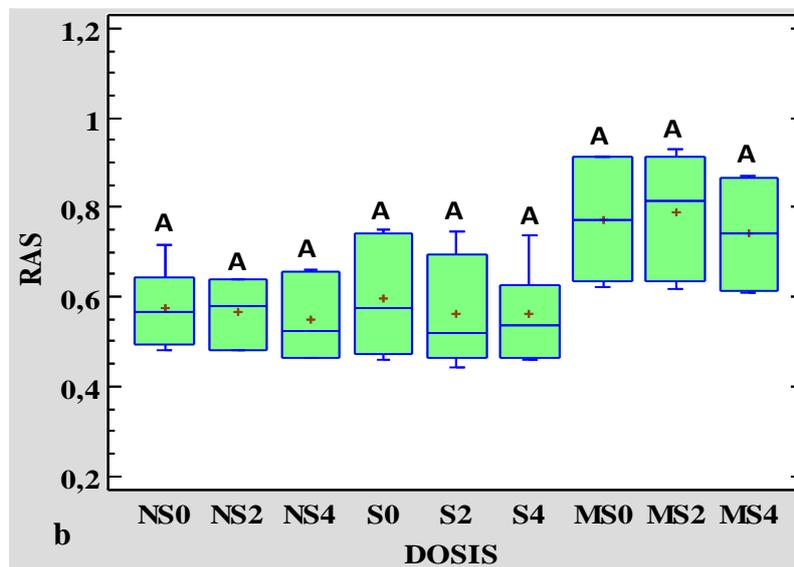
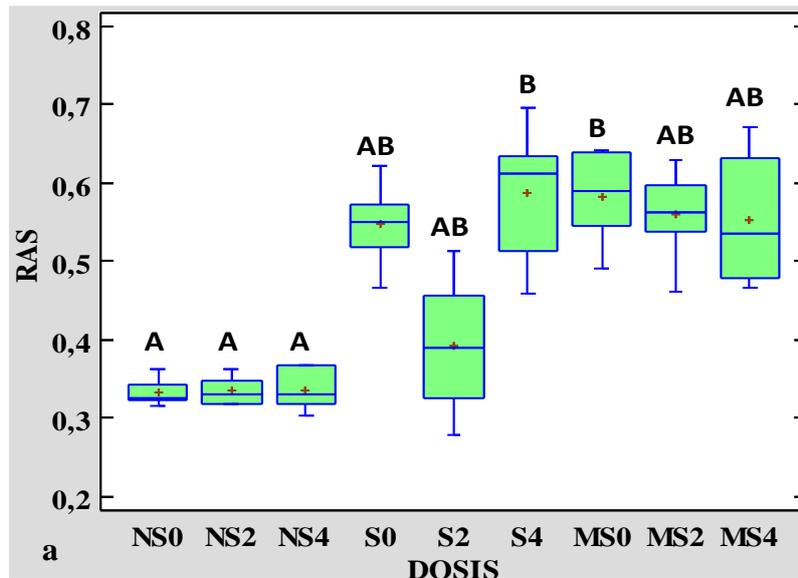


Figura 15: Diagrama de Box and Whisker del RAS del Franco arcilloso (a); Franco (b) y Arenoso (c) con el factor dosis.

# **ANEXO 10**

**Resultados de los análisis estadísticos del factor periodo**

Tabla 1: Resultados de los análisis estadísticos del factor periodo en general

INDICADORES	NS1					NS2				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	2,14	1,42	1,16	0,82	4,67	3,03	0,78	2,72	2,00	4,77
<b>pH</b>	7,73	0,09	7,73	7,53	7,90	7,42	0,19	7,41	7,14	7,87
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1,44	0,76	1,05	0,78	3,68	1,47	0,54	1,36	0,83	2,55
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	4,79	3,18	7,00	0,33	7,00	4,78	3,20	7,00	0,29	7,00
<b>Porosidad (%)</b>	57,35	6,62	57,00	43,51	69,29	58,20	6,24	59,71	47,51	68,62
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,26	0,15	1,23	1,00	1,53	1,26	0,18	1,27	1,02	1,51
<b>CRAD (%)</b>	5,15	5,15	2,16	0,73	13,99	6,14	6,40	2,49	0,18	16,91
<b>EA (%)</b>	5,93	2,93	6,17	1,51	11,93	8,60	5,46	9,80	1,42	20,05
<b>MO (%)</b>	0,48	0,42	0,41	0,02	1,13	0,47	0,43	0,34	0,03	1,16
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	6,15	4,89	4,63	0,31	12,62	5,88	5,05	4,32	0,39	14,87
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	0,76	0,46	0,49	0,31	1,61	1,02	0,41	0,82	0,60	1,75
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	5,65	3,51	3,79	2,04	11,09	6,50	2,66	4,93	3,97	10,92
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,18	0,06	1,14	1,10	1,28	1,23	0,03	1,23	1,18	1,29
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	11,81	9,70	5,85	2,47	30,59	17,78	8,66	12,40	9,62	33,83
<b>RAS</b>	0,57	0,17	0,64	0,32	0,94	0,43	0,08	0,48	0,30	0,52

NS1: NO SALINO PERIODO 30 DÍAS

NS2: NO SALINO PERIODO 60 DÍAS

INDICADORES	S1					S2				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	4,20	3,55	1,79	1,07	11,45	4,10	1,82	3,18	2,03	7,21
<b>pH</b>	7,77	0,13	7,75	7,49	7,97	7,46	0,15	7,51	7,18	7,72
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1,78	0,92	1,36	0,77	3,90	1,79	0,46	1,81	0,93	2,68
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	4,81	3,16	7,00	0,34	7,00	4,82	3,14	7,00	0,36	7,00
<b>Porosidad (%)</b>	56,37	6,73	57,00	43,51	68,62	57,04	6,22	57,00	47,51	68,62
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,27	0,18	1,26	1,01	1,55	1,25	0,18	1,29	0,93	1,57
<b>CRAD (%)</b>	5,58	5,71	2,63	0,40	15,82	5,67	5,46	2,89	0,38	14,83
<b>EA (%)</b>	8,97	6,30	7,95	1,12	19,72	8,99	5,74	10,37	1,28	19,70
<b>MO (%)</b>	0,56	0,48	0,49	0,02	1,23	0,47	0,39	0,42	0,02	1,06
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	5,94	5,03	4,85	0,35	15,42	6,41	5,33	5,50	0,35	15,85
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	0,99	0,84	0,50	0,39	2,91	1,14	0,57	0,88	0,60	2,79
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	7,04	5,07	3,88	2,74	15,83	7,67	4,04	5,20	4,23	13,90
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,70	0,69	1,26	1,15	2,75	1,57	0,56	1,27	1,21	2,62
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	20,51	22,55	6,14	4,37	69,80	22,40	14,51	14,00	9,78	59,69
<b>RAS</b>	0,64	0,10	0,67	0,45	0,75	0,48	0,08	0,48	0,28	0,70

**S1: SALINO PERIODO 30 DÍAS**

**S2: SALINO PERIODO 60 DÍAS**

INDICADORES	MS1					MS2				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	4,15	3,15	2,12	1,36	9,53	4,68	2,82	3,10	1,87	10,35
<b>pH</b>	7,85	0,15	7,83	7,65	8,11	7,43	0,13	7,40	7,16	7,73
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1,18	0,30	1,07	0,79	1,93	1,26	0,21	1,26	0,97	1,75
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	3,61	2,87	2,78	0,37	7,00	4,84	3,11	7,00	0,39	7,00
<b>Porosidad (%)</b>	56,44	6,92	57,00	43,51	69,29	57,20	7,04	57,00	44,71	69,29
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,26	0,20	1,28	0,96	1,52	1,23	0,20	1,30	0,93	1,50
<b>CRAD (%)</b>	3,18	3,30	1,68	0,10	9,99	4,95	5,31	2,00	0,23	16,54
<b>EA (%)</b>	10,86	7,68	10,65	0,61	24,16	9,60	6,20	10,61	1,50	19,54
<b>MO (%)</b>	0,59	0,57	0,41	0,02	1,53	0,57	0,51	0,47	0,02	1,30
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	5,40	5,00	3,64	0,35	13,62	7,33	5,98	5,64	0,23	17,93
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	0,84	0,63	0,45	0,35	1,93	1,25	0,94	0,72	0,45	3,07
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	7,09	5,00	3,97	3,00	14,60	8,00	4,43	5,72	3,79	14,95
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,76	0,69	1,31	1,20	2,76	1,75	0,67	1,30	1,24	2,72
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	15,38	16,06	4,79	3,59	46,17	24,32	21,35	12,56	5,51	66,63
<b>RAS</b>	0,76	0,12	0,76	0,56	0,93	0,55	0,07	0,52	0,46	0,72

**MS1: MUY SALINO PERIODO 30 DÍAS**

**MS2: MUY SALINO PERIODO 60 DÍAS**

Tabla 2: Resultados de los análisis estadísticos del factor periodo y el suelo franco arcilloso.

