

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“RIEGO DEL CÉSPED *Paspalum vaginatum* CON DIFERENTES  
CONCENTRACIONES DE AGUA SALINA BAJO SISTEMA DE  
TEPES”**

**Presentado por:**

**WILSON ROHNALD HUARACA RAMIREZ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**LIMA – PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“RIEGO DEL CÉSPED *Paspalum vaginatum* CON DIFERENTES  
CONCENTRACIONES DE AGUA SALINA BAJO SISTEMA DE  
TEPES”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presentado por:**

**WILSON ROHNALD HUARACA RAMIREZ**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado**

.....  
Ing. M .S. Andrés Casas Díaz  
**PRESIDENTE**

.....  
Ing. José Alfredo Palacios Vallejo  
**ASESOR**

.....  
Ing. Mg. Sc. Luis Tomassini Vidal  
**MIEMBRO**

.....  
Ing. Mg. Sc. Juan Carlos Jaulis Cancho  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A Dios por cuidarme y guiarme en cada instante de mi vida,  
por haberme puesto en mí camino aquellas personas de buen  
corazón.

A mis padres, IRINEO SAMUEL HUARACA FERMANDEZ  
y ZOSIMA EDILBERTA RAMIREZ CHINCHON, por el gran  
amor que me brindan, así como el soporte en momentos malos  
y por su confianza depositado en mí.

A mis hermanos RICHAD Y DANIEL, por su inmenso cariño.  
A mi novia JACQUEYN ROCIO JAVIER SILVA, por estar  
a mi lado en cada momento dándome todo su apoyo incondicional.

Sin ustedes este mérito no se hubiese conseguido.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento:

- A la Facultad de Agronomía de la UNALM, por mi formación académica y profesional.
- Al Programa de Investigación en Plantas Ornamentales, por el espacio, las condiciones y facilidades brindadas durante el desarrollo de la investigación.
- Al Ing José Alfredo Palacios Vallejo, asesor de la presente tesis, por sus orientaciones y consejos.
- Al Mg Sc. Juan Carlos Jaulis Cancho por su apoyo en toda la instalación de este trabajo.
- A Jacquelyn Rocío Javier Silva, por sus buenos ánimos, consejos, paciencia y apoyo incondicional durante todo el desarrollo de esta tesis.
- A Liz Portocarrero, Keyla Carhuaricra, Cristina Aquino, Geraldine Huaccachi, Victoria Pinazo, Antoni Quispe, Jhon Tarazona y demás amigos, por su apoyo incondicional en diferentes momentos en el desarrollo del presente trabajo.
- A todo el personal técnico del Programa de Investigación en Plantas Ornamentales.

# INDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. PROBLEMÁTICA DE LAS ÁREAS VERDES .....	3
2.1.1. Áreas verdes en Lima.....	4
2.3. PROBLEMÁTICA DE LOS SUELOS SALINOS EN LA COSTA .....	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS. ....	18
3.1. ÁREA EXPERIMENTAL. ....	18
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.....	19
3.3.2 Fuentes de agua utilizadas en el experimento .....	21
3.4.4 Características del experimento.....	23
3.4.5 Instalación del experimento.....	24
3.4.6 Fases de la siembra del césped.....	26
3.4.7 Mantenimiento del <i>Paspalum vaginatum</i> .....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ....	34
4.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS UTILIZADAS .....	34
4.1.1 pH.....	34
4.2.2 Contenido de humedad (%).....	48
4.2.3 Conductividad eléctrica (C.E dS/m).....	49
4.2.4 pH y capacidad de intercambio catiónico (CIC meq/L).....	50
4.3. CARACTERÍSTICAS EVALUADAS EN EL <i>Paspalum vaginatum</i> . ....	52
4.3.1 Altura de planta antes del corte (cm).....	52
4.3.4 Peso fresco de raíces (g).....	57
4.3.5 Número, longitud (cm) y diámetro (cm) de raíces principales.....	57
4.3.6 Calidad visual del follaje.....	59
4.3.7 Intensidad de color del follaje .....	60
4.3.8 Calidad visual de raíces.....	61
4.3.9 Intensidad de color de raíces .....	62
4.3.10 Enrollamiento .....	63
4.5. COSTOS DE PRODUCCIÓN .....	67

V. CONCLUSIONES .....	70
VI. RECOMENDACIONES.....	71
VII. CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
VIII. ANEXOS.....	80

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales fuentes de agua y su porcentaje de abastecimiento.....	9
Cuadro 2. Datos climatológicos de la zona experimental.....	18
Cuadro 3. Análisis físico y químico del cómpost. ....	21
Cuadro 4. Tratamientos utilizados en la investigación .....	23
Cuadro 5. Características del experimento.....	24
Cuadro 6. Distribución de riegos.....	28
Cuadro 7. Programación de la fertilización foliar en la etapa de prendimiento de <i>P. vaginatum</i> .....	29
Cuadro 8. Características de la calidad de las aguas de riego.....	37
Cuadro 9. Resultado de la cantidad de sales disueltas.....	40
Cuadro 10. Resultado de la relación de absorción de sodio.....	41
Cuadro 11. Resultados de carbonato de sodio residual.....	42
Cuadro 12. Dureza del agua.....	44
Cuadro 13. Características físico – químicas del compost regado con agua pura y mezclas de agua dulce y salina .....	49
Cuadro 14. Efecto del riego en la altura (cm) del césped <i>P. vaginatum</i> .....	54
Cuadro 15. Efecto del riego en el porcentaje (%) de cobertura foliar de <i>P. vaginatum</i> .....	56
Cuadro 16. Efecto del riego en el peso fresco del follaje de <i>P. vaginatum</i> , antes de los cortes.....	57
Cuadro 17. Efecto del riego en el peso fresco de raíces de <i>P. vaginatum</i> .....	58
Cuadro 18. Efecto del riego en el número, longitud y diámetro de raíces principales del <i>P. vaginatum</i> .....	59

Cuadro 19. Efecto del riego en calidad visual del follaje de <i>P. vaginatum</i> .....	61
Cuadro 20. Efecto del riego en la intensidad de color del follaje del <i>P. vaginatum</i> .....	61
Cuadro 21. Efecto del riego en la calidad visual de raíces de <i>P. vaginatum</i> .....	63
Cuadro 22. Efecto del riego en la intensidad de color de raíz del <i>P. vaginatum</i> .....	63
Cuadro 23. Efecto del riego en el porcentaje de enrollamiento de tepes de <i>P. vaginatum</i> .....	64
Cuadro 24. Efecto del riego en el volumen de agua lixiviada de los tepes de <i>P. vaginatum</i> .....	66
Cuadro 25. Efecto del riego en la conductividad eléctrica del agua lixiviada en tepes de <i>P. vaginatum</i> .....	67
Cuadro 26. Costo de producción por m <sup>2</sup> de <i>Paspalum vaginatum</i> irrigado con 25% de agua de mar en mezcla con 75 % de agua potable.....	69
Cuadro 27. Costo de producción por m <sup>2</sup> de <i>Paspalum vaginatum</i> irrigado con 100% de agua potable.....	70

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tolerancia a la salinidad en especies cespitosas.....	11
Figura 2. Bandejas impermeabilizadas y perforadas en la base.....	24
Figura 3. Instalación de unidades experimentales en campo.....	25
Figura 4. Colocación de una segunda bandeja impermeabilizada.....	26
Figura 5. Corte del <i>Paspalum vaginatum</i> en “champitas”.....	26
Figura 6. Siembra y distribución de “champitas” de <i>P. vaginatum</i> .....	27
Figura 7. Variación del pH de las aguas de riego .....	36
Figura 8. Variación de la conductividad eléctrica de las aguas.....	39
Figura 9. Variación del contenido de sodio en las aguas de riego.....	45
Figura 10. Variación del contenido cloruros en las aguas de riego .....	47
Figura 11. Variación del contenido boro en las aguas de riego .....	48
Figura 12. Variación del contenido de humedad (%) del compost.....	50
Figura 13. Variación de la conductividad eléctrica (dS/m) del compost.....	51
Figura 14. Variación del pH del compost.....	52
Figura 15. Variación del porcentaje de sodio en el compost.....	53
Figura 16. Desarrollo radicular de <i>Paspalum vaginatum</i> .....	60
Figura 17. Calidad visual e intensidad de color de <i>Paspalum vaginatum</i> .....	62

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Rango de colores del follaje de <i>Paspalum vaginatum</i> .....	81
Anexo 2. Rango de colores de raíces de <i>Paspalum vaginatum</i> .....	81
Anexo 3. Análisis de variancia y prueba de medias (Tukey P=0.05) de la altura de planta antes de las podas.....	82
Anexo 4. Análisis de variancia y prueba de medias (Tukey P=0.05) del porcentaje de cobertura foliar.....	83
Anexo 5. Análisis de variancia y prueba de medias (Tukey P=0.05) del peso fresco del follaje.....	85
Anexo 6. Análisis de variancia y prueba de medias (Tukey P=0.05) del peso fresco de raíces.....	86
Anexo 7. Análisis de variancia y prueba de medias (Tukey P=0.05) del número de raíces.....	87
Anexo 8. Análisis de variancia y prueba de medias (Tukey P=0.05) de la longitud de raíces.....	87
Anexo 9. Análisis de variancia y prueba de medias (Tukey P=0.05) del diámetro de raíces.....	88
Anexo 10. Análisis de variancia y prueba de medias (Tukey P=0.05) de la calidad visual del follaje.....	88
Anexo 11. Análisis de variancia y prueba de medias (Tukey P=0.05) de la intensidad de color del follaje.....	89
Anexo 12. Análisis de variancia y prueba de medias (Tukey P=0.05) de la calidad visual de raíces.....	89
Anexo 13. Análisis de variancia y prueba de medias (Tukey P=0.05) de la intensidad de color de raíces.....	90
Anexo 14. Análisis de variancia y prueba de medias (Tukey P=0.05) del enrollamiento del tepes de <i>Paspalum vaginatum</i> .....	90
Anexo 15. Análisis de variancia y prueba de medias (Tukey P=0.05) del volumen del agua lixiviada, días después del primer riego con los tratamientos.....	91
Anexo 16. Análisis de variancia y prueba de medias (Tukey P=0.05) de la Conductividad eléctrica del agua lixiviada, días después del primer riego con los tratamientos.....	94

## RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones del Programa de Investigación en Plantas Ornamentales de la Universidad Nacional Agraria la Molina. El objetivo fue determinar la tolerancia a la salinidad del césped *Paspalum vaginatum* a diferentes concentraciones de agua de mar y agua dulce, usando el compost como medio de crecimiento en un sistema de producción en tepes. Los tratamientos fueron seis: T<sub>1</sub> = 100% agua dulce (potable), T<sub>2</sub> = 100% agua de mar (salina), T<sub>3</sub> = 75% agua de mar con 25% agua dulce, T<sub>4</sub> = 50% agua de mar con 50% agua dulce, T<sub>5</sub> = 25% agua de mar con 75% agua dulce y T<sub>6</sub> = agua de pozo de la UNALM. Para la instalación del trabajo de investigación se utilizó el diseño experimental completamente al azar (DCA), con los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza y la comparación de medias empleando la prueba de Tukey al 5 % de significancia. La conductividad eléctrica de las aguas puras del T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>6</sub> fueron de 0.72 dS/m, 35.30 dS/m y 3.22 dS/m respectivamente. Las mezclas de agua mar y agua dulce presentaron conductividades eléctricas de T<sub>3</sub> = 30.10 dS/m; T<sub>4</sub> = 23.40 dS/m y T<sub>5</sub> = 13.30 dS/m. Los resultados obtenidos, mostraron que los tratamientos de *Paspalum vaginatum* regados con 100% de aguas dulce (T<sub>1</sub>) y de agua de pozo (T<sub>6</sub>) fueron los que obtuvieron los mejores parámetros de calidad (altura, % de cobertura, peso fresco, calidad visual, intensidad de color y enrollamiento). Dentro de las mezclas de agua de mar y agua dulce, el T<sub>5</sub> = 25% agua de mar con 75% agua dulce, fue el que mejores resultados obtuvo. Este trabajo concluye que la mezcla de agua de 25% agua de mar con 75 % agua dulce es un complemento ideal para irrigar especies tolerantes a la salinidad como el *Paspalum vaginatum*, mostrando buenas características en cuanto a cobertura foliar, calidad visual y desarrollo radicular; muy aparte que se vio la formación del tepe en un buen estado enrollable.

**PALABRAS CLAVE:** *Paspalum vaginatum*, mezclas de agua, salinidad, tepes, compost.

## I. INTRODUCCIÓN

La problemática del agua en el mundo es cada vez mayor. La escasez de este vital elemento se agudiza debido a diversos factores: crecimiento demográfico, demandas agrícolas, necesidades energéticas, urbanizaciones, cambio climático, etc. (Hondupalma, 2011). En el Perú, especialmente en la ciudad de Lima, la disponibilidad del agua es muy escasa, teniendo en cuenta que solo llueve 9 mm al año y es la segunda ciudad ubicada en un desierto después del Cairo, Egipto. (GEA, 2010). En ella se asienta cerca de 30% de la población de todo el país, que se abastece del recurso hídrico de tres cuencas: Chillón, Rímac y Lurín, pero los caudales para irrigar campos agrícolas y/o áreas verdes no son constantes durante todos los meses del año.

El requerimiento de agua para irrigar áreas verdes en Lima es considerable y significativo. Un estudio realizado por el Instituto Metropolitano de Planificación da a conocer que las fuentes de este recurso, utilizadas en áreas verdes en diferentes distritos de Lima, son: SEDAPAL, cisternas, canales de regadío, agua de pozo y aguas residuales (IMP, 2010). Al ser reducidas estas fuentes de agua, constituye un grave problema para el riego de áreas verdes, sobre todo si se calcula que se utilizan en ellas más de 8 – 10 L de agua/m<sup>2</sup>. (Grau, 2011).

El tener parques o jardines en ciudades costeras, trae consigo muchos beneficios tanto en la estética como en el bienestar y salud humana, pero ello conlleva la necesidad de contar con grandes cantidades de agua para poder mantenerlas. Lamentablemente la ciudad de Lima no dispone de agua suficiente para el consumo humano y menos para irrigar áreas verdes. Es por ello por lo que se deben buscar nuevos recursos hídricos y especies de plantas que tengan una menor necesidad uso de este recurso.

El agua del mar no está considerada como una fuente habitualmente usada en el riego de áreas verdes, debido a su excesiva carga en sales y al poco conocimiento de su utilización en plantas tolerantes a la salinidad. Sin embargo, esta agua puede ser utilizada en el riego de la especie de césped *Paspalum vaginatum*, que además de ser tolerante a la falta de agua también es tolerante a la salinidad. Según Environmental Turf (2006), citado por Berndt

(2007), la especie *P. vaginatum* tolera niveles de salinidad hasta 34.4 dS/m. Esta especie ha llamado la atención por su adaptabilidad a climas secos, tolerancia a suelos con diferentes rangos de pH, pero sobre todo por soportar concentraciones altas de sales (Montoya, 2007).

En vista de ello, el césped *P. vaginatum* y el uso del agua de mar como complemento del agua potable (dulce), podría ser una alternativa de solución a la problemática de áreas verdes en Lima.

En este trabajo proponemos el uso del césped *Paspalum vaginatum* y del agua de mar, en sustratos con material reciclable, para la producción de césped bajo condiciones de vivero.

Los resultados obtenidos servirán para promover el uso de *Paspalum vaginatum* en áreas urbanizadas y áridas, donde existen suelos salinos y donde la falta de agua es el principal problema. Esta especie de césped en tepes también podrá ser utilizado en techos verdes. Esto permitirá alcanzar lo que nos propone la OMS de tener de 9 a 12 m<sup>2</sup> de área verde por habitante.