INDICADORES	NS1					NS2				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	3,97	0,41	3,93	3,48	4,67	4,01	0,32	3,94	3,67	4,77
<b>pH</b>	7,67	0,09	7,68	7,53	7,80	7,39	0,13	7,36	7,24	7,65
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	2,38	0,61	2,28	1,80	3,68	2,19	0,23	2,22	1,70	2,55
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00
<b>Porosidad (%)</b>	63,15	3,08	63,14	57,00	69,29	64,47	2,79	63,14	61,93	68,62
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,10	0,04	1,10	1,00	1,15	1,04	0,02	1,04	1,02	1,09
<b>CRAD (%)</b>	12,29	0,87	12,38	10,36	13,99	14,96	1,64	14,90	10,27	16,91
<b>EA (%)</b>	5,12	1,33	4,90	3,43	7,06	12,21	4,85	11,50	5,11	20,05
<b>MO (%)</b>	1,01	0,09	1,01	0,86	1,13	1,03	0,08	1,04	0,85	1,16
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	12,10	0,41	12,28	11,46	12,62	12,20	1,85	11,39	10,25	14,87
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	1,39	0,13	1,37	1,24	1,61	1,58	0,08	1,59	1,45	1,75
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	10,27	0,68	10,22	9,16	11,09	10,12	0,47	9,86	9,51	10,92
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,26	0,01	1,26	1,25	1,28	1,26	0,01	1,26	1,25	1,27
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	25,00	3,14	24,39	21,74	30,59	29,61	2,17	29,37	25,53	33,83
<b>RAS</b>	0,35	0,02	0,35	0,32	0,37	0,32	0,01	0,32	0,30	0,34

NS1: NO SALINO PERIODO 30 DÍAS

NS2: NO SALINO PERIODO 60 DÍAS

INDICADORES	S1					S2				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	8,53	1,52	8,50	6,49	11,45	6,37	0,68	6,49	5,41	7,21
<b>pH</b>	7,68	0,12	7,68	7,49	7,91	7,54	0,08	7,53	7,44	7,72
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	3,06	0,65	2,96	2,19	3,90	2,30	0,29	2,24	1,92	2,68
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00
<b>Porosidad (%)</b>	61,61	3,24	63,14	57,00	68,62	62,89	2,61	62,34	56,06	68,62
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,07	0,04	1,06	1,01	1,16	1,02	0,03	1,03	0,93	1,07
<b>CRAD (%)</b>	13,40	1,55	13,43	10,08	15,82	13,18	1,10	12,94	10,77	14,83
<b>EA (%)</b>	16,37	2,69	16,15	11,84	19,72	14,77	2,74	13,51	11,94	19,70
<b>MO (%)</b>	1,16	0,06	1,17	1,06	1,23	0,96	0,07	0,97	0,85	1,06
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	12,31	1,95	12,11	9,66	15,42	12,80	1,98	12,63	10,73	15,85
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	2,13	0,60	1,92	1,49	2,91	1,86	0,40	1,87	1,47	2,79
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	13,98	1,29	14,07	11,79	15,83	13,06	0,62	13,02	12,32	13,90
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	2,66	0,05	2,67	2,59	2,75	2,19	0,59	2,56	1,40	2,62
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	49,92	13,74	52,11	31,85	69,80	40,80	10,42	37,63	25,95	59,69
<b>RAS</b>	0,53	0,07	0,51	0,45	0,64	0,48	0,15	0,52	0,28	0,70

**S1: SALINO PERIODO 30 DÍAS**

**S2: SALINO PERIODO 60 DÍAS**

INDICADORES	MS1					MS2				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	8,36	0,68	8,11	7,67	9,53	8,48	1,07	8,59	7,17	10,35
<b>pH</b>	7,74	0,06	7,74	7,66	7,83	7,57	0,09	7,57	7,47	7,73
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1,03	0,11	1,05	0,86	1,21	1,06	0,12	1,00	0,97	1,34
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00
<b>Porosidad (%)</b>	63,96	3,10	63,14	57,00	69,29	65,32	3,34	65,53	61,50	69,29
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,01	0,02	1,01	0,96	1,05	0,97	0,02	0,96	0,93	1,02
<b>CRAD (%)</b>	7,55	1,54	7,32	4,39	9,99	12,09	2,42	11,63	7,59	16,54
<b>EA (%)</b>	19,18	3,85	20,34	14,48	24,16	16,62	1,44	15,96	15,04	19,54
<b>MO (%)</b>	1,34	0,15	1,38	1,07	1,53	1,22	0,07	1,23	1,10	1,30
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	12,02	0,94	12,10	10,58	13,62	14,49	1,98	14,72	11,58	17,93
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	1,70	0,14	1,65	1,51	1,93	2,59	0,38	2,61	1,83	3,07
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	13,80	0,48	13,72	13,02	14,60	14,04	0,62	14,07	13,37	14,95
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	2,72	0,03	2,70	2,69	2,76	2,67	0,04	2,66	2,63	2,72
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	37,34	4,87	34,85	30,81	46,17	52,88	9,54	52,99	40,01	66,63
<b>RAS</b>	0,62	0,03	0,63	0,56	0,67	0,51	0,04	0,51	0,46	0,58

**MS1: MUY SALINO PERIODO 30 DÍAS**

**MS2: MUY SALINO PERIODO 60 DÍAS**

Tabla 3: resultados de los análisis estadísticos del factor periodo y el suelo franco.

INDICADORES	NS1					NS2				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	1,14	0,07	1,12	1,07	1,29	2,51	0,22	2,50	2,04	2,76
<b>pH</b>	7,77	0,07	7,78	7,67	7,89	7,28	0,13	7,24	7,14	7,53
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	0,99	0,15	0,96	0,78	1,23	1,28	0,18	1,36	0,94	1,49
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00
<b>Porosidad (%)</b>	59,33	3,62	59,25	50,86	63,14	59,14	3,02	59,71	50,86	63,14
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,24	0,04	1,23	1,18	1,30	1,27	0,05	1,27	1,16	1,34
<b>CRAD (%)</b>	2,15	0,20	2,16	1,79	2,43	2,54	0,31	2,49	2,10	3,14
<b>EA (%)</b>	2,59	0,94	2,38	1,51	3,90	1,82	0,33	1,75	1,42	2,43
<b>MO (%)</b>	0,41	0,05	0,41	0,36	0,49	0,34	0,03	0,34	0,29	0,38
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	4,64	0,82	4,53	3,52	5,93	4,29	0,42	4,26	3,61	4,97
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	0,49	0,03	0,49	0,43	0,54	0,80	0,05	0,82	0,68	0,84
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	3,85	0,44	3,79	3,18	4,67	4,54	0,31	4,41	4,14	5,02
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,14	0,01	1,14	1,13	1,15	1,21	0,02	1,20	1,18	1,23
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	5,81	0,71	5,85	4,63	7,34	11,71	0,94	11,60	9,62	12,90
<b>RAS</b>	0,64	0,03	0,64	0,58	0,71	0,48	0,02	0,48	0,46	0,52

NS1: NO SALINO PERIODO 30 DÍAS

NS2: NO SALINO PERIODO 60 DÍAS

INDICADORES	S1					S2				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	1,88	0,31	1,77	1,62	2,46	3,18	0,16	3,16	2,90	3,47
<b>pH</b>	7,90	0,06	7,91	7,79	7,97	7,33	0,16	7,24	7,18	7,67
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1,11	0,19	1,12	0,77	1,36	1,74	0,33	1,56	1,37	2,19
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00
<b>Porosidad (%)</b>	59,55	3,62	59,67	50,86	63,14	58,62	3,52	57,00	50,86	63,14
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,27	0,02	1,26	1,24	1,33	1,29	0,03	1,29	1,24	1,33
<b>CRAD (%)</b>	2,58	0,41	2,63	1,94	3,51	2,82	0,46	2,89	2,20	3,55
<b>EA (%)</b>	1,66	0,51	1,55	1,12	2,46	1,82	0,32	1,71	1,28	2,28
<b>MO (%)</b>	0,49	0,03	0,49	0,42	0,55	0,41	0,04	0,42	0,34	0,46
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	4,83	0,59	4,85	3,77	5,69	5,77	0,91	5,50	4,54	7,00
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	0,53	0,08	0,49	0,47	0,66	0,88	0,05	0,88	0,80	0,96
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	3,96	0,38	3,88	3,53	4,58	4,58	0,26	4,58	4,23	5,02
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,25	0,03	1,24	1,22	1,29	1,27	0,02	1,27	1,25	1,32
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	6,41	1,69	5,79	5,03	9,44	14,16	0,74	14,00	13,22	15,50
<b>RAS</b>	0,68	0,07	0,69	0,57	0,75	0,46	0,01	0,46	0,44	0,48

**S1: SALINO PERIODO 30 DÍAS**

**S2: SALINO PERIODO 60 DÍAS**

INDICADORES	MS1					MS2				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	2,06	0,22	1,99	1,85	2,56	2,57	0,44	2,51	1,87	3,24
<b>pH</b>	8,04	0,05	8,04	7,97	8,11	7,37	0,05	7,35	7,31	7,45
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	0,98	0,13	0,97	0,79	1,17	1,30	0,19	1,26	1,06	1,75
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	3,41	1,55	2,78	2,13	7,00	7,00	0,00	7,00	7,00	7,00
<b>Porosidad (%)</b>	57,00	2,11	57,00	50,86	63,14	56,61	2,56	57,00	50,86	63,14
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,29	0,02	1,28	1,26	1,34	1,30	0,03	1,30	1,26	1,34
<b>CRAD (%)</b>	1,73	0,33	1,68	1,21	2,26	1,94	0,36	2,00	1,22	2,41
<b>EA (%)</b>	1,18	0,40	1,29	0,61	1,64	2,00	0,42	1,96	1,50	2,97
<b>MO (%)</b>	0,41	0,02	0,41	0,39	0,46	0,46	0,04	0,47	0,41	0,53
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	3,74	0,55	3,64	3,15	4,56	5,39	1,35	5,19	4,08	8,17
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	0,39	0,03	0,39	0,35	0,47	0,58	0,08	0,56	0,45	0,68
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	3,78	0,45	3,79	3,09	4,49	4,18	0,28	4,14	3,79	4,58
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,30	0,02	1,30	1,28	1,35	1,29	0,02	1,28	1,25	1,32
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	3,88	0,31	3,71	3,59	4,51	7,67	0,92	8,06	5,51	8,72
<b>RAS</b>	0,89	0,03	0,90	0,85	0,93	0,64	0,04	0,63	0,61	0,72

**MS1: MUY SALINO PERIODO 30 DÍAS**

**MS2: MUY SALINO PERIODO 60 DÍAS**

Tabla 4: resultados de los análisis estadísticos del factor periodo y el suelo arenoso.

INDICADORES	NS1					NS2				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	1,08	0,12	1,09	0,82	1,20	2,57	0,43	2,43	2,00	3,29
<b>pH</b>	7,76	0,06	7,73	7,67	7,90	7,59	0,16	7,52	7,41	7,87
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	0,96	0,10	0,93	0,86	1,16	1,01	0,21	0,95	0,83	1,53
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	0,38	0,03	0,38	0,33	0,42	0,34	0,05	0,33	0,29	0,43
<b>Porosidad (%)</b>	49,55	3,15	48,67	43,51	54,07	50,97	2,51	50,83	47,51	55,09
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,45	0,08	1,46	1,16	1,53	1,47	0,03	1,47	1,41	1,51
<b>CRAD (%)</b>	1,00	0,16	0,99	0,73	1,32	0,93	0,50	1,06	0,18	1,57
<b>EA (%)</b>	8,68	1,56	8,09	6,57	11,93	11,00	1,52	10,60	9,09	13,73
<b>MO (%)</b>	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,00	0,03	0,03	0,04
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	0,45	0,18	0,40	0,31	0,85	0,56	0,15	0,51	0,39	0,79
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	0,40	0,04	0,43	0,31	0,45	0,68	0,06	0,66	0,60	0,78
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	2,47	0,22	2,48	2,04	2,74	4,82	0,65	4,76	3,97	5,90
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,13	0,02	1,14	1,10	1,15	1,23	0,03	1,22	1,20	1,29
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	4,60	0,94	4,69	2,47	5,55	12,02	1,23	11,66	10,48	14,72
<b>RAS</b>	0,73	0,09	0,71	0,66	0,94	0,49	0,02	0,49	0,44	0,51

NS1: NO SALINO PERIODO 30 DÍAS

NS2: NO SALINO PERIODO 60 DÍAS

INDICADORES	S1					S2				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	1,31	0,20	1,21	1,07	1,59	2,47	0,37	2,40	2,03	3,06
<b>pH</b>	7,73	0,07	7,73	7,64	7,84	7,53	0,09	7,51	7,39	7,67
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1,44	0,35	1,37	0,98	2,13	1,44	0,33	1,49	0,93	1,83
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	0,42	0,05	0,41	0,34	0,51	0,47	0,09	0,44	0,36	0,61
<b>Porosidad (%)</b>	47,95	1,59	48,67	43,51	50,33	49,63	2,11	48,95	47,51	55,09
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,49	0,05	1,49	1,30	1,55	1,44	0,05	1,43	1,37	1,57
<b>CRAD (%)</b>	0,76	0,20	0,73	0,40	1,07	1,00	0,43	0,97	0,38	1,73
<b>EA (%)</b>	8,06	0,84	7,91	7,23	9,49	10,39	1,26	10,37	8,46	12,34
<b>MO (%)</b>	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,03	0,02	0,03
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	0,69	0,25	0,59	0,35	1,16	0,60	0,18	0,54	0,35	0,90
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	0,44	0,04	0,45	0,39	0,50	0,68	0,05	0,66	0,60	0,76
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	3,19	0,42	3,27	2,74	3,79	5,07	0,68	5,02	4,32	6,07
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,19	0,04	1,18	1,15	1,26	1,25	0,04	1,24	1,21	1,33
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	5,19	0,69	5,07	4,37	6,70	12,23	1,20	11,94	9,78	13,80
<b>RAS</b>	0,71	0,04	0,73	0,63	0,74	0,49	0,02	0,49	0,47	0,53

**S1: SALINO PERIODO 30 DÍAS**

**S2: SALINO PERIODO 60 DÍAS**

INDICADORES	MS1					MS2				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>CEe (dS/m)</b>	1,77	0,34	1,69	1,36	2,38	2,99	0,35	2,95	2,42	3,54
<b>pH</b>	7,77	0,08	7,77	7,65	7,87	7,36	0,13	7,35	7,16	7,63
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1,52	0,26	1,57	1,16	1,93	1,42	0,16	1,42	1,20	1,68
<b>RP (Seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	0,42	0,04	0,40	0,37	0,48	0,52	0,12	0,51	0,39	0,73
<b>Porosidad (%)</b>	48,36	2,46	48,67	43,51	54,07	49,68	2,56	49,24	44,71	55,09
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,48	0,03	1,49	1,42	1,52	1,43	0,05	1,43	1,31	1,50
<b>CRAD (%)</b>	0,26	0,13	0,22	0,10	0,55	0,82	0,36	0,89	0,23	1,37
<b>EA (%)</b>	10,08	1,27	10,50	7,90	11,96	10,17	1,40	10,61	7,64	12,06
<b>MO (%)</b>	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,03	0,02	0,03
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	0,44	0,11	0,39	0,35	0,65	0,60	0,32	0,61	0,23	1,17
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	0,43	0,03	0,43	0,39	0,49	0,72	0,04	0,72	0,64	0,76
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	3,27	0,32	3,13	3,00	3,97	5,78	0,53	5,72	4,93	6,51
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,25	0,04	1,24	1,20	1,33	1,28	0,02	1,28	1,24	1,31
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	4,92	0,46	4,79	4,35	5,73	12,39	0,58	12,56	11,52	13,14
<b>RAS</b>	0,77	0,03	0,76	0,70	0,81	0,50	0,01	0,50	0,49	0,52

**MS1: MUY SALINO PERIODO 30 DÍAS**

**MS2: MUY SALINO PERIODO 60 DÍAS**

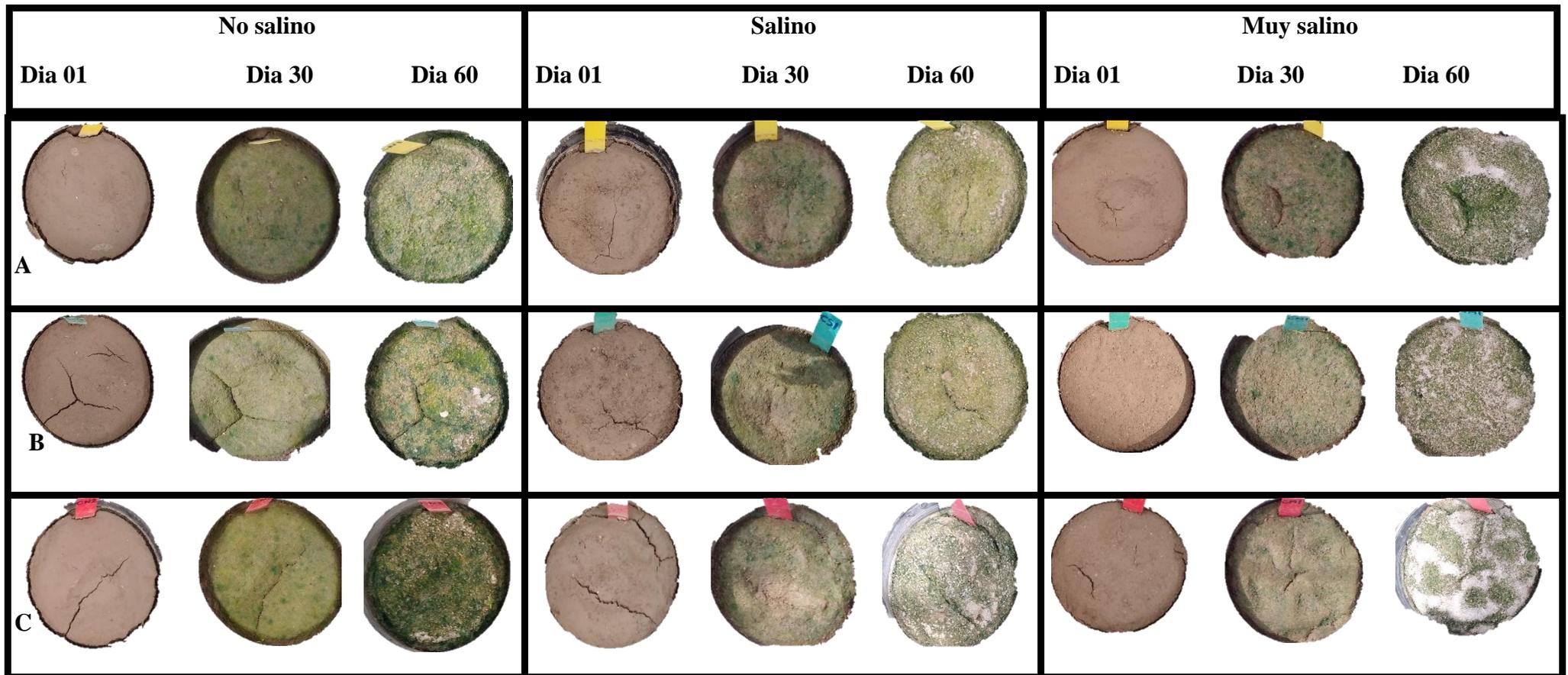


Figura 1: Evolución de la superficie del suelo franco arcilloso según dosis (A= 0 L/ha; B= 2 L/ha y C= 4 L/ha).