## **OBJETIVOS:**

### **Objetivo General**

Utilizar el agua de mar como complemento del agua dulce para irrigar especies tolerantes a la salinidad como el *Paspalum vaginatum*, usando el compost como medio de crecimiento y en un sistema de producción en tepes.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar la calidad y características de las mezclas de agua dulce y salina para irrigar *Paspalum vaginatum*.
- Evaluar el desarrollo y crecimiento del *Paspalum vaginatum* en el sistema de tepes mediante la altura de planta, porcentaje de cobertura foliar y radicular, peso fresco de follaje, longitud de raíces, diámetro y número de raíces.

## **II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. PROBLEMÁTICA DE LAS ÁREAS VERDES**

Según el DED (2010), citado por IMP (2010), se entiende por área verde a toda superficie de dominio público o privado relacionado al área verde urbana y que está destinada por diferentes formas de vegetales para la generación de las influencias benéficas al hábitat urbano.

Las áreas verdes urbanas están compuestas por césped, arboles, plantas herbáceas perennes y plantas anuales, complementado por elementos como rocas, pavimento y mulch. La extensión y el tipo de cobertura vegetal varían enormemente en estas áreas. Los parques y áreas recreativas están cubiertos casi por completo por césped, mientras que para un área típica residencial la mitad del área está cubierta por una mezcla de césped y plantas (Limaye, 1996).

Existe actualmente mucha controversia respecto al uso césped en las ciudades. Una de las principales críticas es que el césped requiere de grandes cantidades de agua.

En Estados Unidos, se utilizan diariamente más de 7.9 mil millones de galones de agua, la mayoría agua potable, para regar áreas verdes y principalmente césped. La práctica de regar el césped combinado con miles de millones de superficies impermeables ocasiona que no se recargue la napa freática, lo que contribuye a que los niveles de agua subterránea estén por debajo del nivel histórico en gran parte de ese país. Un científico de la NASA ha estimado que, si todos los céspedes de todo los Estados Unidos estuvieran suficientemente irrigados, se necesitarían 200 galones de agua por persona por día (Pineo y Barton, 2010).

En Lima, ciudad con déficit hídrico, sus municipalidades han destinado al riego de áreas verdes, cerca de 267 millones de galones de agua apta para el consumo humano (SEDAPAL, 2009). En enero del 2017, se consumió 30% más agua potable para el riego que en el 2016

(Paz, 2017), reduciendo su uso para consumo humano. Guevara y Verona (2016), indican que más de 1.5 millones de personas en Lima no tienen acceso al agua potable, por lo cual deben pagar por metro cúbico hasta diez veces más que aquellos que si la poseen.

Otros problemas en el uso del césped son: el uso de combustibles fósiles que liberan emisiones contaminantes (Priest *et al.*, 2000; Robbins, 2007) y la aplicación de una gran cantidad de pesticidas y fertilizantes, que igualan o superan a las empleadas en áreas agrícolas (Robbins y Birkenholtz, 2003).

Con respecto al uso de petróleo, una cortadora de césped promedio emite en una hora la misma cantidad de contaminación que 34 automóviles. En general, la maquinaria de jardín propulsada por gas representa el 5% de la contaminación total del aire en Estados Unidos.

En cuanto a la contaminación del agua, los productos químicos utilizados para tratar el césped desembocan en desagües que finalmente son depositados en cuerpos de agua naturales. La escorrentía enriquecida con fertilizantes causa la proliferación de algas, lo que hace que las plantas y animales acuáticos sufran y perezcan por falta de oxígeno y ausencia de luz. Los productos químicos para el césped también pueden presentar riesgos directos para la salud humana. En un estudio realizado en 1987 por el Instituto Nacional del Cáncer, los niños que vivían en hogares donde se usaban comúnmente pesticidas para césped tenían 6.5 veces más probabilidades de desarrollar leucemia.

En Lima, el uso de maquinaria contaminante para corte de césped es casi inexistente, así como el uso de fertilizantes inorgánicos y pesticidas en los jardines. En la ciudad, el problema principal es la escasez de agua.

### **2.1.1. Áreas verdes en Lima**

Hoy en día, muchos estudiosos que se ocupan de las áreas verdes urbanas coinciden en que éstas poseen una importancia que va más allá de lo ornamental y lo estético, teniendo también funciones ecológicas y sociales. (CASSIA, 2012).

El manejo de áreas verdes es una estrategia para convertir nuestra localidad en un lugar más placentero, sostenible y habitable. Y como parte de esta estrategia no sólo se considera el

disfrute de las personas sino la participación de todas ellas en el cuidado a fin de asegurar que estas áreas perduren (Sánchez, 2009).

Según el IMP (2010), en la mayoría de los distritos a nivel de áreas destinadas a áreas verdes no estamos cumpliendo con los estándares internacionales de la OMS (10 a 15 m<sup>2</sup> por habitante), cabe recalcar que esta información corresponde a las áreas destinadas a parques, jardines y bermas. Para la tabulación no se han considerado los Parques Zonales, ni las áreas de reserva natural, que podría complementar el metraje al cual se requiere alcanzar.

Sobre estas áreas, ya con déficit, podemos notar que en algunos distritos se ha colocado cemento (canchas deportivas) hasta en un 50% del sector destinado a áreas verdes. Solo en el caso del Distrito de San Isidro, la zona disponible para áreas verdes (6.6 m<sup>2</sup>/habitante) estaría muy cerca de cumplir con los estándares internacionales. Sin embargo, en distritos como Comas (1.14 m<sup>2</sup>/habitante), Independencia (1.04 m<sup>2</sup>/habitante) y Puente Piedra (1.59 m<sup>2</sup>/habitante) todos en el cono Norte, la situación es crítica con respecto a la disponibilidad de lugares para áreas verdes. (IMP, 2010).

Bozzo (2015) indica que, en áreas cercanas al mar de Lima Metropolitana, solo cuatro distritos tienen un porcentaje aceptable de áreas verdes (Ancón, San Miguel, Barranco y San Bartolo), pero lamentablemente SEDAPAL es su principal fuente de agua para irrigar estas áreas.

En todos estos casos, el mayor problema para el mantenimiento de estas áreas verdes está relacionado con la escasez de agua. Allí, el uso de aguas residuales o de especies tolerantes a la falta de agua, son soluciones imprescindibles para una ciudad como Lima.

## **2.2 PROBLEMÁTICA DEL AGUA.**

La escasez de agua dulce es una de las principales amenazas ambientales que enfrenta la humanidad en el siglo XXI. Las Naciones Unidas pronostican que 2,700 millones de personas enfrentarán una grave escasez de agua para 2025, si el consumo continúa al ritmo actual (Montaigne, 2002).

El rápido crecimiento de la población urbana ha ejercido una enorme presión sobre el limitado abastecimiento de agua dulce. En muchos países del mundo, entidades estatales y

locales han impuesto restricciones al uso de agua potable para regar el césped, en lugar de promover el uso de fuentes de agua salinas recicladas u otras fuentes secundarias de agua salina. En áreas costeras, el bombeo excesivo y la intrusión del agua salada en los pozos, han creado muchos problemas. El riego del césped con agua salina causa la salinización del suelo, lo que resulta en daños indirectos por sales en el césped y problemas secundarios por la pérdida de estructura del suelo debido a los efectos del sodio y el bicarbonato, lo que resulta en la pérdida del potencial de lixiviación de sales y una anaerobiosis del suelo. La salinidad del suelo debe mantenerse por debajo del nivel considerado perjudicial para el césped, manteniendo una lixiviación suficiente. Los suelos afectados por el sodio / bicarbonato deben ser manejados para mantener una permeabilidad suficiente que permitan una lixiviación adecuada. Finalmente, se deben usar especies o cultivares de césped tolerantes a la salinidad. Las soluciones a largo plazo para el problema de la salinidad requerirán el desarrollo de céspedes mejorados tolerantes a la sal (Marcum, 2004).

Si bien a nivel planetario el volumen del agua en sus diversos estados: gaseoso, sólido y líquido (salada y dulce) se mantiene constante, su distribución y características son desiguales. El 97.47% está constituido por agua salada en los océanos, el resto de agua (2.53%) constituyen las aguas continentales que se distribuyen en los casquetes polares y glaciares. (FAO, 2002). El agua salada constituye el mayor porcentaje del agua disponible y no puede ser utilizada, salvo con procesos de osmosis inversa, también en plantas tolerantes a la salinidad o en mezclas con otras fuentes de agua.

### **2.2.1. Agua de regadío**

El agua de regadío que tenemos hoy en día en Lima Metropolitana son gracias al río Rímac cuyas aguas son las que irrigan el valle del mismo nombre, tiene una longitud de 131 kilómetros y en comparación con los ríos Chillón y Lurín, cuya longitud es menor, presenta agua todo el año. Es a través de dicho río que se desprenden una serie de canales, los cuales se ubicaban hacia ambas márgenes de este, subdividiéndose a su vez en canales secundarios, los que facilitaban el aprovechamiento de las aguas en zonas que no hay. (ANA, 2016).

Muchos de estos canales estuvieron en uso hasta no hace mucho tiempo atrás irrigando campos de cultivo. En la actualidad son utilizados para regar parques y jardines por la pérdida del área agrícola. (ANA, 2016).

### **2.2.2. Agua residual**

Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.

Actualmente en Lima Metropolitana se tienen 21 plantas de tratamiento de aguas residuales realizadas por SEDAPAL, 14 realizadas por municipalidades y 8 por otras instituciones. INEI (2013) citado por OEFA (2014).

En Lima Metropolitana, se generan diariamente 1'202,286 m<sup>3</sup> de aguas residuales, de los cuales se tratan 254,966 de m<sup>3</sup>, cifra que representa solo el 21.2 % de lo generado. (OEFA, 2014). Estas aguas tratadas se usan para irrigar campos agrícolas y áreas verdes.

### **2.2.3. Agua potable**

El agua potable es una fuente consumible por todos los seres vivos habitantes de la ciudad; La producción de agua potable para Lima se realiza a través de tres plantas de tratamiento, dos de ellas en La Atarjea, con una capacidad nominal de producción total de 17.5 m<sup>3</sup>/s, estas dependen del sistema de regulación del río Rímac. La tercera planta se encuentra en Punchauca, cuenca del río Chillón, tiene una capacidad nominal de 2.5 m<sup>3</sup>/s.

Además, se extrae agua subterránea de los pozos operados por SEDAPAL y por privados. Se estima que existe un total de 3.380 pozos: 471 son de SEDAPAL y 3.359 pozos son operados por usuarios particulares, de los cuales 1.626 son formales y 1.733 informales. Los pozos de SEDAPAL se encuentran en los valles de los ríos Rímac, Chillón, Lurín y Chilca. De los 471 existentes, solo 158 están en funcionamiento porque hay disponibilidad de aguas superficiales, mientras el resto se encuentra en estado de reserva (SEDAPAL, 2009).

Del total de agua disponible para la ciudad de Lima, 28.7% lo utiliza el sector industrial, 1.6% el sector agricultura y agroindustria, 26% el sector minería y metalurgia, 0.8% el sector

piscícola y 43% el sector comercial, residencial y pública (Riveros *et al.*, 2014). Esto permite ver que un bajo porcentaje de la distribución del agua se utiliza en el sector agrícola.

#### **2.2.4. Agua de mar**

El agua de mar constituye el 97% del total del agua en nuestro planeta. El agua dulce sólo representa el 3% del total, y de ésta sólo tenemos acceso a un 0,06% porque el resto se encuentra entre glaciares, acuíferos profundos, tierras heladas y atmósfera. En Colombia, Nicaragua, USA y España, se riega diferentes cultivos con agua de mar sin desalinizar. Por lo tanto, es de suma importancia difundir su uso para el ahorro de la dulce. (García, 2008). El uso exitoso de aguas salinas en algunos cultivos demuestra que bajo ciertas condiciones como en climas mediterráneos con lluvias invernales, el agua salina puede ser usada para el riego (FAO 2003).

Desde siempre el mar ha regado las zonas cercanas a la costa, adentrándose bajo tierra (puede llegar a kilómetros) y manteniendo siempre húmedo el subsuelo, haciendo el mismo trabajo que los acuíferos de los ríos, con la única diferencia de ser agua de mar. (AQUA MARIS, 2013).

El agua de mar se caracteriza principalmente por su alta salinidad, los iones más abundantes en ella son: El cloro, sodio, calcio, potasio, magnesio y sulfatos; estas se encuentran en proporciones constantes debido a que su concentración está controlada por la adición o remoción de ellos hacia la columna de agua. Por esta razón, estas sustancias se han denominado iones conservativos. En cambio, otros compuestos y elementos presentes en el agua de mar no se encuentran en proporciones constantes, ya que sus concentraciones son alteradas por procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en la columna de agua y sedimentos. Estas sustancias químicas se denominan no conservativas, aunque la mayoría de las sustancias en el agua de mar son no conservativas, ellas conforman una pequeña fracción de la masa total de sales del océano (Salamanca y Schneider, 2013).

### 2.2.5. Fuentes de agua utilizadas para el riego de las áreas verdes en Lima

Según un estudio realizado por IMP (2010), en los diferentes distritos de Lima, las fuentes principales de agua para irrigar áreas verdes son cinco, siendo en algunos distritos unos más que otros. Los porcentajes de abastecimiento se detallan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Principales Fuentes de Agua y su Porcentaje de Abastecimiento**

FUENTES DE AGUA	ABASTECIMIENTO (%)
SEDAPAL	48
Cisterna	28
Canal de regadío	19
Pozo	3
Aguas residuales	1

FUENTE: Instituto Metropolitano de Planificación (IMP), 2010

### 2.3. PROBLEMÁTICA DE LOS SUELOS SALINOS EN LA COSTA

La salinización ha sido un problema que se ha ido incrementando, especialmente en la costa peruana. Esto se debe, básicamente, a características geomorfológicas y geológicas, además por la existencia de una alta tasa de evapotranspiración y precipitación mínima, esto hacen de la costa un espacio ideal para almacenar un alto contenido de sales, que quedan retenidas en el suelo (Ramirez, 2016).

Para el MINAGRI (2015), este proceso perjudicial está directamente relacionado con el mal manejo del agua de riego y con la clase de drenaje de los suelos. En las áreas dotadas de buen drenaje, las aguas de riego o de lluvia van lavando progresivamente las sales o profundizándolas de tal manera que ya no son dañinas para los cultivos. En cambio, en las áreas con problemas de drenaje como la costa de Lima, las sales afloran fácilmente y se acumulan en la superficie.

Estas áreas con problemas de salinidad, hoy en día están siendo urbanizadas por la creciente población de Lima Metropolitana, que según García *et al.*, (2015), alberga más de nueve millones de habitantes, casi la tercera parte de la población del país, incrementándose las urbanizaciones de manera progresiva en todas las direcciones de la capital. Es así que en lugares que también eran destinados a áreas verdes y/o áreas de cultivo, hoy en día están siendo urbanizadas.

## **2.4. SOLUCIONES A LA PROBLEMÁTICA DE LA CIUDAD DE LIMA**

### **2.4.1. Uso de Céspedes Tolerantes a la Salinidad**

Por lo que respecta a la edad de la planta de césped, Marcar (1987) citado por (López, 2014), determinó que el ranking de tolerancia a la sal en relación a las fases de germinación y crecimiento difería, las especies empleadas en su estudio mostraron ser relativamente insensibles al NaCl hasta 20 dS/m durante la germinación, pero a concentraciones más altas si presentaron problemas, además, conforme aumentaba el crecimiento vegetativo la tolerancia a la sal disminuía, pero en contraposición a estos resultados obtenidos por Marcar (1987). Horst y Dunning (1989), citados por López (2014), mencionan que las semillas en germinación son más susceptibles a estrés por salinidad, aunque hay que tener en cuenta que estos autores utilizaron niveles de salinidad muy elevados (entre 12 y 24 dS/m).

Las especies y variedades cespitosas presentan diversos niveles de tolerancia a la salinidad. Marcar (1987) citado por (López, 2014) afirma, que la variación intra e inter específica de tolerancia a la sal es significativa, en particular durante la germinación. Borowski (2008) citado por (López, 2014) menciona que una posible causa de esta variación, son los cambios en el contenido de iones de Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> y el aminoácido prolina en las hojas durante el crecimiento de las plantas en condiciones de salinidad, teniendo la prolina un papel especial en el ajuste osmótico en las primeras semanas de crecimiento, mientras que más tarde su papel se ve disminuido en beneficio de los iones cloruro. Rogers *et al.* (1997) citado por (López, 2014) también han correlacionado estos iones con la tolerancia a la salinidad entre los distintos géneros de plantas.

Dentro de las especies cespitosas existen algunas con mayor resistencia a la salinidad (Figura N° 01), dentro de ellos el *Paspalum vaginatum* es el que presenta un mayor nivel de tolerancia a la salinidad en un clima cálido.



**Figura 1.** Tolerancia a la salinidad en especies cespitosas

FUENTE: López, 2014.

Duncan y Carrow, (2004), evaluaron la tolerancia a suelos salinos de veintiocho tipos de Paspalum (*Paspalum vaginatum*) y de cuatro tipos de Bermuda (*Cynodon dactylon*). Los resultados mostraron que los tipos de césped Bermuda toleraban niveles de salinidad (CE) por debajo de 10 dS/m, en cambio los tipos de césped Paspalum llegaron a tolerar niveles de 18 dS/m a 41 dS/m.

#### **2.4.2. Uso del agua de mar en el riego de césped**

Se han realizado varios estudios buscando alternativas al uso del agua de mar como complemento del agua dulce para irrigar césped.

Montoya, *et al.* (2011), estudiaron el desarrollo del césped *P. vaginatum* utilizando agua salina como complemento del agua dulce, comprobando que era una opción factible, siempre que se tuvieran concentraciones de 25% de agua salina y 75% de agua dulce; y que los programas de fertilización contemplaran esta condición para realizar una fertilización adecuada.

Berndt (2007), menciona que el riego de *Paspalum vaginatum* con agua de mar, tiene un efecto observable en su calidad. En una proporción 2:1 de agua de mar/agua dulce, se tuvo

una calidad menor en términos de crecimiento y desarrollo de estolones y brotes, que en una mezcla 3:1 donde se obtuvo un césped de mejor calidad.

En macetas de plástico preparadas con un sustrato de arena y turba (9:1), (Uddin *et al.* 2010) evaluaron la tolerancia a la salinidad teniendo en cuenta el crecimiento de las raíces y de los brotes y las quemaduras en las hojas en especies que fueron sometidas a diferentes concentraciones de salinidad (0, 24, 48, y 72 dS.m<sup>-1</sup>) mediante el riego con agua de mar. Se agruparon las especies *P. vaginatum* y *Z. matrella* como las más tolerantes, capaces de sobrevivir a altas concentraciones de salinidad (entre 36,5 y 49,4 dS/m).

## **2.5 *Paspalum vaginatum***

Es originaria de las regiones subtropicales de África y América, se puede encontrar también en Australia, Argentina, Florida o Texas. Es una especie perenne que se propaga por rizomas y estolones. Sobreviven largos periodos de sequía, presenta buena tolerancia a las altas temperaturas, sin embargo, no se adapta a temperaturas frías, pudiendo tolerar sombras suaves. Es utilizada en zonas donde no se requiera una alta calidad de agua, así como en campos de golf, parques y jardines (Monje, 2006). Presenta una tolerancia a la salinidad del suelo por encima de los 18 dS/m (Duncan *et al.* 2009) y según Environmental Turf (2006), citado por Berndt (2007), puede tolerar niveles de salinidad hasta 34.4 dS/m.

### **2.5.1 Taxonomía**

- Clase: Monocotiledóneas.
- Orden: Gramineales (ahora Poales).
- Familia: Gramineae (ahora Poaceae).
- Subfamilia: Panicoideae.
- Tribu: Paniceae.
- Género: *Paspalum*.
- Especie: *vaginatum*. (Graeme *et al.*, 2001).

## 2.5.2 Requerimientos del cultivo

### Clima

Cespitosa de clima cálido (C4), la cual necesita una temperatura mínima de 18°C en el terreno para germinar perdiendo color por debajo de 4°C. Crecimiento en forma de rizomas y estolones. De máxima tolerancia a salinidad. (Fito, 2012).

### Suelo

El *Paspalum vaginatum*, no tiene requerimiento especial en cuanto a suelo o sustrato como medio de crecimiento, soporta un pH en el suelo entre 5 y 8.5; es decir, admite cualquier reacción del suelo. En lo que se refiere a conductividad eléctrica, ninguna otra especie soporta salinidades tan altas. Lógicamente vegeta mejor en suelos arenosos y bien drenados. ([www.zulueta.com/](http://www.zulueta.com/)).

### Riego

Los requerimientos del riego varían por condiciones del suelo, y las condiciones ambientales. En promedio, un césped establecido usualmente requiere de 25 a 38 mm/semana para una óptima humedad del suelo durante el crecimiento. Un césped recién sembrado puede requerir más riego, debido a que la planta no tiene un sistema de raíces establecido para capturar el agua. El agua puede provenir de la lluvia, el riego, o una combinación de ambos (Christians *et al.*, 2016). En promedio, el césped utiliza solo el 1% del riego para el crecimiento y desarrollo, mientras que gran parte del resto se destina a la transpiración (Christians *et al.*, 2016).

Una de las principales ventajas que presenta el *Paspalum vaginatum* frente a los demás céspedes convencionales, es su bajo consumo de agua y sobre todo, la capacidad de soportar el riego con aguas de mala calidad (Procedentes de desaladoras, depuradoras, o pozos con aguas que presentan conductividades altas) (Zulueta, 2015).

### Fertilización

Las necesidades en cuanto a la fertilización son bajas. Esta baja fertilización nos permite además controlar el crecimiento vertical del césped y por lo tanto la frecuencia de siega.

Por norma general, en setiembre se tendría que realizar la fertilización de 40 gr/m<sup>2</sup> de un ferticesped a fin de preparar el sistema radicular de cara al invierno (Zulueta, 2015).

### **2.5.3 Manejo agronómico del *Paspalum vaginatum* en sistema de tepes.**

#### Preparación del terreno

El sector elegido debe estar perfectamente removido y desterronado. Es conveniente que presente algo de pendiente, pero deben evitarse las irregularidades en el terreno.

A continuación, se ubica una lámina de plástico para almácigos formando una cama hundida, conviene utilizar material de descarte para disminuir costos. Si el plástico es nuevo, realizar algunas perforaciones para que drene el agua de riego, por ejemplo, con una horquilla. El "recipiente" formado en la cama hundida será llenado con dos a diez centímetros de sustrato (Williams, 2003).

#### Propagación por esqueje

La técnica es muy sencilla, y consiste en enterrar los tallos previamente cortados a tres o cuatro nudos, en el sustrato húmedo, formando cuadros de veinte por veinte centímetros. El inconveniente de plantar a distancias mayores es que se alarga el tiempo de cobertura del césped (Williams, 2003).

La mayoría de las especies cespitosas, forman en su desarrollo vegetativo rizomas y estolones, lo que facilita en gran manera la obtención, a partir de la planta ya crecida, de fragmentos de plantas que incluyan nudos enraizados o incluso de esquejes de tallo que enraizaran con facilidad. (Velarde, 2006).

#### Propagación por semilla botánica

En semilla botánica, la dosis de siembra es de 5g/m<sup>2</sup>, esto germinara a los 7 – 10 días, la época de siembra es mejor realizarla en verano, aunque normal se puede sembrar en todo el año. (Fito, 2012).

La superficie que se siembra debe de quedar bien tapada y regada al final de la jornada de trabajo. El tapado de la semilla tiene por objetivo evitar que el aire la mueva, protegerla de

los pájaros, así como facilitar el contacto íntimo con la tierra para favorecer la germinación. (Velarde, 2006).

### Poda.

La poda o siega del césped es de vital importancia en todas las especies cespitosas, en el caso del *Paspalum vaginatum* no se debe de cortar más del 1/3 de la altura total de la hoja. (Zulueta, 2015).

Mediante el corte correcto, el césped emite nuevos tejidos y brotes que permiten regenerar de forma constante la cubierta vegetal. Se debe de segar con regularidad, y no sólo esporádicamente, para que las plantas se adapten a una altura determinada y desarrollen la densidad herbácea adecuada. De esta manera, la fotosíntesis aumenta proporcionando así suficientes reservas de nutrientes para la hoja, el tallo y las raíces. (Navarro, 2014).

### Riego de los tepes

La clave del éxito en el sistema de tepes es el riego, que debe ser abundante, uniforme y continuo. (Williams, 2003).

En el periodo inicial de germinación o enraizamiento, resulta absolutamente esencial que en ningún momento falte humedad; por lo tanto el cuidado de la siembra o plantación pasa por vigilar especialmente los riegos durante este tiempo. Como el césped tiene un sistema radicular muy reducido en este momento, los riegos deben de aplicarse con poco agua (mojando solo los primeros 10 a 15 cm de profundidad), pero con frecuencia alta (incluso 2 a 3 riegos diarios si hace calor), en forma de lluvia fina y con no demasiada presión, para que los chorros no desplacen las semillas al impactar con el terreno. (Velarde, 2006).

### Fertilización foliar

La fertilización foliar es considerada una de las estrategias más eficientes de aplicación de nutrientes esenciales a las plantas. La aplicación de soluciones es más precisa que la aplicación de sólidos o fertilizantes granulados y además pueden usarse los mismos implementos que los usados para la aplicación de pesticidas y otros agroquímicos, sin otros costos adicionales. (Melgar *et al.*, 2008).

### Aplicación de bioestimulantes

Según Patrick Du Jardin (2015), un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que, al aplicarse a las plantas, es capaz de mejorar la eficacia de éstas en la absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico o abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente del contenido en nutrientes de la sustancia.

#### a. Agrostemin

Es un regulador hormonal, tiene un efecto enraizador, en semilleros o cultivos establecidos, estimulando una germinación vigorosa y brotación uniforme, mejorando la formación del sistema radicular, provocando un rápido despegue de las plántulas, reduciendo el estrés en el momento del trasplante, aumentando la masa radicular efectiva.(QSI, 2015).

#### b. Coron

Es un fertilizante foliar que contiene una solución de urea polimetilada, como fuente de nitrógeno de liberación controlada, que está formulada bajo los parámetros químico físico y que está disponible en la planta en forma inmediata por acción del formaldehído, en donde la resina resultante es 100% soluble en agua y permite la liberación lenta y controlada.(Montana, 2014).

#### c. Horticrop

Horticrop es un promotor del crecimiento orgánico que incrementa el rendimiento y la calidad del cultivo, porque posee trazas de fitohormonas y altos niveles de precursores claves de éstas, que junto a las altas tasas de bioactividad y al sinergismo con el resto de su formulación, le permite ser un producto altamente eficiente. Horticrop penetra muy rápidamente en la planta, por tanto pasado aproximadamente 4 horas posterior a la aplicación ya ha penetrado más del 85% del producto, sin el riesgo de ser lavado por una lluvia (Cytoperu, 2015).

### Sustrato para tepes

Por sustrato debemos entender todo material o combinación de diferentes componentes que, no siendo tóxico, provea sostén, adecuada capacidad de intercambio catiónico, así como una

adecuada retención de humedad para la planta que en éste crecerá, pero con una porosidad que garantice una correcta aireación para un óptimo desarrollo radical. Fonteno *et al.*, (2000). Citado por (Hidalgo *et al.*, 2009).

Existen muchos sustratos en las cuales se puede cultivar césped como *Paspalum vaginatum* en el sistema de tepes, uno de estos sustratos es el compost que aparte de ser muy fácil de conseguir, tiene buenas características físico – químicas para usarlo como sustrato en los cultivos de césped en tepes.

### Compost

El compost es un abono orgánico que resulta de la transformación de la mezcla de residuos orgánicos de origen vegetal y animal que han sido descompuestos bajo condiciones controladas, también se le conoce con el nombre de tierra vegetal o mantillo. (Guerrero, 1993). Se puede utilizar como enmienda del suelo para el establecimiento del césped y jardinería. Muchos beneficios potenciales derivados de jardín con suelos enmendados con compost son: mayor retención de agua, aumento de la retención de nutrientes, disminución de las necesidades de plaguicidas, reducción de la escorrentía de aguas pluviales, y de la erosión del suelo en pendientes pronunciadas. Tittarelli *et al.*, (2007) citado por (Hernández, 2011).

Moreno (2008) citado por Portocarrero (2018), menciona que por lo general y salvo contadas excepciones el compost, como componente único, no puede ser utilizado como sustrato para la producción de plantines, macetas de cultivo o cultivos fuera de suelo en general. Las razones de ello son fundamentalmente dos: (1) la escasa capacidad de aireación que tiene el compost que hace que sea muy asfixiante para el cultivo y (2) la elevada salinidad del compost en la mayoría de los casos. Pero, para el cultivo de *Paspalum vaginatum* en un sistema de tepes no tendríamos problema alguno por el poco sustrato que se usa para la formación de la cobertura radicular y por la tolerancia a la salinidad que muestra *P. vaginatum*.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1 ÁREA EXPERIMENTAL.

##### Ubicación geográfica

La investigación se desarrolló en las instalaciones del Programa de Investigación en Plantas Ornamentales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicado en el distrito de La Molina, provincia de Lima y región Lima; cuya posición geográfica es:

- Latitud sur: 12°05'
- Longitud oeste: 76°57'
- Altitud: 243.7 m.s.n.m.

##### Condiciones climáticas

El desarrollo del proyecto se dio en los meses de enero, febrero y marzo; en donde se registran los mayores niveles de temperatura, alcanzando algunos días una máxima de 32 °C.

**Cuadro 2. Datos Climáticos de la zona experimental**

Mes	Heliofanía (horas y decim.)	Temperatura (°C)			Humedad			Precipitación (mm)
		Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	
Octubre	4.8	21.8	14.8	18.3	95.2	70.8	83.0	0.0
Noviembre	3.1	22.6	16.1	19.4	93.4	71.5	82.5	0.0
Diciembre	4.3	24.5	17.3	20.9	92.6	68.4	80.5	0.0
Enero	5.0	26.7	18.9	22.8	92.7	64.5	78.6	0.0
Febrero	4.0	29.3	20.8	25.0	94.9	61.6	78.3	0.0
Marzo	5.2	29.4	20.4	24.9	96.7	61.5	79.1	0.0

FUENTE: Observatorio meteorológico Alexander Von Humbolt de la UNAL

## 3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

### Materiales

#### a. Insumos

- 36 bandejas de 40 x 60 x 12 cm.
- 24 m<sup>2</sup> plástico impermeable.
- 4 L de compost por bandeja (72 L en total).
- 4 m<sup>2</sup> de *Paspalum vaginatum*.

#### b. Fertilizantes Foliares

- Agrostemin.
- Coron.
- Horticrop.