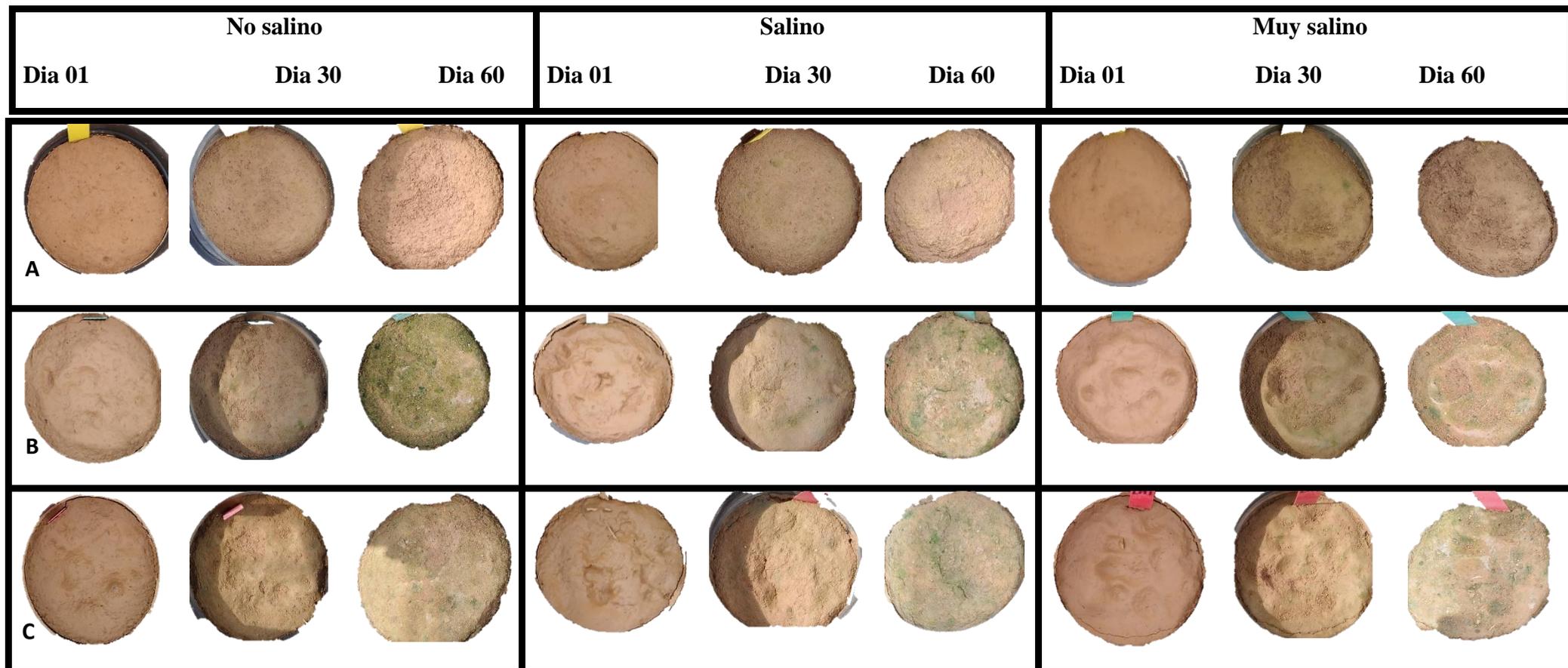


Figura 2: Evolución de la superficie del suelo franco según dosis (A= 0 L/ha; B= 2 L/ha y C= 4 L/ha).

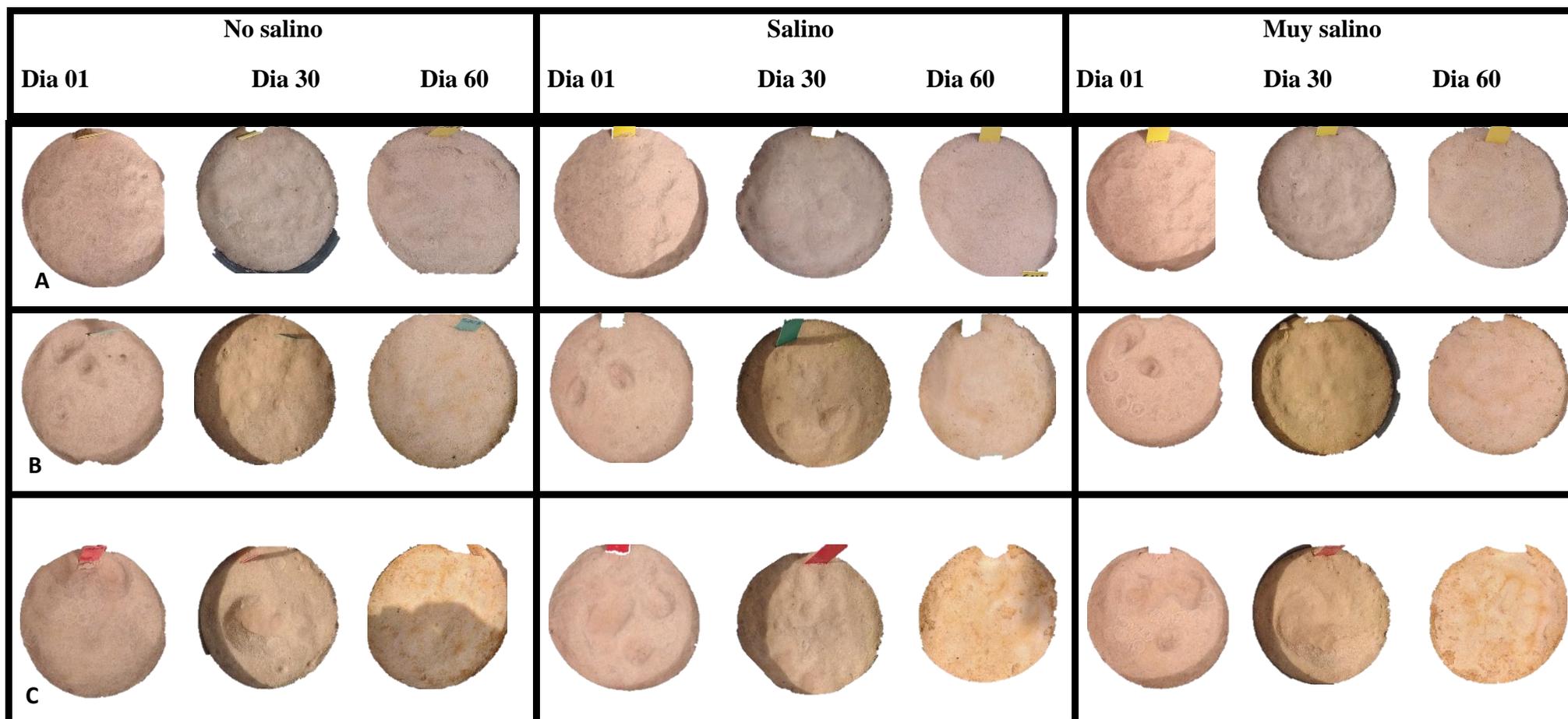


Figura 3: Evolución de la superficie del suelo arenoso según dosis (A= 0 L/ha; B= 2 L/ha y C= 4 L/ha)

Tabla 5: Prueba de comparación entre periodos en general.

INDICADORES	NO SALINO		SALINO		MUY SALINO	
	30	60	30	60	30	60
<b>FÍSICOS</b>						
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1,44 A	1,47 AB	1,78 AB	1,79 B	1,18 A	1,26 A
<b>RP (seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	4,79 A	4,78 A	4,81 A	4,82 A	3,61 A	4,84 A
<b>CRAD (%)</b>	5,15 AB	6,14 B	5,58 AB	5,67 B	3,18 A	4,95 AB
<b>Porosidad (%)</b>	57,35 A	58,20 A	56,37 A	57,04 A	56,44 A	57,20 A
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,26 A	1,26 A	1,27 A	1,25 A	1,26 A	1,23 A
<b>EA (%)</b>	5,93 A	8,60 A	8,97 A	8,99 A	10,86 A	9,60 A
<b>QUÍMICOS</b>						
<b>pH</b>	7,73 B	7,42 A	7,77 B	7,46 A	7,85 B	7,43 A
<b>CEe (dS/m)</b>	2,14 B	3,03 AB	4,20 AB	4,10 A	4,15 AB	4,68 A
<b>MO (%)</b>	0,48 A	0,47 A	0,56 A	0,47 A	0,59 A	0,57 A
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	6,15 A	5,88 A	5,94 A	6,41 A	5,40 A	7,33 A
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	0,76 B	1,02 A	0,99 AB	1,14 A	0,84 B	1,25 A
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	5,65 A	6,50 AB	7,04 AB	7,67 B	7,09 AB	8,00 B
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,18 A	1,23 AB	1,70 BC	1,57 C	1,76 C	1,75 C
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	11,81 A	17,78 AB	20,51 AB	22,40 B	15,38 A	24,32 B
<b>RAS</b>	0,57 CD	0,43 A	0,64 CDE	0,48 AB	0,76 E	0,55 BC

Tabla 6: Comparaciones múltiples entre periodos del suelo franco arcilloso.