#### c. Riego

- 2 cilindros de 220 l. c/u.
- Regadera
- Juego de jarras (1 l., 0.5 l. y 0.25 l.)
- Dosificador (Jeringa)
- Baldes de 20 l. c/u

#### d. Adicionales

- 2 cintas scotch
- Tijeras
- Cuchilla
- 1 machete
- 1 lapicero
- 1 regla
- 18 botellas pequeñas de 100ml c/u
- 20 bolsas de papel Kraft
- 18 Micas tamaño carnet

- Bolsas plásticas

### Equipos

- Balanza electrónica
- Cámara fotográfica
- Medidores de CE
- Estufa
- Tabla de Colores
- Vernier

## **3.3 FACTORES EN ESTUDIO.**

### **3.3.1 Sustrato**

El sustrato que se utilizó en el trabajo experimental fue el compost; elaborado en el Programa de Plantas Ornamentales de la UNALM, previamente éste fue llevado a laboratorio para analizar sus propiedades físicas y químicas.

Los resultados del análisis, nos muestran que el sustrato es ligeramente alcalino ( $\text{pH} = 7.61$ ); de alta concentración salina ( $\text{C.E} = 9.80 \text{ dS/m}$ ) y además que presenta un alto porcentaje de materia orgánica.

Según Canellas y Facanha (2004), el uso del compost aumenta la fertilidad de los sustratos debido a un incremento en la disponibilidad de los nutrientes y mejora la estructura y la capacidad de retención de agua, lo que repercute en un aumento en la producción de cultivos.

El compost también mejora la germinación, el crecimiento y el desarrollo de raíces, favorece la micorrización, disminuye casi totalmente la población parasitaria de nemátodos, y se reduce la incidencia de enfermedades en los cultivos, entre otros impactos (García y González, 2005) citato por Portocarrero (2018). Todos estos beneficios pueden estar relacionados con factores tales como la mejora en la estructura física del sustrato, incremento en la población de microorganismos benéficos y más probablemente con el incremento de

sustancias reguladoras del crecimiento como hormonas y humatos producidas por los microorganismos (Atiyeh *et al.*, 2002).

En el Cuadro 3, se muestran los resultados de los análisis físicos y químicos del compost utilizado en la investigación.

**Cuadro 3. Análisis físico y químico del compost**

INSUMO	COMPOST
Ph	7.61
C.E. (dS/m)	9.80
M.O (%)	39.56
N (%)	2.07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	3.19
K <sub>2</sub> O (%)	1.04
CaO (%)	5.60
MgO (%)	2.07
Hd (%)	44.07
Na (%)	0.32
Relación C/N	10.22
CIC meq/100g	49.60

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía - UNALM (2015).

### 3.3.2 Fuentes de agua utilizadas en el experimento

Las fuentes de agua usadas fueron de tres lugares:

#### Agua de mar

Se colectó 200 L de agua de mar de la playa La Herradura, distrito de Chorrillos, y se le llevó al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM para su respectivo análisis de calidad.

### Agua potable o dulce

Se compró agua potable (camión cisterna) por ser óptima para el riego de la mayoría de especies. El agua fue analizada en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM.

### Agua de pozo

Se utilizó el agua de pozo del Programa de Investigación en Plantas Ornamentales de la UNALM, la cual también fue analizada en el Laboratorio para su posterior uso en el trabajo experimental.

### Mezclas de agua

Las mezclas de aguas lo hicimos en la siguiente proporción:

- Agua de Mar (Salina 75%) más Agua Potable (Dulce 25%).
- Agua de Mar (Salina 50%) más Agua Potable (Dulce 50%).
- Agua de Mar (Salina 25%) más Agua Potable (Dulce 75%).

Luego de mezclarlas, se llevó al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM, para su respectivo análisis de calidad.

### **3.3.3 Césped *Paspalum vaginatum***

El material fue extraído de campos comerciales de césped en Huachipa, con un espesor promedio de 4 cm y de clase textural franca (densidad 1.4 g/cm<sup>3</sup>).

## **3.4 METODOLOGÍA**

### **3.4.1 Diseño del experimento**

Para la instalación del Proyecto de investigación se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con 6 tratamientos y 3 repeticiones, teniendo un total de 18 unidades experimentales.

Con los datos obtenidos se realizó el análisis de variancia y la comparación de medias empleando la prueba de Tuckey al 5 % de significancia, con ayuda del programa estadístico InfoStat-Statistical Software (versión 12.0, Argentina).

### 3.4.2 Análisis Estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} \quad i = 1, 2, 3, 4, 5, 6 \quad j = 1, 2, 3.$$

Dónde:

- $Y_{ij}$  = observación del nivel  $i$  del factor *Paspalum vaginatum* al riego con diferentes fuentes y mezclas de agua dulce y salina, nivel  $j$  de repetición.
- $\mu$  = media general.
- $\alpha_i$  = efecto del *Paspalum vaginatum* al riego con diferentes fuentes y mezclas de agua dulce y salina en el tratamiento  $i$ .
- $(\alpha\beta)_{ij}$  = efecto del error experimental en el *Paspalum vaginatum* de la interacción del riego con diferentes fuentes y mezclas de agua dulce y salina  $i$  en la repetición  $j$ .

### 3.4.3 Tratamientos

**Cuadro 4. Tratamientos utilizados en la investigación**

CODIGO	TRATAMIENTOS	DESCRIPCION
T <sub>1</sub>	100% agua potable (agua dulce).	Fuente de agua potable pura
T <sub>2</sub>	100% agua de mar (agua salina).	Fuente de agua de mar pura
T <sub>3</sub>	75% agua de mar + 25% agua potable.	Mezclas de agua potable con agua de mar
T <sub>4</sub>	50% agua de mar + 50% agua potable.	
T <sub>5</sub>	25% agua de mar + 75% agua potable.	
T <sub>6</sub>	Agua de pozo de la UNALM.	Fuente de agua de la UNALM

FUENTE: Elaboración propia.

### 3.4.4 Características del experimento

El experimento tuvo las siguientes características como se muestran en el Cuadro 5.

### Cuadro 5. Características del experimento

DESCRIPCIÓN	DETALLE
Numero de bandejas utilizadas	18
Dimensiones de bandeja	0.40 x 0.60 x 0.12 cm
Área Total de sembrío	4.32 m <sup>2</sup>
Cantidad de compost	0.0864 m <sup>3</sup>
Cantidad de champas de <i>Paspalum</i>	270 champas
Cantidad de agua de mar	67.5 l.
Cantidad de agua potable	67.5 l.
Cantidad de agua de pozo de la UNALM	27 l.
Dimensiones del tepe por bandeja	48 cm <sup>2</sup>

FUENTE: Elaboración propia.

#### 3.4.5 Instalación del experimento

##### Nivelación limpieza del terreno

El área usada para el proyecto fue de 100 m<sup>2</sup>, en donde se realizó la limpieza y nivelación con la ayuda de una pala, para luego colocar en ella los contenedores de jabas y así tener todos los tratamientos y repeticiones en un solo nivel.

##### Primera selección e impermeabilización de bandejas

Una vez definidos los tratamientos y número de repeticiones, se seleccionaron 18 bandejas de 0.4 x 0.6 x 0.12m, las cuales fueron impermeabilizadas por dentro con plástico de polietileno y se les realizó agujeros para el drenaje del agua. (Figura 2).



**Figura 2.** Bandejas impermeabilizadas y perforadas en la base.

### Segunda impermeabilización de bandejas

Pasado 34 días se colocaron 18 bandejas impermeabilizadas, forrándola por dentro con plástico blanco y colocándola debajo de la bandeja que llevaba la siembra de *P. vaginatum* (Figura 4).

La colocación de una jaba impermeabilizada debajo de la otra se realizó con la finalidad de coleccionar el agua filtrada a través de los 2 cm de sustrato para ver el volumen y la C.E. (dS/m) que ésta tenía al inicio del riego, durante y al final del experimento.

La impermeabilización de la primera jaba se hizo con la finalidad de que el tepe se forme, ya que, si no tenía una cobertura plástica por todos los laterales y la base, las raíces saldrían de la jaba y no se daría una correcta formación del tepe.

### Llenado del compost en las bandejas

Una vez impermeabilizadas las bandejas, se procedió a llenarlas con compost a una altura de 2 cm. siendo esta 4 L de sustrato por unidad experimental.

### Instalación de las bandejas en campo

Las bandejas impermeabilizadas con el sustrato, fueron colocadas en campo a 0.5m entre tratamiento y a 1m entre repetición, haciendo un total de 18 unidades experimentales (Figura 3).



**Figura 3.** Instalación de unidades experimentales en campo

A los 34 días después de la siembra del *P. vaginatum*, se le empezó a irrigar con los tratamientos establecidos, para lo cual se colocaron las bandejas destinadas a coleccionar el agua lixiviada (Figura 4).



**Figura 4.** Colocación de una segunda bandeja impermeabilizada

### 3.4.6 Fases de la siembra del césped

#### Propagación de *P. vaginatum*

Una vez obtenido los m<sup>2</sup> del *Paspalum vaginatum*, se procedió a dividirlos en bloques de 5 cm<sup>2</sup> (champitas), un menor tamaño no era conveniente pues se perdía el sustrato original, haciendo que la champa se desmorone y la siembra no fuera uniforme.



**Figura 5.** Corte del *Paspalum vaginatum* en “champitas”

### Siembra de *Paspalum vaginatum*

Antes de la siembra se procedió a colocar las champitas de paspalum en una solución de Agrostemin (bioestimulante) a 4ml/L. para tener un mejor desarrollo de la planta, este es un promotor biológico fitohormonal de auxinas, giberelinas y citoquininas, que también actúa como un anti estresante. (Química Suiza Industrial Del Perú S.A.).

Luego se procedió a sembrar 15 “champitas” por bandeja distribuidos uniformemente para después regarlo por aspersión con 5 L de agua por bandeja (Figura 6).



**Figura 6.** Siembra y distribución de “champitas” de *P. vaginatum*

### **3.4.7 Mantenimiento del *Paspalum vaginatum***

#### Riego

Los riegos en el experimento se distribuyeron en dos etapas:

La primera etapa fue hasta el día 32 (DDS) se irrigó solo con agua potable, siendo un total de 14 riegos con diferentes volúmenes (Cuadro 6)

La segunda etapa a partir del día 34 (DDS) se irrigó con los tratamientos establecidos (mezclas de agua potable y agua de mar), realizando un total de 14 riegos con diferentes volúmenes de agua (Cuadro 6)

**Cuadro 6. Distribución de riegos**

N° DE RIEGOS	DIAS DESPUÉS DE SIEMBRA (DDS)	FUENTE	CANTIDAD (L/Bandeja)	TOTAL (L/Experimento)
1	0	Agua potable	4	72
2	2	Agua potable	2	36
3	5	Agua potable	1	18
4	7	Agua potable	2.5	45
5	9	Agua potable	0.5	9
6	12	Agua potable	2	36
7	14	Agua potable	1	18
8	16	Agua potable	1	18
9	18	Agua potable	2	36
10	20	Agua potable	2	36
11	23	Agua potable	2	36
12	26	Agua potable	3	54
13	29	Agua potable	2	36
14	32	Agua potable	2	36
	Días después del primer riego con los tratamientos (DDPRT)			
15	1	Mezcla de agua	2	36
16	5	Mezcla de agua	2	36
17	10	Mezcla de agua	2	36
18	14	Mezcla de agua	1	18
19	20	Mezcla de agua	1	18
20	25	Mezcla de agua	2	36
21	28	Mezcla de agua	2	36
22	34	Mezcla de agua	2	36
23	39	Mezcla de agua	3	54
24	45	Mezcla de agua	2	36
25	48	Mezcla de agua	2	36
26	56	Mezcla de agua	2	36
27	62	Mezcla de agua	2	36
28	70	Mezcla de agua	2	36

Fuente: Elaboración propia.

### Fertilización foliar

La programación de la fertilización foliar se inició solo cuando se comenzó a regar con los diferentes tipos de agua utilizados en el experimento. Las dosis y tipo de producto utilizado se describen en el Cuadro 7.

“Esta programación se hizo con el fin de ayudar nutricionalmente a la planta y tener un desarrollo homogéneo en todas las unidades experimentales”.

**Cuadro 7. Programación de la fertilización foliar en la etapa de prendimiento de *P. vaginatum***

<b>Producto</b>	<b>Dosis</b>	<b>Primera aplicación foliar</b>	<b>Segunda aplicación foliar</b>
Coron: (25% N + 0.5% B)	4ml/l	5 dds	15 dds**
Horticrop	3ml/l	2 dds	

\*\* dds: días después de siembra.

### Corte

El primer corte del césped se realizó a los 25 días después de sembrado, cuando se obtuvo un 70% de cobertura foliar. Todos los tratamientos fueron regados con agua potable hasta alcanzar un promedio de altura de césped de 5.2 cm, lo cual indicaba el desarrollo de un nuevo sistema radicular y estaba listo para iniciar los tratamientos establecidos.

### Frecuencia de corte

El número de cortes durante el ciclo del cultivo fueron tres, con la finalidad de promover el desarrollo lateral de la planta. El primer corte fue a los 25 días, el segundo a los 60 días y el tercero a los 107 días.

La poda en *Paspalum* generalmente se realiza cada 50 ó 60 días, debido a que se utiliza máquina motorizado de cortar césped y por lo tanto se le deja crecer por más tiempo al césped en un área donde es más maniobrable para tal trabajo.

En este trabajo la primera poda se realizó antes de empezar a irrigar con los tratamientos establecidos, la segunda poda se realizó para promover el desarrollo lateral del césped y la última poda se realizó porque el tepe ya estaba formado foliar y radicularmente.

### **3.5 CARACTERÍSTICAS EVALUADAS**

#### **3.5.1 Características de la calidad del agua de riego**

Se enviaron muestras de las tres fuentes de agua (agua potable, agua de mar y agua de pozo de la UNALM), así como de sus respectivas mezclas (75% de agua salina y 25% de agua salina; 50% de agua salina y 50% de agua dulce; y 25% de agua salina y 75% de agua dulce) al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

Según Martin, *et al.*; (2002), el análisis de agua para riego se utiliza básicamente con dos propósitos: el primero es determinar la calidad de esta para su empleo en irrigación así como la tolerancia de los cultivos y el segundo es establecer el grado de calidad para el uso con los fertilizantes.

Una vez obtenido los resultados se procedió a analizar la calidad y las propiedades químicas de la mezcla de agua que utilizada en el trabajo de investigación.

#### **3.5.2 Análisis fisicoquímico del sustrato**

Se enviaron muestras del sustrato de cada tratamiento al Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para su análisis físico y químico.

En la caracterización física, se analizó el contenido de Humedad (%Hd). En la caracterización química se analizó la salinidad (C.E. dS/m), el pH y la capacidad de intercambio catiónico (CIC meq/100g).

### **3.5.3 Características evaluadas en el césped**

#### Altura de planta antes del corte (cm)

Esto se realizó juntando las hojas y se procedió a medir con la ayuda de una regla, desde el cuello de planta hasta el ápice de la hoja más larga.

#### Porcentaje de cobertura del follaje

Con la ayuda de un cuadrado de 25 cuadrículas de 2x2cm cada una, se procedió a colocar al azar sobre el césped en estudio, y luego se cuantificó cada cuadrícula dando valores de menor a mayor cobertura, desde 0 (sin cobertura la cuadrícula de 2x2cm) hasta 1 (completamente cubierto la cuadrícula de 2x2cm). Se dieron valores de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4,..., 1. La suma de los 25 cuadrados con valores de (1) representaba el 100% de cobertura, de allí se sacó los porcentajes de cobertura de cada unidad experimental.

#### Peso fresco de follaje (g)

Se realizó luego del corte, esto consistió en pesar los restos de follaje podado.