INDICADORES	NO SALINO		SALINO		MUY SALINO	
	30 DÍAS	60 DÍAS	30 DÍAS	60 DÍAS	30 DÍAS	60 DÍAS
<b>FÍSICOS</b>						
<b>RP (Húmedo) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	2,38 B	2,19 B	3,06 BC	2,30 B	1,03 A	1,06 A
<b>RP (seco) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	7,00 A	7,00 A	7,00 A	7,00 A	7,00 A	7,00 A
<b>CRAD (%)</b>	12,29 B	14,96 C	13,40 BC	13,18 BC	7,55 A	12,09 B
<b>Porosidad (%)</b>	63,15 A	64,47 A	61,61 A	62,89 A	63,96 A	65,32 A
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,10 e	1,04 cd	1,07 d	1,02 bc	1,01 b	0,97 a
<b>EA (%)</b>	5,12 a	12,21 b	16,37 bc	14,77 bc	19,18 c	16,62 bc
<b>QUÍMICOS</b>						
<b>pH</b>	7,67 bcd	7,39 a	7,68 cd	7,54 b	7,74 d	7,57 bc
<b>CEe (dS/m)</b>	3,97 AB	4,01 AB	8,53 C	6,37 BC	8,36 C	8,48 C
<b>MO (%)</b>	1,01 a	1,03 ab	1,16 bc	0,96 a	1,34 d	1,22 cd
<b>CIC (meq/100 g suelo)</b>	12,10 a	12,20 ab	12,31 ab	12,80 ab	12,02 a	14,49 b
<b>Ca<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	1,39 a	1,58 a	2,13 bc	1,86 ab	1,70 ab	2,59 c
<b>K<sup>+</sup> (meq/l)</b>	10,27 a	10,12 a	13,98 b	13,06 b	13,80 b	14,04 b
<b>Na<sup>+</sup> (meq/l)</b>	1,26 A	1,26 A	2,66 BC	2,19 AB	2,72 C	2,67 BC
<b>Mg<sup>2+</sup> (meq/l)</b>	25,00 a	29,61 ab	49,92 cd	40,80 bc	37,34 b	52,88 d
<b>RAS</b>	0,35 a	0,32 a	0,53 b	0,48 b	0,62 c	0,51 b

Tabla 7: Comparaciones múltiples entre periodos del suelo franco.

INDICADORES	NO SALINO		SALINO		MUY SALINO	
	30 DÍAS	60 DÍAS	30 DÍAS	60 DÍAS	30 DÍAS	60 DÍAS
<b>FÍSICOS</b>						
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,99 a	1,28 b	1,11 ab	1,74 c	0,98 a	1,30 b
RP (seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	7,00 B	7,00 B	7,00 B	7,00 B	3,41 A	7,00 B
CRAD (%)	2,15 BC	2,54 C	2,58 C	2,82 C	1,73 AB	1,94 AB
Porosidad (%)	59,33 A	59,14 A	59,55 A	58,62 A	57,00 A	56,61 A
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,24 a	1,27 abc	1,27 ab	1,29 bc	1,29 bc	1,30 c
EA (%)	2,59 c	1,82 abc	1,66 ab	1,82 abc	1,18 a	2,00 bc
<b>QUÍMICOS</b>						
pH	7,77 BC	7,28 A	7,90 C	7,33 AB	8,04 C	7,37 AB
CEe (dS/m)	1,14 AB	2,51 CD	1,88 BC	3,18 D	2,06 BC	2,57 CD
MO (%)	0,41 b	0,34 a	0,49 c	0,41 b	0,41 b	0,46 c
CIC (meq/100 g suelo)	4,64 abc	4,29 ab	4,83 abc	5,77 c	3,74 a	5,39 bc
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	0,49 AB	0,80 CD	0,53 ABC	0,88 D	0,39 A	0,58 BCD
K <sup>+</sup> (meq/l)	3,85 a	4,54 b	3,96 a	4,58 b	3,78 a	4,18 ab
Na <sup>+</sup> (meq/l)	1,14 A	1,21 AB	1,25 ABC	1,27 BC	1,30 C	1,29 C
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	5,81 AB	11,71 CD	6,41 ABC	14,16 D	3,88 A	7,67 BCD
RAS	0,64 BC	0,48 AB	0,68 C	0,46 A	0,89 C	0,64 BC

Tabla 8: Comparaciones múltiples entre periodos del suelo arenoso.

INDICADORES	NO SALINO		SALINO		MUY SALINO	
	30 DÍAS	60 DÍAS	30 DÍAS	60 DÍAS	30 DÍAS	60 DÍAS
<b>FÍSICOS</b>						
RP (Húmedo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,96 a	1,01 a	1,44 b	1,44 b	1,52 b	1,42 b
RP (seco) (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,38 ab	0,34 a	0,42 abc	0,47 bc	0,42 ab	0,52 c
CRAD (%)	0,99 B	0,93 B	0,77 B	1,00 B	0,26 A	0,82 B
Porosidad (%)	49,55 AB	50,97 A	47,95 B	49,63 AB	48,36 AB	49,68 AB
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,45 ab	1,47 ab	1,49 b	1,44 a	1,48 b	1,43 a
EA (%)	8,68 ab	11,00 c	8,06 a	10,39 bc	10,08 bc	10,17 bc
<b>QUÍMICOS</b>						
pH	7,76 d	7,59 bc	7,73 cd	7,53 b	7,77 d	7,36 a
CEe (dS/m)	1,08 a	2,57 cd	1,31 ab	2,47 c	1,77 b	2,99 d
MO (%)	0,02 A	0,03 B	0,02 AB	0,03 AB	0,02 AB	0,03 AB
CIC (meq/100 g suelo)	0,45 A	0,56 A	0,69 A	0,60 A	0,44 A	0,60 A
Ca <sup>2+</sup> (meq/l)	0,40 a	0,68 b	0,44 a	0,68 b	0,43 a	0,72 b
K <sup>+</sup> (meq/l)	2,47 a	4,82 c	3,19 ab	5,07 cd	3,27 b	5,78 d
Na <sup>+</sup> (meq/l)	1,13 a	1,23 bc	1,19 b	1,25 c	1,25 c	1,28 c
Mg <sup>2+</sup> (meq/l)	4,60 a	12,02 b	5,19 a	12,23 b	4,92 a	12,39 b
RAS	0,73 b	0,49 a	0,71 b	0,49 a	0,77 c	0,50 a

Tabla 9: pH de agua infiltrada del suelo franco arcilloso.

FECHA	Franco Arcilloso								
	No salino			Salino			Muy salino		
	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha
10-04-21			8,1	8,0					
14-04-21							8,1	7,8	8,0
18-04-21		7,5					8,0	7,9	8,0
22-04-21	8,0	7,8	7,9	7,5	7,5	7,8	8,1	7,6	7,6
26-04-21	8,0	7,9	8,0	7,7	7,6	7,3	7,5	7,9	8,0
30-04-21	7,9	8,0	7,6	7,4	7,3	8,0	7,6	7,6	7,5
04-05-21	8,2	7,5	8,0	7,9	7,7	7,6	7,7	7,5	7,5
08-05-21	8,2	7,6		8,0	8,2		7,7	8,3	7,9
12-05-21	8,2	8,3	7,6	8,2	8,1	8,2	7,6	8,3	7,6
25-05-21	8,1	8,0		7,9	8,2	8,2	7,9	8,0	7,7
29-05-21	7,9	7,9	7,8	7,7	7,8	8,0	7,8	7,8	7,8
31-05-21	7,8	7,8	7,7	7,7	7,7	7,8	8,1	7,6	7,6

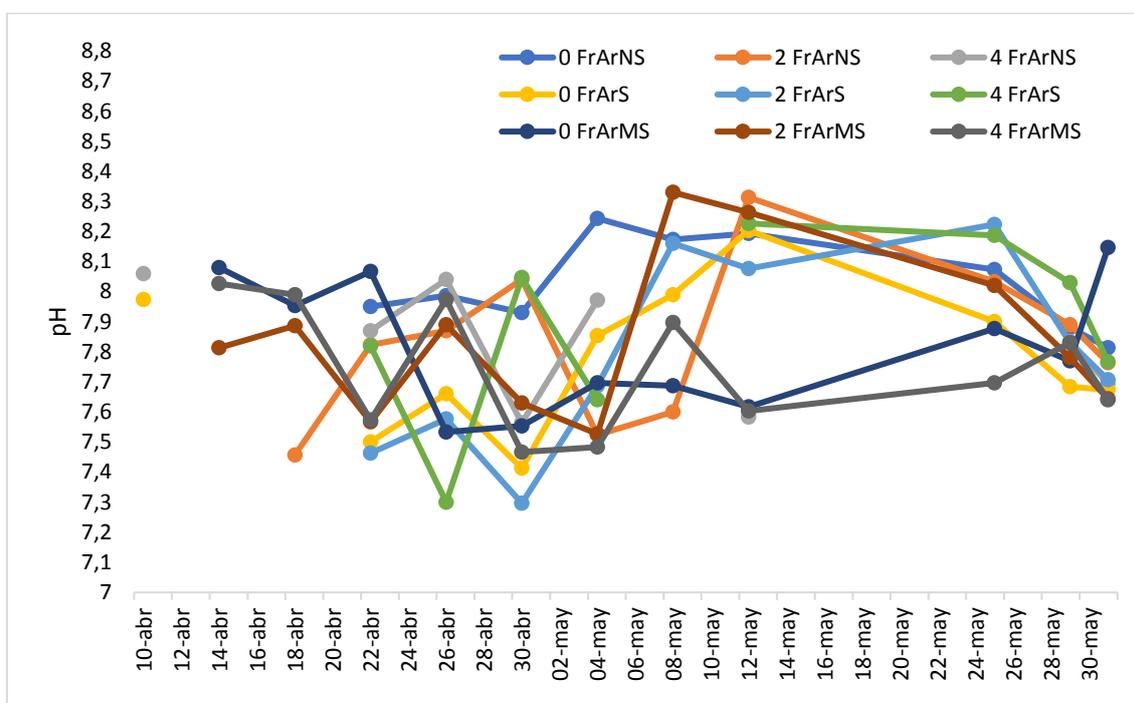


Figura 4: Evolución de la pH del agua infiltrada del suelo franco arcilloso.

Tabla 10: pH de agua infiltrada del suelo franco.

FECHA	Franco								
	No salino			Salino			Muy salino		
	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha
10-04-21	7,9	7,6	7,8	7,3	7,4		7,2	7,1	7,0
14-04-21	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,2	7,3
18-04-21	7,8	8,1	8,0	8,1	8,0	7,9	8,0	7,5	7,5
22-04-21	7,7	8,4	8,0	8,4	8,4	7,6	8,4	8,0	8,2
26-04-21	7,6	7,9	7,8	7,7	7,4	8,0	7,7	8,2	8,4
30-04-21	7,7	7,9	7,7	7,9	7,7	8,3	8,1	8,4	8,4
04-05-21	7,5	7,4	7,5	7,7	8,2	8,0	7,8	7,6	7,7
08-05-21	8,3	8,2	8,2	8,3	7,9	7,7	8,2	8,2	8,4
12-05-21	8,3	7,8	8,0	8,4	7,8	7,8	8,4	7,9	8,3
25-05-21	8,1	7,8	8,0	8,0	8,1		8,4	8,4	
29-05-21	8,1	8,0	8,0	8,1	8,0	8,1	8,3	8,3	8,2
31-05-21	7,6	7,8	7,6	7,7	7,9	7,8	8,0	8,0	8,0

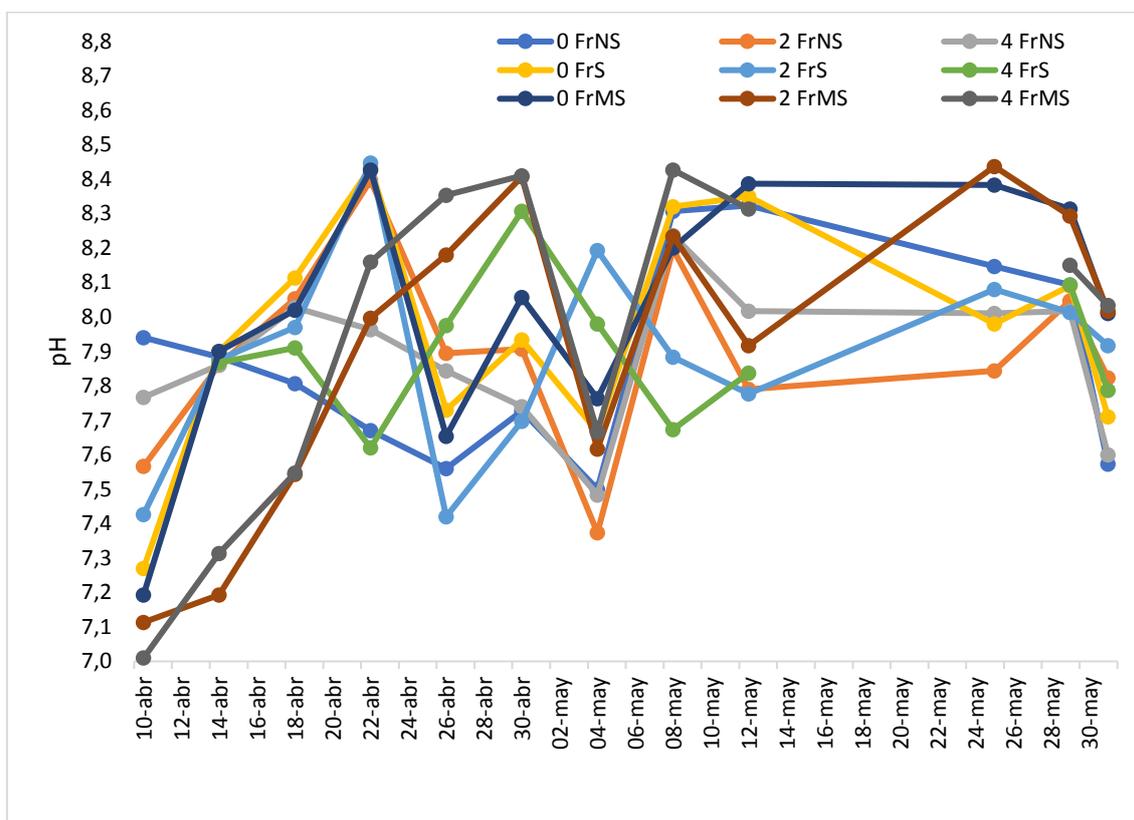


Figura 5: Evolución de la pH del agua infiltrada del suelo franco.

Tabla 11: pH de agua infiltrada del suelo arenoso.

FECHA	Arenoso								
	No salino			Salino			Muy salino		
	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha
10-04-21				7,8					
14-04-21	8,3	8,3	7,7	8,0	8,3	7,5	8,0	7,7	7,9
18-04-21	8,2	8,3	8,3	8,2	7,6	8,4	8,2	7,6	
22-04-21	8,1	7,7	7,6	7,8	7,8	8,2	8,1	7,7	7,7
26-04-21	7,8	7,8	7,8	7,8	7,9	7,9	8,1	7,8	7,7
30-04-21	8,0	7,7	7,7	7,9	7,9	7,6	7,6	7,7	7,5
04-05-21	8,3	7,8	8,3	7,9	7,6	8,0	7,8	8,2	7,7
08-05-21	8,3		7,7		7,7		8,3	8,1	
12-05-21		8,3				7,8		8,3	
25-05-21									
29-05-21									
31-05-21									

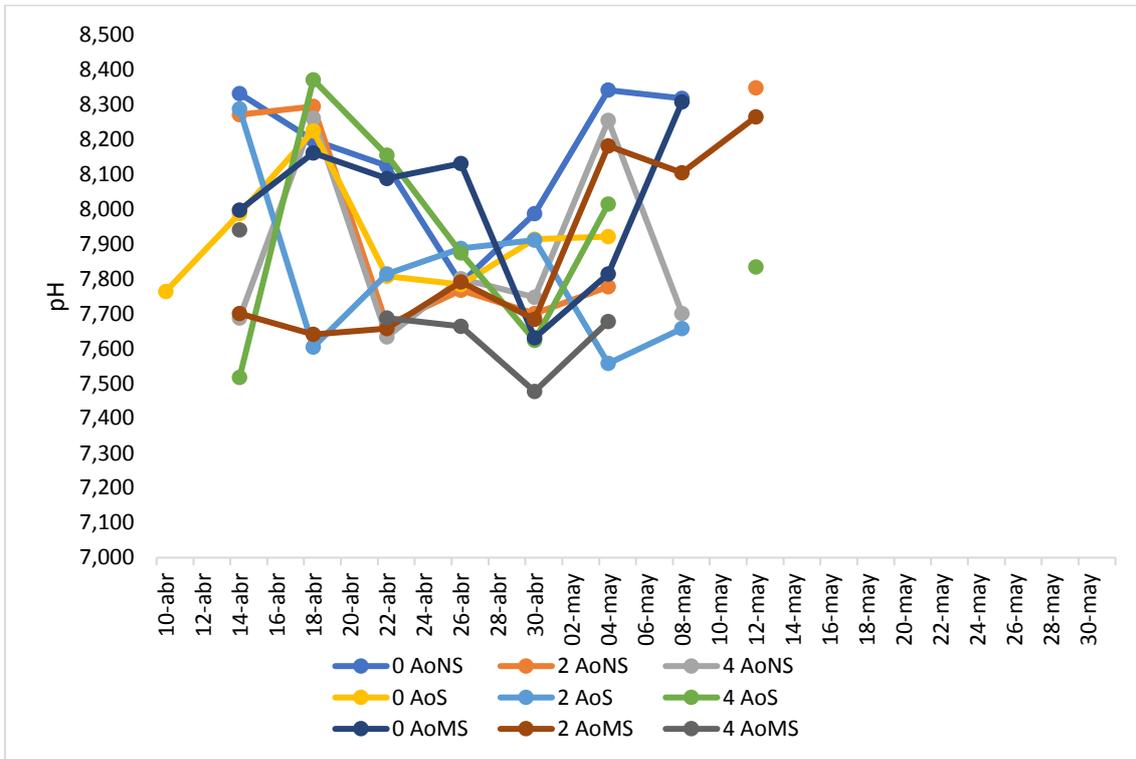


Figura 6: Evolución de la pH del agua infiltrada del suelo arenoso.

Tabla 12: Conductividad eléctrica (dS/m) de agua infiltrada de suelo franco arcilloso.