#### Peso fresco de raíces (g)

Consistió en pesar las raíces visibles durante la evaluación final. Para ello se seleccionó de cada tratamiento un bloque representativo de “champita” y se procedió a cortar las raíces principales y secundarias al ras del cuello de planta.

#### Diámetro de raíces (cm)

Se cogieron al azar 5 raíces principales de cada unidad experimental, y con la ayuda de un vernier se procedió a medir el diámetro.

#### Longitud de raíces (cm)

Se procedió a extender un grupo de raíces de cada unidad experimental y luego tomamos 5 raíces al azar y procedimos a medir la longitud.

### Numero de raíces primarias

Se extrajo una porción de Paspalum, luego se procedió a estirar todas las raíces para contabilizar solo las raíces principales.

### Calidad visual del follaje

La valoración de la calidad visual fue tomada al final de los 107 días de producción y se evaluó con una escala de 0 a 10, 0 = marrón, césped muerto, 5 = césped mínimo aceptable, 10 = ideales, césped sano verde

### Intensidad de color del follaje

Se utilizó la tabla de colores de Munsell, la cual contiene códigos específicos para la determinación de las diferentes tonalidades de verde. Se procedió a comparar las diferentes tonalidades de verde de las hojas, por lo que se elaboró una escala comparativa de tonos verdes. Se basó en una escala de calificación visual, siendo 10= verde claro, 05 = verde oscuro y 01 = marrón o anaranjado oscuro. Modificado de (Montoya *et al.*, 2011)

### Calidad visual de raíces

La valoración de la calidad visual de raíces, fue tomada finalizado el trabajo experimental la cual se evaluó en una escala de 0 a 10; 0 = marrón o raíz quemada, 5 = raíz amarillo oscuro y 10 = raíz amarillo claro.

### Intensidad de color de las raíces

Se utilizó la tabla de colores de Munsell, la cual contiene códigos específicos para la determinación de las diferentes tonalidades de amarillo. Se basó en una escala de calificación visual, siendo 06 = amarillo claro y 01 = amarillo oscuro

### Porcentaje de enrollamiento de los tepes

Consistió en enrollar los tepes formados para determinar el grado de flexibilidad; para ello se creó una escala comparativa de 0% a 100% siendo 0%=no se puede enrollar, desmoronamiento total de la alfombra; 50% = puede enrollarse, pero con ligero desmoronamiento; 100% = puede enrollarse sin ningún problema.

### **3.5.4 Características evaluadas en el agua lixiviada**

#### Volumen del agua lixiviada

El agua filtrada se recolectó en una jarra con medidas volumétricas después de 12 horas de efectuado el riego con los tratamientos. Este procedimiento se realizó cada 20 días colocando una jaba impermeabilizada debajo de cada unidad experimental.

#### Conductividad eléctrica del agua lixiviada

El agua colectada durante el experimento se envió al Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para la medición de la C.E (dS/m) de cada tratamiento.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 4.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS UTILIZADAS

#### 4.1.1 pH

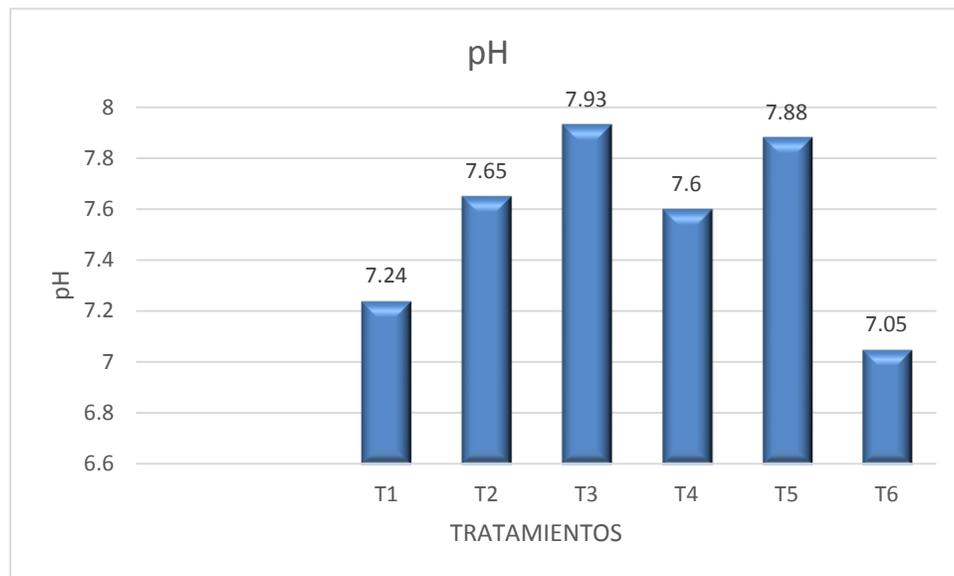
El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número de iones hidrógeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala 7, la sustancia es neutra. Los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica. Cuando una sustancia es neutra el número de los átomos de hidrógeno y de oxhidrilos son iguales. Cuando el número de átomos de hidrógeno ( $H^+$ ) excede el número de átomos del oxhidrilo ( $OH^-$ ), la sustancia es ácida.

Según Afanador (2007), el término pH es una forma de expresar la concentración de ión hidrógeno o, más exactamente, la actividad del ión hidrógeno. En general se usa para expresar la intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución, sin que esto quiera decir que mida la acidez total o la alcalinidad total.

La medición del pH es una de las actividades más importantes y de mayor frecuencia en las pruebas químicas del agua. El rango de pH para aguas naturales oscila entre 4 y 9 y la mayoría son ligeramente básicas debido a la presencia de bicarbonatos y carbonatos de metales alcalinos y alcalinotérreos. El pH del agua pura a 25°C es de 7, neutro (Vives, 2003).

Los resultados del laboratorio fueron lo siguiente: el pH del agua 100% agua de mar (7.65), 100% dulce (7.24) y 50% agua de mar y 50% de agua dulce (7.60), se le clasificó como ligeramente alcalino, el pH del agua de pozo de la UNALM (7.05) como neutro y por último el pH de las mezclas de agua 75% de agua de mar con 25% de agua dulce (7.93) y 75% de agua dulce con 25% de agua de mar (7.88), se les clasificó como moderadamente alcalinos.

Normalmente las aguas de riego tienen un pH comprendido entre 6.5 y 8.4 los valores fuera de ese rango indican desequilibrios que pueden ocasionar deficiencias nutricionales o efectos tóxicos. Con pH bajos pueden presentar deficiencias y los pH mayores a 8.4 indican altos riesgos de sodicidad. (Medina *et al.*, 2016).



**Figura 7.** Variación del pH de las aguas de riego

**Cuadro 8. Características de la calidad de las aguas de riego**

Características	Unidad de Medida	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	Valores Normales
pH	-	7.24	7.65	7.93	7.60	7.88	7.05	
C.E.	dS/m	0.72	35.30	30.10	23.40	13.30	3.22	0 – 2.25
Calcio	meq/l	5.55	31.50	20.00	18.50	15.50	13.05	0 – 20.00
Magnesio	meq/l	0.89	107.50	70.83	55.00	18.33	5.17	0 – 5.00
Potasio	meq/l	0.08	11.05	8.00	5.85	2.49	0.34	0 – 06
Sodio	meq/l	0.85	382.61	386.96	304.35	143.48	15.39	0 – 40.00
SUMA DE CATIONES	meq/l	7.37	532.66	485.79	383.70	179.80	33.95	
Nitratos	meq/l	0.06	0.01	0.01	0.02	0.04	0.31	0 – 0.16
Carbonatos	meq/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 – 0.10
Bicarbonatos	meq/l	3.31	3.36	3.54	3.39	3.36	2.87	0 – 10.0
Sulfatos	meq/l	2.34	52.08	44.27	32.55	18.13	11.98	0 – 20.0
Cloruros	meq/l	1.50	477.00	438.00	348.00	158.00	18.50	0 – 4.0
SUMA DE ANIONES	meq/l	7.21	532.45	485.82	383.96	179.53	33.66	
Sodio	%	11.5	71.83	79.66	79.32	79.80	45.34	-
RAS		0.47	45.89	57.42	50.20	34.88	5.10	0 – 18.0
Boro	Ppm	0.29	3.08	3.16	2.64	1.41	1.17	0 – 2.0
Clasificación		C2-S1	F.C.	F.C.	F.C.	F.C.	C4 - S2	C2-S1

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía - UNALM (2015).  
www.iagua.es CSR, (2000)

Como se ve en la Figura 7, Los tratamientos T<sub>2</sub> (100% agua de mar), T<sub>3</sub> (75% agua de mar y 25% agua dulce), T<sub>4</sub> (50% agua de mar y 50% agua dulce) y T<sub>5</sub> (25% agua de mar y 75% agua dulce) mostraron un pH elevado con respecto a los tratamientos T<sub>1</sub> (100% agua dulce) y T<sub>6</sub> (agua de pozo de la UNALM).

Cifuentes (1997), menciona que el agua de mar es ligeramente alcalina, y el valor de su pH está entre 7.5 y 8.4; es por ello que se ve que los tratamientos que se mezclaron con agua de mar (T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, y T<sub>5</sub>), mostraron un pH elevado a comparación de los tratamientos que no se mezclaron con agua de mar (T<sub>1</sub> y T<sub>6</sub>).

#### **4.1.2 Conductividad eléctrica (C.E dS/m)**

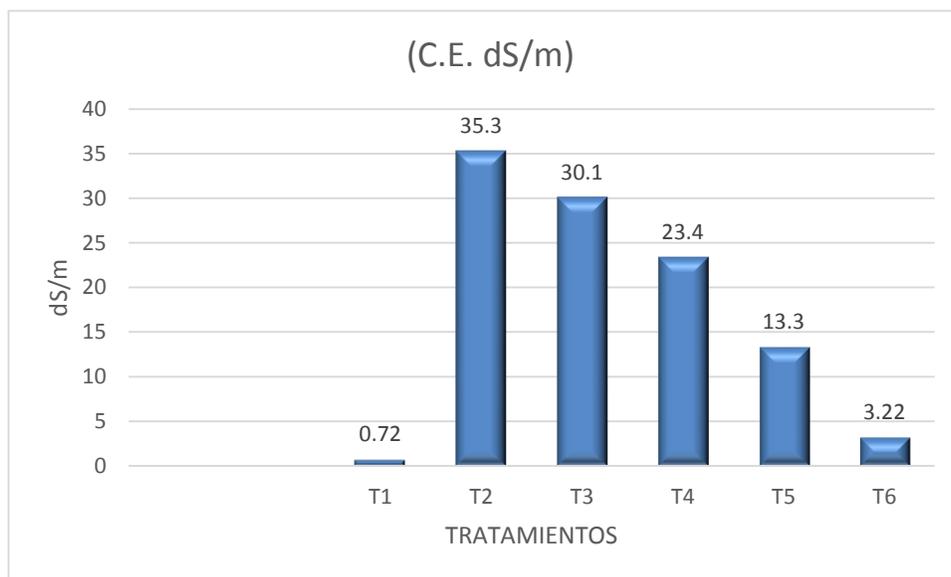
La conductividad eléctrica mide el grado de salinidad del agua. Todas las aguas de riego contienen sales disueltas, cuyo tipo y cantidad depende de su origen y del curso que hayan seguido antes de su utilización. Los principales solutos presentes en el agua son los cationes Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> y K<sup>+</sup> y los aniones Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. También pueden encontrarse otros componentes como B, Sr, Li, SiO<sub>2</sub>, F, Mo, Mn, Ba y Al (Tanji, 1990).

Los criterios más importantes que definen la calidad de agua para riego y su asociación con el peligro potencial para los cultivos son: la salinidad, la sodicidad y la toxicidad. La salinidad determina los efectos de las sales en el crecimiento de los cultivos que son en su mayoría osmóticos y están relacionados a la concentración total de sales. La sodicidad está relacionada a la excesiva cantidad de sodio intercambiable en el suelo lo cual produce un deterioro de la permeabilidad y de la estructura del suelo, mientras que la toxicidad hace referencia a que algunos solutos tienen efecto tóxico directo sobre los cultivos (Tanji, 1990).

La CE dS/m se clasifica de acuerdo a su nivel de salinidad en: < 0.25 es bajo, entre 0.25 – 0.75 es medio, entre 0.75 – 2.25 es alto y > a 2.25 muy alto.

Los resultados obtenidos en laboratorio (Cuadro 8) muestran que la conductividad eléctrica de las aguas 100 % agua de mar (35.30 dS/m), 75 % agua de mar + 25 % de agua dulce (30.10 dS/m), 50 % agua de mar + 50 % de agua dulce (23.40 dS/m), 25 % agua de mar + 75 % de agua dulce (13.30 dS/m) y agua de pozo de la UNALM (3.22 dS/m), se clasificó como muy salina, debido a que están por encima de 2.25 dS/m, generalmente no aceptable para riego,

excepto para plantas muy tolerantes a sales, para ello se requiere excelente drenaje y lixiviación. En cambio, la conductividad eléctrica del agua 100% dulce (0.72 dS/m) se le clasificó como un agua de salinidad media, donde plantas sensibles pueden mostrar estrés a sales, pero una moderada lixiviación puede prevenir la acumulación de sales en el sustrato.



**Figura 8.** Variación de la conductividad eléctrica de las aguas

Según Montoya *et al.* (2011), el agua salina de mar tiene una conductividad eléctrica que ronda los 54 dS/m, esto varía de acuerdo a las condiciones de donde se colecta el agua de mar. En este caso la conductividad eléctrica del agua de mar colectada en la playa La Herradura, distrito de Chorrillos, fue de 35.3 dS/m.

Salamanca y Schneider (2013), mencionan que, en el mar a una distancia de unos 100 metros de la costa, y por debajo de los 200 metros en su extremo más oceánico, se tiene una conductividad eléctrica del agua que oscila entre 54.2 y 53.4 dS/m.

La distribución de la salinidad en superficie está más bien condicionada por factores climáticos y continentales tales como pluviosidad, evaporación y aporte de aguas dulces continentales. Es por ello que en el lugar donde colectamos el agua de mar la conductividad eléctrica fue menor (35.3 dS/m) con respecto a lo que menciona Montoya *et al.*, (2011).

Como se ve en la Figura 8, las mezclas de agua salina con proporciones altas de agua dulce (T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub>), va disminuyendo la conductividad eléctrica y a la vez van teniendo una mejor calidad para el riego de plantas tolerantes como el *P. vaginatum*.

#### 4.1.3 Cantidad total de sales disueltas (TDS mg/L)

La TDS mg/L es la medida del contenido de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas del agua en forma suspendida molecular, ionizada o micro granulada (Arain *et al.*, 2014, citado por Valles *et al.*, 2016). Altas concentraciones de TDS, muestran la presencia de sales inorgánicas, principalmente Ca, Mg, K, Na, bicarbonatos, sulfatos y cloruros (Páez *et al.*, 2013, citado por Valles *et al.*, 2016).

La TDS mg/L se puede clasificar en: < 160 como bajo, de 160 – 500 como medio, de 500 - 1500 como alto y > a 1500 como muy alto.

Se puede determinar mediante la siguiente fórmula, que nos da un valor aproximado:

- TDS mg/l = CE (dS/m) a 25 °C x 640 para aguas de conductividad ≤ 5 dS/m.
- TDS mg/l = CE (dS/m) a 25 °C x 800 para aguas de conductividad > 5 dS/m.