FECHA	Franco arcilloso								
	No salino			Salino			Muy salino		
	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha
10-04-21			1,4	1,8					
14-04-21							17,1	20,5	18,6
18-04-21		5,7	6,9				15,4	17,8	17,3
22-04-21	5,9	5,0	6,0	17,2	20,6	28,2	13,7	14,7	15,2
26-04-21	5,7	4,7	5,5	13,6	15,1	16,3	11,3	11,1	12,6
30-04-21	5,1	4,3	5,1	12,2	12,7	13,1	9,0	9,7	9,7
04-05-21	5,1	4,4	5,6	9,9	12,7	12,3	8,5	9,6	12,5
08-05-21	4,8	4,1		9,3	11,2		8,7	8,1	8,5
12-05-21	5,6	5,4	7,3	11,3	14,3	12,8	8,0	8,3	8,6
25-05-21	5,5	4,9		9,4	16,5	19,5	7,7	7,9	8,2
29-05-21	4,4	4,0	4,5	6,0	9,6	10,7	5,4	4,8	5,8
31-05-21	4,8	4,1	4,4	4,5	9,6	9,3	4,4	4,2	5,4

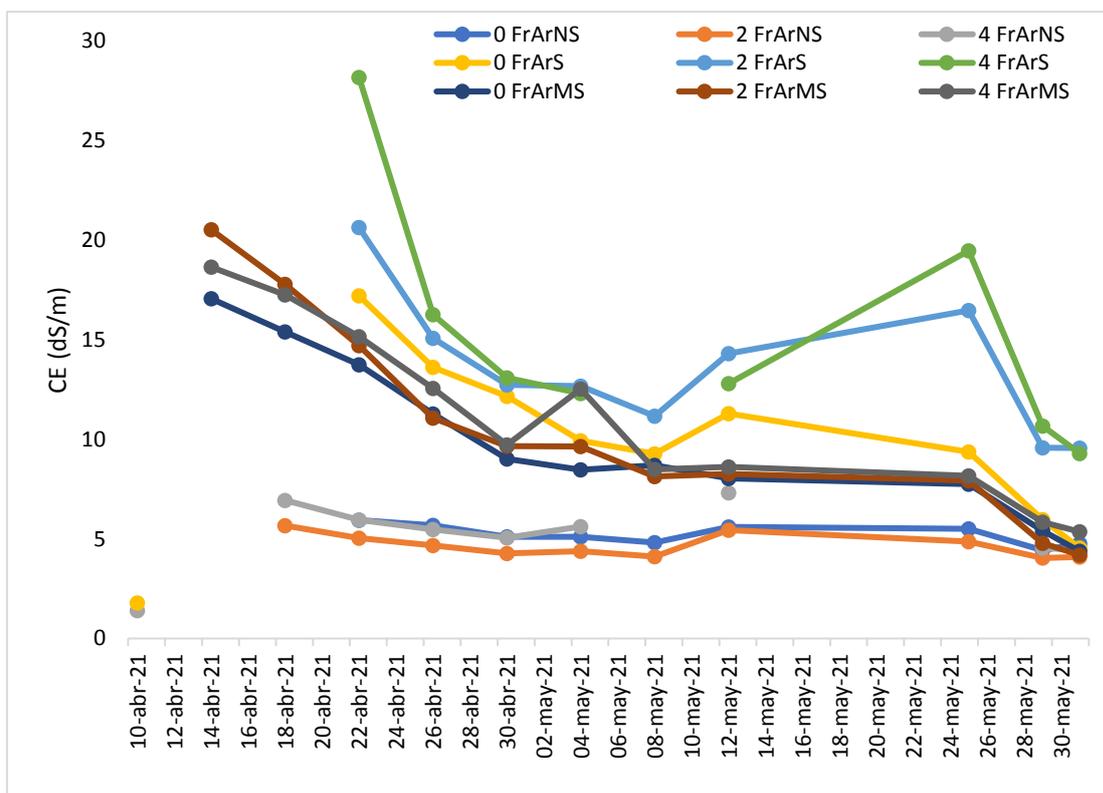


Figura 7: Evolución de la CE del agua infiltrada del suelo franco arcilloso.

Tabla 13: Conductividad eléctrica (dS/m) de agua infiltrada de suelo franco.

FECHA	Franco								
	No salino			Salino			Muy salino		
	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha
10-04-21	5,4	5,6	5,3	15,5	21,1		32,5	41,7	41,2
14-04-21	3,6	3,6	3,5	9,7	12,1	14,5	17,3	23,1	23,5
18-04-21	2,8	2,7	2,8	6,6	7,9	8,6	10,5	14,1	13,6
22-04-21	2,3	2,2	2,3	4,5	5,4	6,2	7,2	9,4	9,5
26-04-21	2,0	2,0	2,0	3,6	4,1	4,5	5,1	6,5	6,7
30-04-21	1,8	2,0	1,9	3,0	3,8	4,0	3,8	4,7	4,6
04-05-21	1,9	2,0	1,8	2,6	3,1	4,0	3,3	4,1	5,0
08-05-21	2,0	1,9	1,6	2,2	2,7	3,1	3,1	3,2	4,5
12-05-21	1,9	2,4	2,0	2,6	3,9	3,6	3,4	4,2	3,5
25-05-21	2,6	2,8	2,3	3,6	6,1		4,7	6,7	
29-05-21	2,1	2,1	1,8	3,1	3,5	5,2	3,3	3,1	3,7
31-05-21	2,0	1,9	1,8	2,7	3,4	4,4	2,7	2,8	2,9

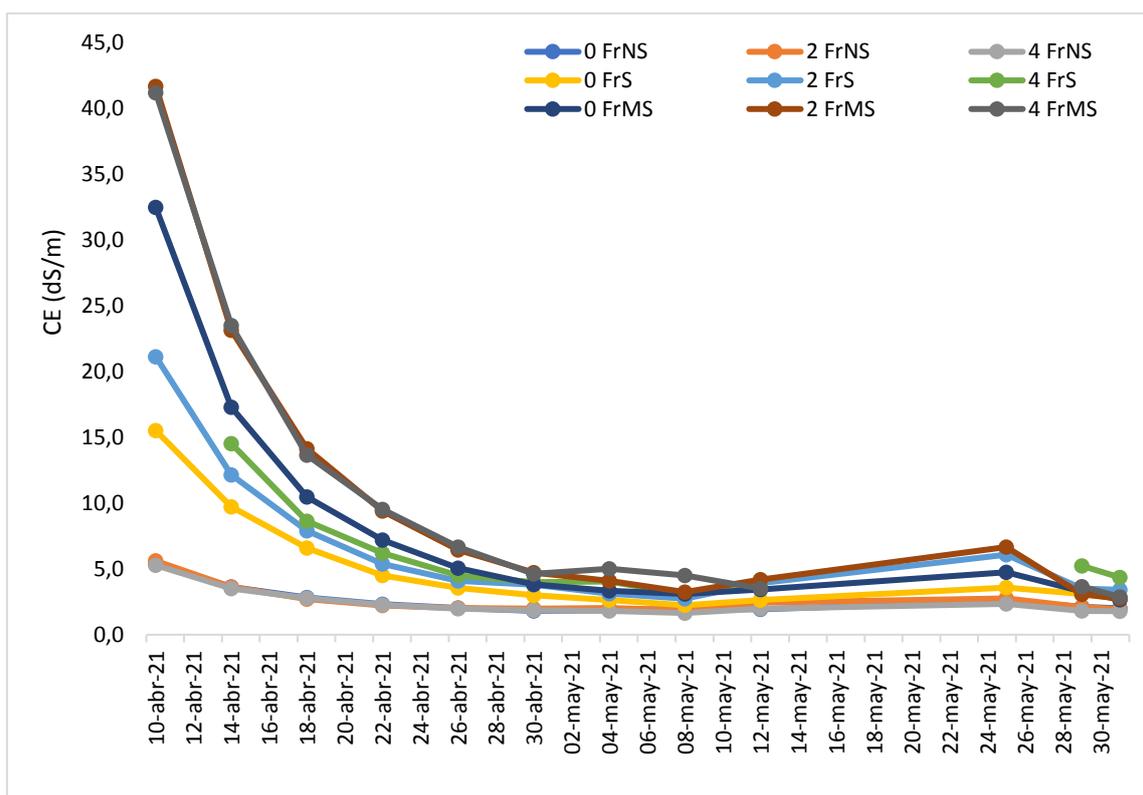


Figura 8: Evolución de la CE del agua infiltrada del suelo franco.

Tabla 14: Conductividad eléctrica (dS/m) de agua infiltrada de suelo arenoso.

FECHA	Arenoso								
	No salino			Salino			Muy salino		
	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha	0 L/ha	2 L/ha	4 L/ha
10-04-21				25,833					
14-04-21	2,2	2,0	2,4	12,5	13,1	13,3	44,2	40,4	36,9
18-04-21	2,0	2,1	2,1	7,9	8,5	9,1	25,2	25,9	
22-04-21	1,8	1,9	2,0	5,7	6,1	6,3	15,7	14,4	14,8
26-04-21	1,8	1,8	1,9	4,5	4,6	4,8	10,6	9,6	10,2
30-04-21	1,8	1,8	1,9	4,5	3,5	3,7	6,7	7,0	6,6
04-05-21	2,1	2,0	2,2	3,9	3,1	3,3	5,6	6,1	5,9
08-05-21	4,0		2,9		3,6		9,0	5,2	
12-05-21		2,6				3,5		5,5	
25-05-21									
29-05-21									
31-05-21									

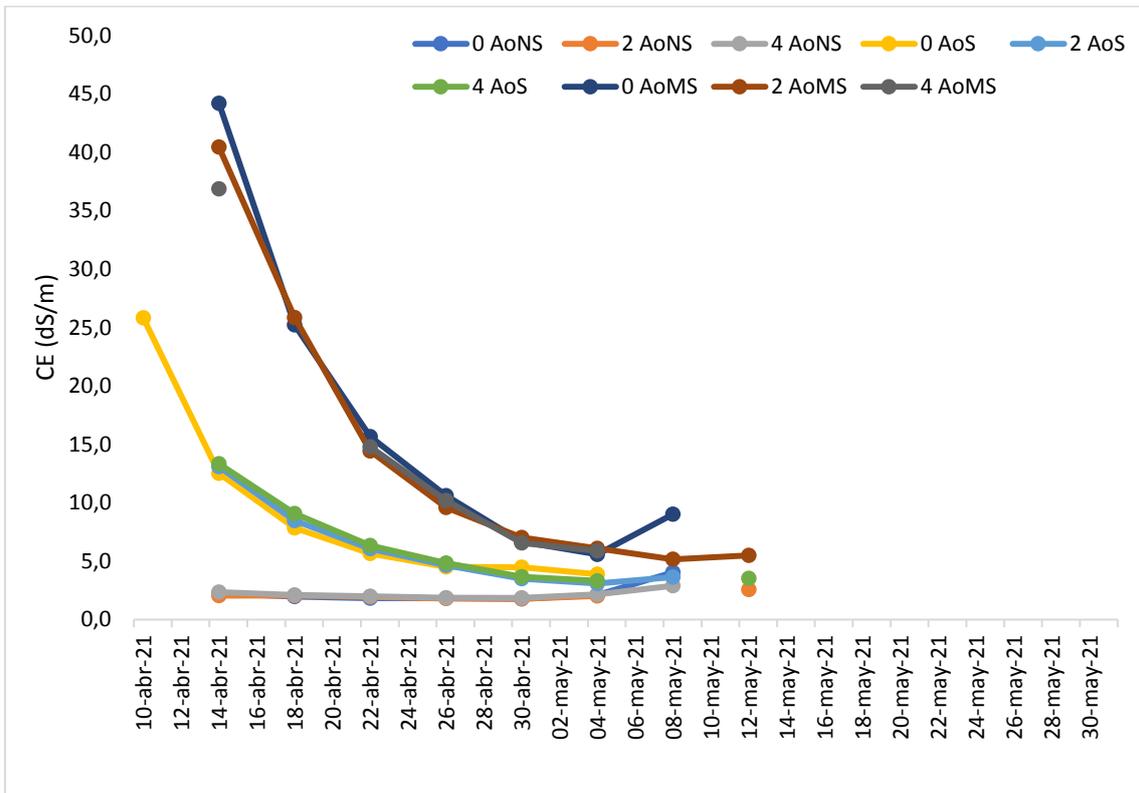


Figura 9: Evolución de la CE del agua infiltrada del suelo arenoso.

# **ANEXO 11**

**Resultados de los análisis estadísticos del factor posición**

Tabla 1: Resultados de los análisis estadísticos del factor posición en general.

INDICADORES	NO SALINO									
	INFERIOR					SUPERIOR				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
Porosidad (%)	57,71	6,23	60,17	46,29	69,29	57,83	6,65	57,00	43,51	68,62
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,26	0,17	1,22	1,00	1,53	1,26	0,16	1,28	1,02	1,49
CRAD (%)	5,67	5,90	2,25	0,20	16,85	5,62	5,76	2,43	0,18	16,91

INDICADORES	SALINO									
	INFERIOR					SUPERIOR				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
Porosidad (%)	56,64	6,10	57,00	46,29	63,14	56,77	6,86	57,00	43,51	68,62
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,27	0,18	1,27	1,00	1,57	1,25	0,18	1,27	0,93	1,51
CRAD (%)	5,66	5,63	2,77	0,40	15,82	5,59	5,54	2,63	0,38	15,19

INDICADORES	MUY SALINO									
	INFERIOR					SUPERIOR				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
Porosidad (%)	56,97	7,00	57,00	43,51	69,29	56,67	6,97	57,00	43,51	69,29
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,24	0,20	1,28	0,93	1,52	1,25	0,20	1,31	0,96	1,52
CRAD (%)	4,08	4,54	1,95	0,16	16,54	4,05	4,48	1,92	0,10	15,19

Tabla 2: Resultados de los análisis estadísticos del factor posición y el suelo franco arcilloso.

INDICADORES	NO SALINO									
	INFERIOR					SUPERIOR				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>Porosidad (%)</b>	62,76	2,85	62,74	57,00	69,29	64,87	2,78	63,14	61,93	68,62
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,08	0,05	1,07	1,00	1,14	1,07	0,04	1,08	1,02	1,15
<b>CRAD (%)</b>	13,79	1,68	13,99	11,35	16,85	13,47	2,08	12,88	10,27	16,91

INDICADORES	SALINO									
	INFERIOR					SUPERIOR				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>Porosidad (%)</b>	61,25	2,85	63,14	56,06	63,14	63,25	2,82	62,34	57,00	68,62
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,06	0,04	1,04	1,00	1,16	1,03	0,04	1,03	0,93	1,11
<b>CRAD (%)</b>	13,37	1,41	13,49	10,66	15,82	13,21	1,28	12,94	10,08	15,19

INDICADORES	MUY SALINO									
	INFERIOR					SUPERIOR				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
<b>Porosidad (%)</b>	64,46	3,42	63,14	57,00	69,29	64,82	3,16	63,14	61,50	69,29
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	0,97	0,03	0,96	0,93	1,05	1,00	0,02	1,00	0,96	1,04
<b>CRAD (%)</b>	9,88	3,11	8,94	5,39	16,54	9,76	3,07	9,40	4,39	15,19

Tabla 3: Resultados de los análisis estadísticos del factor posición y el suelo franco

INDICADORES	NO SALINO									
	INFERIOR					SUPERIOR				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
Porosidad (%)	60,55	2,11	61,07	56,06	63,14	57,93	3,76	57,00	50,86	63,14
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,23	0,04	1,22	1,16	1,29	1,28	0,03	1,28	1,23	1,34
CRAD (%)	2,29	0,27	2,25	1,82	2,98	2,41	0,37	2,43	1,79	3,14

INDICADORES	SALINO									
	INFERIOR					SUPERIOR				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
Porosidad (%)	59,56	3,63	61,50	50,86	63,14	58,61	3,51	57,00	50,86	63,14
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,28	0,02	1,27	1,25	1,31	1,28	0,03	1,27	1,24	1,33
CRAD (%)	2,76	0,45	2,77	2,07	3,55	2,64	0,45	2,63	1,94	3,51

INDICADORES	MUY SALINO									
	INFERIOR					SUPERIOR				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
Porosidad (%)	57,34	2,56	57,00	50,86	63,14	56,27	1,98	57,00	50,86	57,00
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,28	0,01	1,28	1,26	1,31	1,30	0,03	1,31	1,26	1,34
CRAD (%)	1,82	0,33	1,95	1,22	2,27	1,84	0,39	1,92	1,21	2,41

Tabla 4: Resultados de los análisis estadísticos del factor posición y el suelo arenoso.

INDICADORES	NO SALINO									
	INFERIOR					SUPERIOR				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
Porosidad (%)	49,84	2,71	48,67	46,29	54,07	50,68	3,10	50,83	43,51	55,09
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,48	0,03	1,48	1,41	1,53	1,43	0,07	1,45	1,16	1,49
CRAD (%)	0,95	0,37	1,00	0,20	1,44	0,98	0,38	1,04	0,18	1,57

INDICADORES	SALINO									
	INFERIOR					SUPERIOR				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
Porosidad (%)	49,11	1,73	48,67	46,29	55,09	48,47	2,30	48,67	43,51	55,09
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,48	0,05	1,49	1,40	1,57	1,45	0,06	1,46	1,30	1,51
CRAD (%)	0,84	0,33	0,82	0,40	1,51	0,91	0,38	0,96	0,38	1,73

INDICADORES	MUY SALINO									
	INFERIOR					SUPERIOR				
	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.	Media	SD	Mediana	Mín.	Máx.
Porosidad (%)	49,11	3,13	48,95	43,51	55,09	48,93	1,94	48,67	43,51	54,07
DA (g/cm <sup>3</sup> )	1,45	0,06	1,47	1,31	1,52	1,46	0,04	1,46	1,39	1,52
CRAD (%)	0,54	0,42	0,27	0,16	1,37	0,54	0,36	0,44	0,10	1,19

Tabla 5: Prueba de comparación entre posición en general.

INDICADORES	NO SALINO		SALINO		MUY SALINO	
	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR
<b>POROSIDAD (%)</b>	57,71 A	57,83 A	56,64 A	56,77 A	56,97 A	56,67 A
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,26 A	1,26 A	1,27 A	1,25 A	1,24 A	1,25 A
<b>CRAD (%)</b>	5,67 A	5,62 A	5,66 A	5,59 A	4,08 A	4,05 A

Tabla 6: Comparaciones múltiples entre posición del suelo franco arcilloso.

INDICADORES	NO SALINO		SALINO		MUY SALINO	
	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR
<b>POROSIDAD (%)</b>	62,76 A	64,87 A	61,25 A	63,25 A	64,46 A	64,82 A
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,08 d	1,07 cd	1,06 cd	1,03 bc	0,97 a	1,00 ab
<b>CRAD (%)</b>	13,79 b	13,47 b	13,37 b	13,21 b	9,88 a	9,76 a

Tabla 7: Comparaciones múltiples entre posición del suelo franco.

INDICADORES	NO SALINO		SALINO		MUY SALINO	
	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR
<b>POROSIDAD (%)</b>	60,55 B	57,93 AB	59,56 AB	58,61 AB	57,34 AB	56,27 A
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,23 a	1,28 bc	1,28 b	1,28 b	1,28 bc	1,30 c
<b>CRAD (%)</b>	2,29 b	2,41 bc	2,76 c	2,64 bc	1,82 a	1,84 a

Tabla 8: Comparaciones múltiples entre posición del suelo arenoso.

INDICADORES	NO SALINO		SALINO		MUY SALINO	
	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR
<b>POROSIDAD (%)</b>	49,84 A	50,68 A	49,11 A	48,47 A	49,11 A	48,93 A
<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,48 A	1,43 A	1,48 A	1,45 A	1,45 A	1,46 A
<b>CRAD (%)</b>	0,95 A	0,98 A	0,84 A	0,91 A	0,54 A	0,54 A