**Cuadro 9. Resultado de la cantidad de sales disueltas**

TRATAMIENTOS	TDS mg/L	TDS (kg /27 l /bandeja)
T <sub>1</sub> - 100% agua dulce	460.80	0.01
T <sub>2</sub> - 100% agua de mar	28240.00	0.76
T <sub>3</sub> – 75% agua de mar y 25% agua dulce	24080.00	0.65
T <sub>4</sub> – 50% agua de mar y 50% agua dulce	18720.00	0.51
T <sub>5</sub> – 25% agua de mar y 75% agua dulce	10640.00	0.29
T <sub>6</sub> – agua de pozo de la UNALM	2060.80	0.06

\* Cada unidad experimental se regó con un total de 27 litros de agua.

La diferencia entre la TDS y la CE, es que TDS o total de sales disueltas es una medida de la concentración total de iones en solución. La conductividad eléctrica es realmente una medida de la actividad iónica de una solución en términos de su capacidad para transmitir corriente.

El valor de la conductividad eléctrica es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por lo tanto, cuanto mayor sea dicha concentración (TDS mg/L), mayor será la conductividad eléctrica (CE dS/m) (Panachlor, 2018).

Los resultados muestran que la TDS del tratamiento T<sub>1</sub> fue igual a 460.8 mg/L y se le clasifica como peligro de salinidad media por encontrarse en el rango de 160 y 500 mg/L, acumulando 0.01 kg de sal por bandeja durante el tiempo que duró el presente trabajo. La TDS mg/L de los demás tratamientos (T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> y T<sub>6</sub>) superan los 1500 mg/L, clasificando el peligro de salinidad como muy alto. La mayor acumulación de sales por bandeja (Kg/bandeja) se presentó en el tratamiento T<sub>2</sub> esto ocurrió por ser 100% el agua salina y a medida que el valor de la TDS disminuye, la acumulación de sales por bandeja también disminuyó.

#### 4.1.4 Relación de adsorción de sodio (RAS)

La calidad del agua de riego se puede evaluar mediante el uso de dos parámetros: la salinidad y el contenido de sodio. Con estos parámetros se pretende predecir el efecto que ésta puede tener sobre suelos y plantas. Para la evaluación de la salinidad se utiliza la conductividad eléctrica (C.E. dS/m)) medida a 25 °C mientras que la proporción de sodio se analiza mediante la relación de adsorción de sodio (RAS). (Méndez y Gonzales, 2009).

La RAS se expresa por la siguiente ecuación:  $RAS = Na / (Ca^{+2} + Mg^{+2})^{1/2}$

Donde: Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> y Mg<sup>+2</sup> son las concentraciones de los iones sodio, calcio y magnesio respectivamente, expresados en meq/L. (Tartabull y Betancourt, 2016).

**Cuadro 10. Resultado de la relación de adsorción de Sodio**

TRATAMIENTOS	RAS
T <sub>1</sub> - 100% agua dulce	0.47
T <sub>2</sub> - 100% agua de mar	45.89
T <sub>3</sub> - 75% agua de mar y 25% agua dulce	57.42
T <sub>4</sub> - 50% agua de mar y 50% agua dulce	50.20
T <sub>5</sub> - 25% agua de mar y 75% agua dulce	34.89
T <sub>6</sub> - agua de pozo de la UNALM	5.10

Estas pueden clasificarse de la siguiente manera:  $RAS < 10$  se le clasifica como bajo peligro de sodio, entre  $10 - 18$  medianamente peligroso, entre  $18 - 26$  alto peligro de sodio y  $> 26$  se le clasifica como muy alto peligro de sodio. (Richards, 1954).

Los tratamientos ( $T_1$  y  $T_6$ ), muestran un peligro de sodio muy bajo ( $< 10$ ) por lo cual esta agua puede utilizarse para riego de casi todos los suelos, sin peligro de destrucción de la estructura. En cambio los tratamientos ( $T_2, T_3, T_4$  y  $T_5$ ), muestran un nivel de peligro de sodio mu alto ( $> 26$ ), generalmente no recomendable para el riego excepto en suelos de muy bajo contenido de sales, realizando buenas prácticas de manejo.

#### 4.1.5 Carbonato de sodio residual (CSR meq/L)

Richards (1990), recomienda evaluar la concentración de bicarbonatos en relación con la concentración de calcio más magnesio. En aguas con altas concentraciones de iones bicarbonato, existe la tendencia a que el calcio y el magnesio se precipiten en forma de carbonatos a medida que la solución del suelo se vuelve más concentrada. Eaton (1950) usa el término carbonato de sodio residual (CSR) al referirse a esta reacción. Este índice se calcula con la siguiente fórmula, donde todos los constituyentes iónicos se expresan en meq/L.

$$\text{Carbonato de sodio residual (CSR meq/L)} = (\text{CO}_3^{-2} + \text{HCO}_3^{-}) - (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$$

Un agua con valor  $< 1.25$  se clasifica como de buena calidad para uso agrícola, entre  $1.25$  y  $2.5$  como condicionada y  $> 2.5$  como no recomendable (Nishanthiny *et al.*, 2010). Cuando la diferencia es negativa no existe el problema y el valor de CSR puede suponerse igual a cero. Cuando el valor es positivo indica que Ca y Mg precipitan como carbonatos, existiendo sólo sales de sodio en la solución.

**Cuadro 11. Resultados de carbonato de sodio residual**

TRATAMIENTOS	RSC (meq/L)
$T_1$ - 100% agua dulce	-3.13
$T_2$ - 100% agua de mar	-135.64
$T_3$ - 75% agua de mar y 25% agua dulce	-87.29
$T_4$ - 50% agua de mar y 50% agua dulce	-70.11
$T_5$ - 25% agua de mar y 75% agua dulce	-30.47
$T_6$ - agua de pozo de la UNALM	-15.35

Todos los tratamientos resultaron tener un resultado de carbonato de sodio residual negativo, la cual el Ca y el Mg del agua no participaran como carbonatos, ellos se mantienen activos para prevenir la acumulación de sodio ( $\text{Na}^+$ ) en los sitios de cambio de la capacidad de intercambio catiónico. Esto se debe a que en todos los tratamientos la cantidad de carbonatos es cero y la de bicarbonatos son muy bajos ( $<10$  meq/L).

Según Castellón *et al.*, (2014), un alto valor del carbonato de sodio residual traería problemas de sodio en el suelo, esto ocurre una vez que reaccionen los cationes de calcio y magnesio con los aniones de carbonatos y bicarbonatos.

#### **4.1.6 Dureza de las aguas (mg/L)**

Es la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, principalmente iones divalentes de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) disueltos en ella. El agua denominada comúnmente como “dura” tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua “blanda” las contiene en muy poca cantidad.

Ruiz (2017), menciona que los grados hidrométricos franceses ( $^{\circ}\text{fH}$ ) es la unidad de medida de la dureza que habitualmente se utiliza más y el cálculo de este parámetro responde a la siguiente fórmula:

$$\text{mg/L Ca} \times 2.5 + \text{mg/L Mg} \times 4.2) / 10.$$

Las medidas de dureza o grado hidrotimétrico del agua son:

mg  $\text{CaCO}_3$ /L o ppm de  $\text{CaCO}_3$  (miligramos de carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ) en un litro de agua. Esto es equivalente a ppm de  $\text{CaCO}_3$ ).

Otras unidades de medida de la dureza del agua:

- Grado Alemán (Deutsche Härte,  $^{\circ}\text{dH}$ )  
Equivale a 17.8 mg  $\text{CaCO}_3$ /L de agua.
- Grado Americano  
Equivale a 17,2 mg  $\text{CaCO}_3$ /L de agua.
- Grado Francés ( $^{\circ}\text{fH}$ )

Equivale a 10,0 mg CaCO<sub>3</sub>/L de agua.

- Grado Inglés (°eH) o grado Clark

Equivale a 14,3 mg CaCO<sub>3</sub>/L de agua.

En donde grados hidrométricos franceses < 7 se clasifica como muy blanda, entre 7 – 14 es blanda, entre 14 – 22 es semiblanda, entre 22 – 32 es semidura, entre 32 – 54 es dura y > a 54 es muy dura.

Podemos clasificar a los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>6</sub> como aguas muy blandas (< 7 mg/L) por su baja concentración de calcio y magnesio. El tratamiento T<sub>5</sub> es un agua blanda (7 – 14 mg/L), el tratamiento T<sub>4</sub> se clasifica como un agua semiblanda y los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> son aguas semiduras las cuales tiene alto contenido de iones de calcio y magnesio.

**Cuadro 12. Dureza del agua**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>DUREZA (mg/L)</b>
T <sub>1</sub> - 100% agua dulce	1.76
T <sub>2</sub> - 100% agua de mar	53.03
T <sub>3</sub> – 75% agua de mar y 25% agua dulce	34.74
T <sub>4</sub> – 50% agua de mar y 50% agua dulce	27.73
T <sub>5</sub> – 25% agua de mar y 75% agua dulce	11.57
T <sub>6</sub> – agua de pozo de la UNALM	5.43

Ruiz (2017), menciona que aguas con mucho calcio compensan las acciones negativas del sodio, por lo que al momento de rescatar suelos sódicos se recomienda el empleo de aguas duras para compensar el efecto negativo del catión sodio (Na<sup>+</sup>). Esta versión se comprueba para el tratamiento T<sub>3</sub>, ya que más adelante al analizar el efecto del riego con un agua semidura sobre el sustrato, se pudo compensar el efecto negativo del catión sodio.

Una mayor dureza del agua, implica un elevado riesgo de precipitaciones y taponamientos del sistema de riego. Pero también en agua dura, asegura que el pH del agua no varíe de forma brusca. Ruiz, (2017)

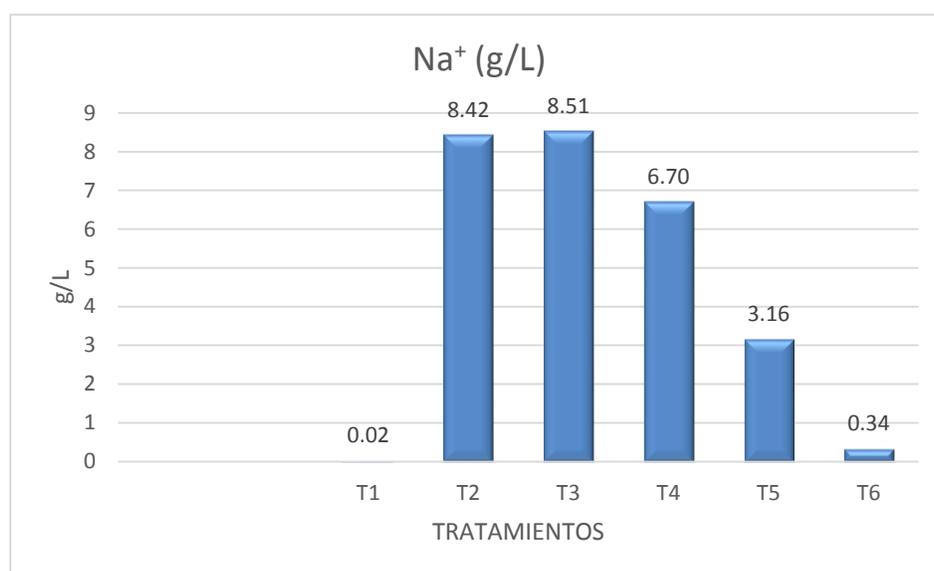
#### **4.1.7 Toxicidad por iones específicos**

Un problema de toxicidad difiere de uno de salinidad debido a que su efecto ocurre dentro de la planta y no es consecuencia de un déficit hídrico. En este sentido, las plantas absorben

los iones y los acumulan en sus tejidos; cuando esta acumulación excede ciertos niveles se presenta un daño y la magnitud dependerá de la concentración, el tiempo, la sensibilidad del cultivo y el uso del agua por parte de la planta. El daño puede ser ocasionado por un ión o por la combinación con otros. Los iones más comunes en el agua son el sodio, cloruros y boro. (Intagri, 2018).

#### 4.1.7.1 Sodio ( $\text{Na}^+$ g/L)

El  $\text{Na}^+$  en altas concentraciones en agua de riego genera una peligrosidad sódica dada por un aumento de este elemento en las posiciones de intercambio de las arcillas destruyendo la estructura del suelo, debido a la dispersión de las mismas (Douchafour, 1984). Como resultado, el suelo se vuelve relativamente impermeable y puede llegar a ser muy difícil su cultivo.



**Figura 9.** Variación del contenido de sodio en las aguas de riego

La CE y el  $\text{Na}^+$  son dos parámetros fundamentales que definen la aptitud del agua para riego. El alto contenido de sales en el agua de irrigación genera un aumento de la presión osmótica en la solución del suelo, disminuyendo la adsorción de agua por parte de las plantas. Las sales, además de afectar directamente el crecimiento de las plantas, afecta la estructura del

suelo, su permeabilidad y estructura, afectando indirectamente el crecimiento de la planta (Douchafour, 1984).

El grado de toxicidad se puede clasificar de la siguiente manera en g/L: < 0.25 bajo nivel de riesgo, entre 0.25 – 0.6 nivel medio de riesgo y > 0.6, alto nivel de riesgo. (Intagri, 2018).

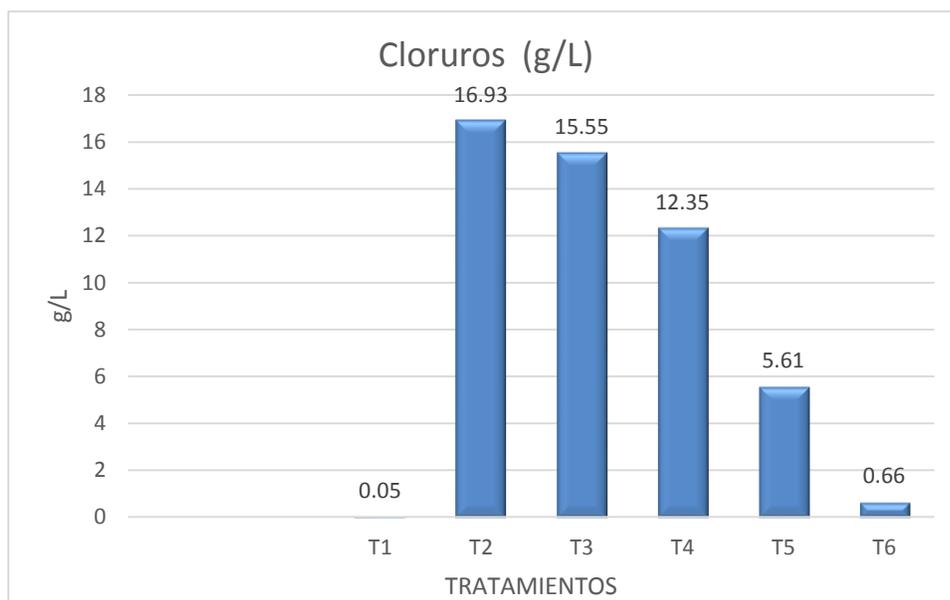
Según los resultados obtenidos, los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>6</sub> obtuvieron bajos niveles de riesgo (< 0.25 g/l), estas son las aguas sin mezcla alguna con agua de mar. Por lo tanto, no hay problema de toxicidad por el sodio. Los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub> que fueron las mezclas de agua dulce y salina en diferentes proporciones se clasificaron como un nivel de alto riesgo por toxicidad de sodio, esto se debe a que el agua 100% salina (T<sub>2</sub>) contiene la mayor cantidad de sodio (8.42 g/L) y al ser mezclarlas con agua dulce que tiene muy bajo contenido de sodio(0.02 g/L), comienza a bajar el peligro por toxicidad dependiendo de la cantidad de agua dulce utilizada en la mezcla.

La toxicidad por sodio en los céspedes trae problemas de quemadura de las hojas ya que las raíces de las plantas absorben el sodio y lo transportan a las hojas, donde puede acumularse y causar lesiones. Los síntomas, normalmente, hay que buscarlos en la hoja adulta ya que es donde se da el tiempo suficiente para que se acumule hasta niveles tóxicos. La toxicidad de sodio suele ser de mayor preocupación en plantas distintas a los céspedes, principalmente porque el sodio acumulado es eliminado cada vez que se corta el césped (Harivandi, 2011).

#### **4.1.7.2 Cloruros (Cl<sup>-</sup> g/L)**

El ion cloruro es un importante productor de fitotoxicidades, debido a sus características que hacen que sea muy móvil tanto en el suelo como en la planta. Produce importantes reducciones del crecimiento, antagoniza la absorción de nitratos y, a partir de determinadas concentraciones se manifiestan síntomas en las plantas como necrosis apicales de las hojas. También se produce un efecto de disminución de fotosíntesis, pues las raíces en presencia de concentraciones elevadas de cloruros producen ácido abscísico (ABA), hormona que es responsable del cierre estomático al ser transportada a las hojas.

El grado de toxicidad se puede clasificar de la siguiente manera en g/L: < 0.30 ningún riesgo, entre 0.30 – 0.70, leve a moderado riesgo y > a 0.70 presenta un riesgo severo (Intagri, 2018).



**Figura 10.** Variación del contenido de cloruros en las aguas de riego

Los resultados obtenidos mostraron lo siguiente: el tratamiento T<sub>1</sub> (0.05 g/L) no manifiesta ningún riesgo de toxicidad por cloruros (< 0.3 g/L), el tratamiento T<sub>6</sub> (0.66 g/L) presenta un riesgo de toxicidad moderado por encontrarse entre 0.30 y 0.70 g/L.

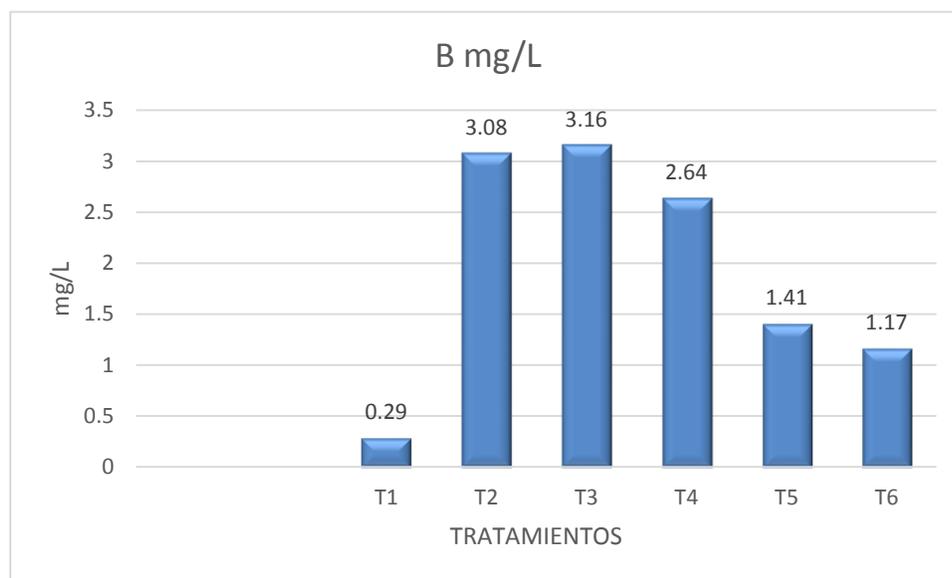
Los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub>; se clasifican como alto riesgo de toxicidad por cloruros (> 0.70 g/L), los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, y T<sub>4</sub> a comparación del T<sub>5</sub>, son los que mayores riesgos de toxicidad tienen, esto sucede porque estas mezclas de agua contienen de 100% de agua salina (T<sub>2</sub> agua de mar) hasta 50 % de agua salina (T<sub>4</sub>). En cambio, el T<sub>5</sub> es la mezcla de agua en la cual se utiliza mayor volumen de agua dulce (75% de agua dulce) y contiene 0.05 g/l de cloruros.

La toxicidad de cloruros (CI) en los céspedes puede traer problemas de quemaduras en el margen de la hoja en casos menores y una muerte total de las hojas y abscisión en situaciones

graves, el cloruro además de contribuir al contenido total de sales solubles del agua de riego, es un ion que puede ser directamente tóxico para las plantas. (Harivandi, 2011).

#### 4.1.7.3 Boro (B mg/L)

El boro es un micronutriente requerido por las plantas y el rango entre la deficiencia y toxicidad es reducido. El contenido de boro en el agua de riego se expresa en mg/L y se han clasificado como: < 0.67 excelente, 0.67 - 1.33 buena, 1.33 - 2.00 aceptable, 2.00 - 2.50 insegura, > 2.50 no recomendable. (Can, 2014).



**Figura 11.** Variación del contenido boro en las aguas de riego

Los resultados obtenidos muestran que el tratamiento T<sub>1</sub> (0.29 mg/L) tiene excelente clasificación a la toxicidad por boro (< 0.67 mg/L), el tratamiento T<sub>6</sub> (1.17 mg/L) tiene una buena clasificación a la toxicidad por este elemento (0.67 – 1.33 mg/L), el tratamiento T<sub>5</sub> (1.41 mg/L) tiene una aceptable clasificación a la toxicidad (2.00 – 2.50 mg/L), en cambio los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> (3.08, 3.16 y 2.64 mg/L respectivamente) tiene una clasificación no recomendable. Estos últimos tres tratamientos contienen una alta salinidad y contenido de boro.

La toxicidad de boro (B) en los céspedes puede traer problemas de reducción de la división celular en las raíces, por lo que se reduce el crecimiento radicular y la brotación, también se reduce el contenido de clorofila en hoja por lo que se inhibe la capacidad fotosintética. Los

síntomas generales de la toxicidad por boro se aprecian en un amarillamiento de las hojas adultas, con necrosis apical que evoluciona hacia los márgenes de la hoja. Los céspedes como el *Paspalum* son más tolerantes al boro que cualquier otra planta. (Harivandi, 2011).

## 4.2 CARACTERÍSTICAS DEL COMPOST IRRIGADO

### 4.2.1 Propiedades Físico - Químicas del Compost

Los resultados físicoquímicos del compost usado como sustrato se muestran en el Cuadro 13. Estas muestras se tomaron una vez finalizado el trabajo de investigación.

**Cuadro 13. Características físico – químicas del compost regado con agua pura y mezclas de agua dulce y salina**

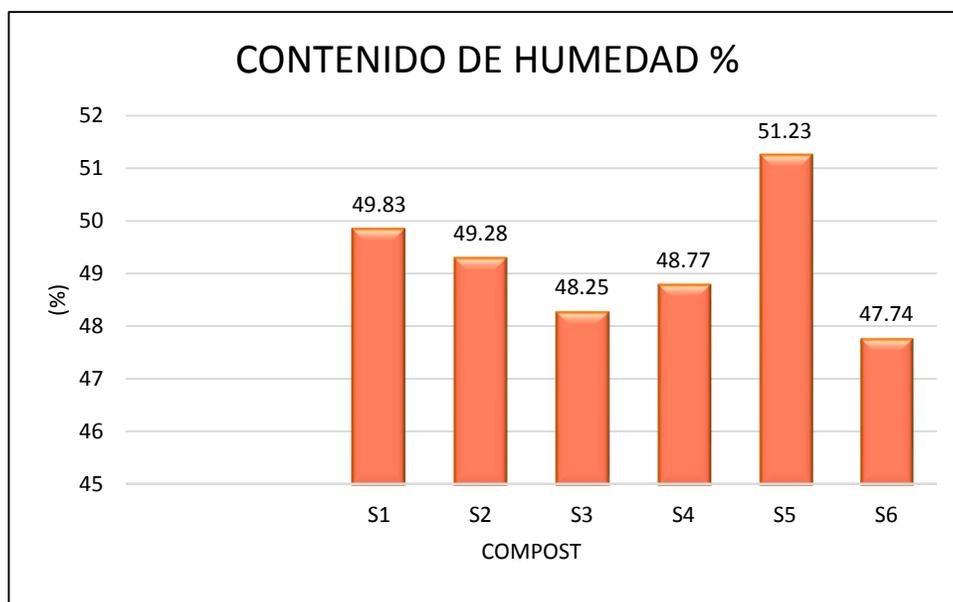
Características	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	Niveles Óptimos
pH	7.95	7.29	7.50	7.59	7.76	7.86	5.0 – 8.5
C.E. (dS/m)	4.80	68.60	61.10	48.50	32.00	9.65	2 – 4
M.O (%)	35.92	31.45	32.64	35.38	34.61	35.80	> 10
Hd (%)	49.83	49.28	48.25	48.77	51.23	47.74	-
CIC (meq/100g)	46.40	40.64	43.20	45.60	46.40	42.56	> 20
Relación C/N	12.06	11.28	12.10	11.28	11.31	11.43	< 20
N (%)	1.53	1.40	1.43	1.56	1.53	1.56	0.3 – 1.5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	3.21	2.66	2.75	2.98	3.13	3.35	0.1 – 1.0
K <sub>2</sub> O (%)	0.60	0.67	0.66	0.66	0.63	0.59	0.3 – 1.0
CaO (%)	5.26	4.63	4.43	4.62	4.96	5.49	> 3.64
MgO (%)	1.75	2.46	2.30	2.13	2.00	1.80	> 2.07
Na (%)	0.18	4.18	3.15	2.13	1.98	0.34	< 3.10

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes del Departamento de Suelos-Facultad de Agronomía- UNALM (2015) Molina y Meléndez, (2002). Navia, (2013). Roman, (2013). Mengel y Kirkby, (2000). [www.zulueta.com](http://www.zulueta.com).

### 4.2.2 Contenido de humedad (%)

Las medidas del contenido de humedad del sustrato están influenciadas por el aumento o descenso de la salinidad del agua de riego (Cervera. *et al.*, 2007).

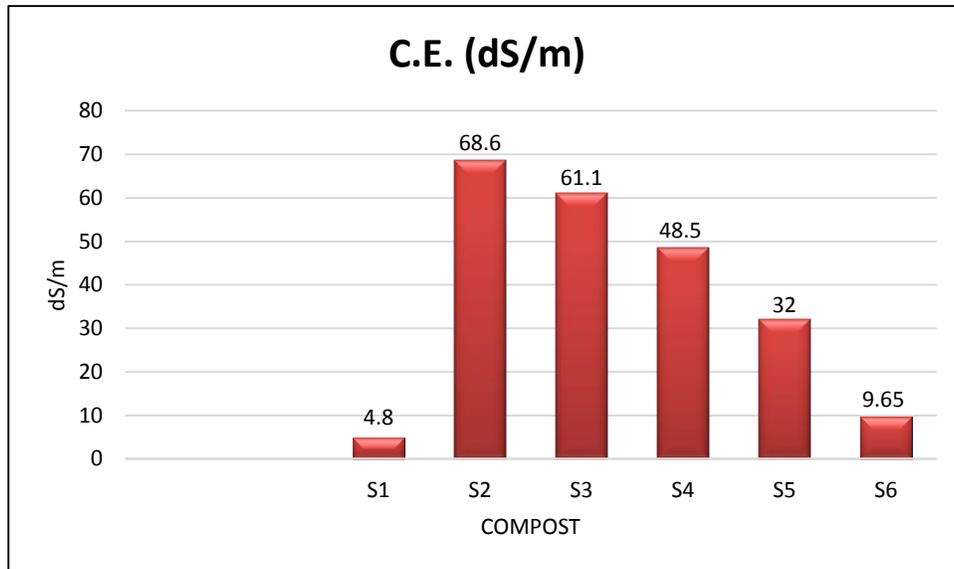
El sustrato que tuvo mayor porcentaje de contenido de humedad (Figura 12) fue el compost (51.23%) que se irriga con 25% agua de mar y 75% de agua dulce. Coincidentemente en las mezclas de agua dulce y salina (S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub> y S<sub>5</sub>) el sustrato con menor conductividad eléctrica (32 dS/m), es la que mayor contenido de humedad presentó. El compost que se irriga con 100% agua dulce y el de agua de pozo de la UNALM, difieren en que el primero se le irriga con agua de baja conductividad eléctrica (0.72 dS/m) esto quiere decir que este sustrato tuvo menor acumulación de sales, por lo tanto, este compost tiene un alto contenido de humedad (49.83%) respecto al sustrato irrigado con agua de pozo de la UNALM (9.65 dS/m) que tuvo un bajo contenido de humedad (47.74%) del sustrato.



**Figura 12.** Variación del contenido de humedad (%) del compost

#### 4.2.3 Conductividad eléctrica (C.E dS/m)

Según Abad, (1993) citado por (Jaulis, 2013), la presencia de iones salinos en el sustrato influye en el crecimiento y desarrollo del cultivo, las plantas difieren en sus características de tolerancia a esta característica química. Es así que el compost, en todos los tratamientos, (Figura 13) se le clasificó como fuertemente salino (C.E. > 4 dS/m). El sustrato que se irrigó con 100% de agua potable, la conductividad eléctrica (C.E.) fue de 4.80 dS/m siendo este sustrato el menos salino en comparación con los demás tratamientos. El compost que se irrigó con 100 % de agua de mar, tuvo la más alta conductividad eléctrica (C.E. = 68.60 dS/m).

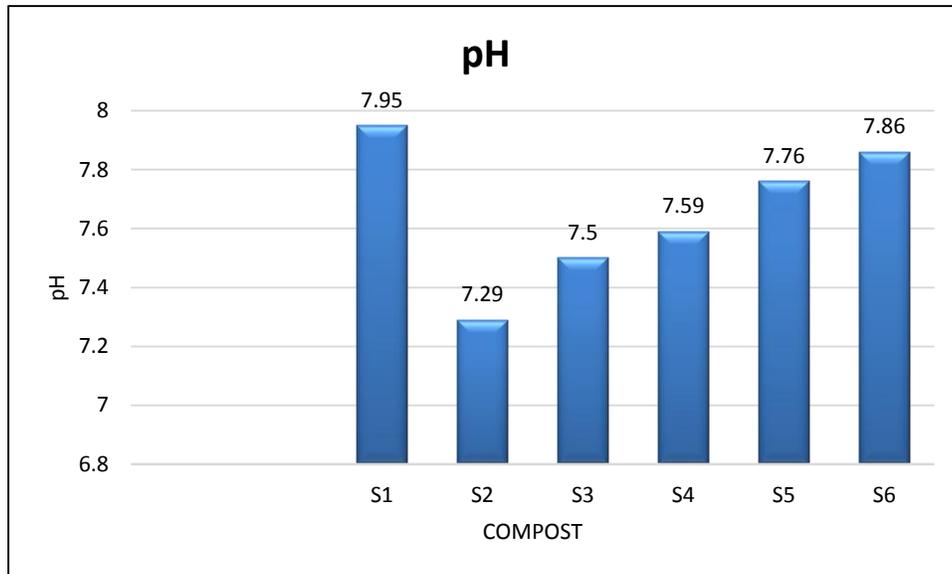


**Figura 13:** Variación de la conductividad eléctrica (dS/m) del compost

#### 4.2.4 pH y capacidad de intercambio catiónico (CIC meq/L)

La disponibilidad de la mayoría de nutrientes está influenciada por el pH del sustrato siendo este un factor importante en la nutrición vegetal, su importancia radica principalmente en los efectos que puede causar como son: deficiencias nutricionales, fitotoxicidad, favorecer el desarrollo de patógenos e influir de forma directa en el desarrollo de la planta. (Rojas, 1993) citado por (Jaulis, 2013). El rango adecuado del pH del sustrato para la producción de *Paspalum vaginatum* es de 5 a 8.5, es decir admite cualquier reacción del sustrato. (Zulueta, 2015).

El pH del compost irrigado con las mezclas de agua ( 100% agua de mar; 75% agua de mar con 25% agua dulce; 50% agua de mar con 50% agua dulce; 25% agua de mar con 75% agua dulce) llegaron a tener un pH ligeramente alcalino (Figura 14), lo cual fue gradualmente manteniéndose ya que las mezclas de agua con la cual las irrigamos tenían un pH ligeramente alcalino; en cambio los compost irrigados con 100% de agua dulce y agua de pozo de la UNALM, tuvieron un pH más bajo clasificándolo como moderadamente alcalino, estas fueron irrigadas con agua que tuvieron un pH neutro y ligeramente alcalino.



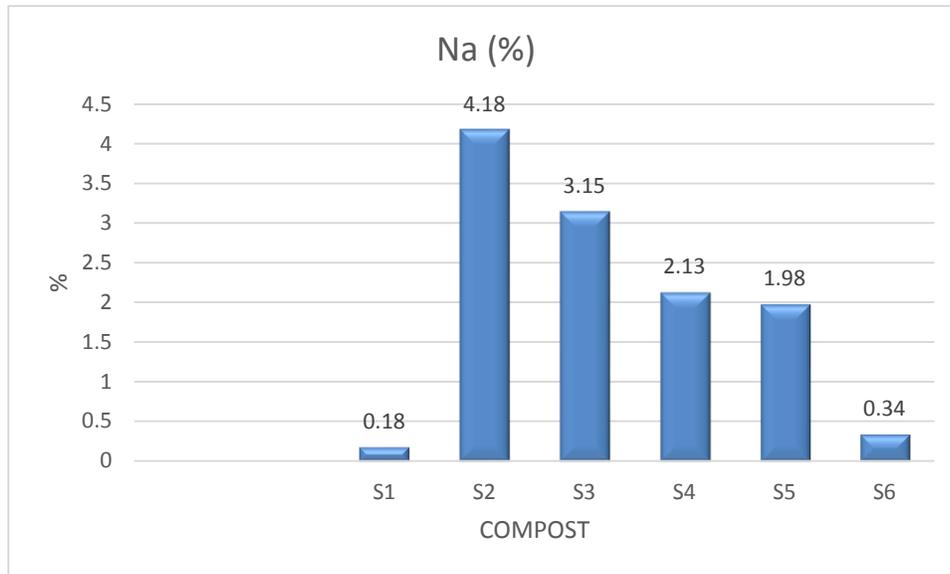
**Figura 14.** Variación del pH del compost

La CIC (meq/100g) mide la cantidad de cationes que pueden ser retenidos por las partículas del sustrato, que son dependientes del pH, contenido y composición de la materia orgánica y arcillas de la fase sólida del sustrato, la cual se pueden incrementar conforme lo hace el pH. Se recomienda que un sustrato tenga una CIC mayor a 20 meq/100g. Abad (1993) citado por (Jaulis, 2013).

En la investigación, todos los compost estuvieron por encima del límite mínimo de CIC (> 20 meq/100g).

#### **4.2.5 Porcentaje de sodio en el compost (Na<sup>+</sup> %)**

Montoya (2007) menciona que a mayor cantidad de sales en el agua de riego, mayor será la probabilidad de acumulación del catión sodio (Na<sup>+</sup>) en el sustrato, esto coincide con los compost irrigados con aguas de alta conductividad eléctrica, las cuales presentaron mayor acumulación de sodio en el sustrato (S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub> y S<sub>5</sub>), siendo el S<sub>5</sub> (1.98%) en comparación con los otros tratamientos (S<sub>2</sub> = 4.18%, S<sub>3</sub> = 3.15% y S<sub>4</sub> = 2.13%) el que menor porcentaje de acumulación de sodio presentó.



**Figura 15.** Variación del porcentaje de sodio en el compost

### **4.3 CARACTERÍSTICAS EVALUADAS EN EL *Paspalum vaginatum*.**

#### **4.3.1 Altura de planta antes del corte (cm)**

En las tres evaluaciones que se realizó, los tratamientos T<sub>1</sub> (100% Agua Dulce) y T<sub>6</sub> (Agua de pozo de a UNALM) mostraron valores superiores en altura de planta, seguido del tratamiento T<sub>5</sub> (25% Agua de mar y 75% Agua dulce).

A los 25 días después de la siembra (25 DDS), los tratamientos no mostraban diferencias significativas en altura de planta, según la prueba de medias de Tukey al 5%.

A los 60 días, el tratamiento T<sub>1</sub> (100% agua dulce) mostraba una altura de planta significativamente mayor que los tratamientos con agua de mar, pero sin diferencias con el tratamiento T<sub>6</sub> (agua de pozo de la UNALM).

Dentro de los tratamientos con agua de mar, los de mayor concentración (T<sub>2</sub> (100% agua de mar), T<sub>3</sub> (75% agua de mar y 25% agua dulce) y T<sub>4</sub> (50% agua de mar y 50% agua dulce) mostraban una altura de planta significativamente menor que el tratamiento T<sub>5</sub> (25% de agua de mar y 75% de agua dulce).

Finalmente, a los 107 días, el tratamiento T<sub>1</sub> (100% agua dulce) fue el único que presentó una altura de césped significativamente superior a los demás. El resto de los tratamientos tuvieron un crecimiento inferior, pero con diferencias entre ellos. Los que tuvieron un

crecimiento significativamente menor fueron los tratamientos con mayor concentración de agua de mar T<sub>2</sub> (100% agua de mar) y T<sub>3</sub> (75% agua de mar y 25% agua dulce), mientras que los tratamientos T<sub>4</sub> (50% agua de mar y 50% agua dulce) y T<sub>5</sub> (25% de agua de mar y 75% de agua dulce) mostraron mayor crecimiento que los anteriores. El tratamiento T<sub>6</sub> (Agua de pozo de la UNALM), fue solo significativamente superior al tratamiento T<sub>4</sub>

**Cuadro 14. Efecto del riego en la altura (cm) del césped *P. vaginatum***

Aguas de Riego	Código	Altura de planta (cm) antes de las podas		
		25 DDS	60 DDS	107 DDS
100% agua dulce	T <sub>1</sub>	5.17 a	6.50 d	5.30 d
100% agua de mar	T <sub>2</sub>	5.00 a	4.77 ab	1.73 a
75% agua de mar y 25% agua dulce	T <sub>3</sub>	5.27 a	5.37 ab	2.03 a
50% agua de mar y 50% agua dulce	T <sub>4</sub>	5.10 a	5.93 b	2.97 b
25% agua de mar y 75% agua dulce	T <sub>5</sub>	5.20 a	5.80 c	4.40 bc
100 % agua de pozo de la UNALM	T <sub>6</sub>	5.47 a	5.93 cd	4.83 c

\* Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de acuerdo a la Prueba de Tukey (p > 0.05).

Estos resultados claramente indican que conforme las concentraciones de agua de mar eran mayores, el crecimiento del césped se fue reduciendo.

Según Pérez (2011), la reducción del crecimiento de un cultivo se manifiesta por la presencia de sales solubles en el medio de crecimiento aumentando la presión osmótica del medio y restringiendo la posibilidad de succión del agua por las plantas.

Castellanos *et al.*, (2000) citado por (Gonzales *et al.*, 2010) indicaron que, aunque puede ocurrir la toxicidad por altas concentraciones de sodio, cloro u otros iones, las sales solubles comúnmente afectan el crecimiento de los cultivos debido al efecto osmótico. Este efecto consiste en que altas concentraciones de sales incrementan las fuerzas potenciales que retienen al agua en la solución del suelo y hace más difícil la extracción del agua por las raíces de la planta. Por lo anterior, no es posible evaluar el riesgo ocasionado por el alto contenido de sales solubles en los suelos y agua de riego sin considerar la susceptibilidad de los cultivos a las sales. Esto valida los resultados obtenidos con los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> los cuales mostraron un menor crecimiento en altura de planta por el exceso de sales acumuladas en el sustrato (compost).

Por otra parte Ayers y Westcot (1987) citado por (Gonzales *et al.*, 2010), definen que hay problema de salinidad cuando las sales se acumulan en la zona radical a una concentración que ocasiona pérdidas en la producción debido a la disminución del crecimiento.

#### **4.3.2 Porcentaje de cobertura foliar (%)**

Es un parámetro cualitativo que según Bughrara (2007), se puede medir en porcentaje y recibe el nombre de “porcentaje de cobertura de suelo vivo”, que en pocas palabras, representa la superficie cubierta por la especie de césped. Este porcentaje se utiliza para expresar el daño causado por muchos factores entre ellos el estrés por sales en la solución del suelo.

Los tratamientos que presentaron mayores porcentajes de cobertura foliar fueron los tratamientos T<sub>1</sub> (100% de agua dulce), T<sub>5</sub> (25% de agua de mar y 75% de agua dulce) y T<sub>6</sub> (Agua de pozo de la UNALM). En la primera evaluación ninguno de los tratamientos presentó diferencias significativas.

A 60 días después de la siembra, los tratamientos T<sub>1</sub> (100% agua dulce) y T<sub>6</sub> (agua de pozo de la UNALM) mostraban un porcentaje de cobertura significativamente superior a los demás tratamientos. El tratamiento T<sub>2</sub> (100% agua de mar) presentaba menor porcentaje de cobertura, pero sin diferencias significativas con los tratamientos T<sub>3</sub> (75% agua de mar y 25% agua dulce) y T<sub>4</sub> (50% agua de mar y 50% agua dulce). Solo el tratamiento T<sub>5</sub> (25% de agua de mar y 75% de agua dulce) exhibía un porcentaje de cobertura intermedio entre los tratamientos más y menos exitosos.

Finalmente, a los 107 días después de la siembra, los tratamientos con porcentaje de cobertura significativamente mayor fueron los tratamientos T<sub>1</sub> (100% agua dulce) y T<sub>6</sub> (agua de pozo de la UNALM), seguido por el tratamiento T<sub>5</sub> (25% de agua de mar y 75% de agua dulce). Todos los demás tratamientos mostraron un porcentaje de cobertura inferior sin diferencias significativas entre ellos.

**Cuadro 15. Efecto del riego en el porcentaje (%) de cobertura foliar de *P. vaginatum***

Aguas de Riego	Código	Cobertura foliar (%) antes de los cortes		
		25 DDS	60 DDS	107 DDS
T <sub>1</sub> - 100% agua dulce	T <sub>1</sub>	42.53 a	82.67 c	98.80 c
T <sub>2</sub> - 100% agua de mar	T <sub>2</sub>	40.40 a	42.27 a	27.60 a
T <sub>3</sub> - 75% agua de mar y 25% agua dulce	T <sub>3</sub>	38.93 a	46.00 ab	33.20 a
T <sub>4</sub> - 50% agua de mar y 50% agua dulce	T <sub>4</sub>	40.07 a	48.67 ab	39.73 a
T <sub>5</sub> - 25% agua de mar y 75% agua dulce	T <sub>5</sub>	42.40 a	67.73 bc	76.27 b
T <sub>6</sub> - agua de pozo de la UNALM	T <sub>6</sub>	42.80 a	76.27 c	97.87 c

\* Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de acuerdo a la Prueba de Tukey ( $p > 0.05$ )

\*\* DDS: Días Después de Siembra.

Pares *et al.*, (2008) citado por Martínez *et al.*, (2011), menciona que la salinidad retarda el crecimiento de las plantas a través de su influencia sobre varios procesos fisiológicos, tales como: fotosíntesis, conductancia estomática, ajuste osmótico, absorción de iones síntesis de proteínas, síntesis de ácidos nucleicos, actividad enzimática y balance hormonal; además puede afectar el proceso de transporte de agua e iones, lo que promueve toxicidad iónica y desbalance nutricional. En consecuencia, afecta las variables de crecimiento vegetativo tales como: masa seca, altura de planta y área foliar. Es así que los tratamientos (T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>) irrigados con conductividades eléctricas altas (35.3 dS/m, 30.1 dS/m y 23,4 dS/m respectivamente), influyeron en el desarrollo de la cobertura, salvo el tratamiento T<sub>5</sub> (CE = dS/m) que también tuvo una alta conductividad eléctrica pero no afecto la cobertura foliar y fue significativamente diferente a los demás tratamientos que contenían altas concentraciones de sales.

#### **4.3.3 Peso fresco del follaje (g)**

En las tres evaluaciones del peso de follaje, los tratamientos T<sub>1</sub> (100% de agua dulce), T<sub>6</sub> (agua de pozo de la UNALM) y T<sub>5</sub> (25% de agua de mar y 75% de agua dulce) mostraron los mayores valores numéricos, siendo así que en la primera evaluación no hubo diferencias significativas entre todos los tratamientos.

A los 25 días después de la siembra (25 DDS), los tratamientos no mostraban diferencias significativas en peso del follaje, según la prueba de medias de Tukey al 5%.

A los 60 días después de la siembra (60 DDS), los tratamientos T<sub>1</sub> (100% de agua dulce), T<sub>6</sub> (agua de pozo de la UNALM) y T<sub>5</sub> (25% agua de mar y 75% de agua dulce) mostraban un peso fresco de follaje significativamente superior al resto de tratamientos. Estos últimos no mostraron diferencias significativas entre ellos.

Finalmente, a los 107 días después de la siembra (107 DDS), el tratamiento T<sub>1</sub> (100% agua dulce) seguido del tratamiento T<sub>6</sub> (Agua de pozo de la UNALM) presentaron un peso fresco significativamente superior a los demás. Sin embargo, este último tratamiento no tuvo diferencias significativas con el T<sub>5</sub> (25% de agua de mar y 75% de agua dulce). El resto de los tratamientos T<sub>2</sub> (100% agua de mar), T<sub>3</sub> (75% agua de mar y 25% agua dulce), T<sub>4</sub> (50% agua de mar y 50% agua dulce) y T<sub>5</sub> tuvieron un peso fresco inferior sin diferencias significativas entre ellos.

Los resultados al final muestran que a mayor concentración de agua de mar, el peso fresco de follaje se reduce significativamente.

**Cuadro 16. Efecto del riego en el peso fresco del follaje de *P. vaginatum*, antes de los cortes**

Aguas de Riego	Código	Peso fresco del follaje (g)		
		Primer corte 25 DDS	Segundo corte 60 DDS	Tercer corte 107 DDS
100% agua dulce	T <sub>1</sub>	20.33 a	16.67 b	86.83 c
100% agua de mar	T <sub>2</sub>	17.33 a	0.70 a	0.00 a
75% agua de mar y 25% agua dulce	T <sub>3</sub>	19.20 a	4.37 a	0.00 a
50% agua de mar y 50% agua dulce	T <sub>4</sub>	18.57 a	6.67 a	4.13 a
25% agua de mar y 75% agua dulce	T <sub>5</sub>	20.93 a	19.07 b	30.33 ab
agua de pozo de la UNALM	T <sub>6</sub>	18.27 a	19.43 b	57.93 bc

\* Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de acuerdo a la Prueba de Tukey ( $p > 0.05$ ).

\*\* DDS: Días Después de Siembra.

#### 4.3.4 Peso fresco de raíces (g)

El tratamiento que obtuvo mayor peso fresco de raíces fue el T<sub>6</sub> (agua de pozo de la UNALM), pero sin diferencias significativas con los demás tratamientos según la prueba de medias de Tukey al 5%.

**Cuadro 17. Efecto del riego en el peso fresco de raíces de *P. vaginatum***

<b>Aguas de Riego</b>	<b>Código</b>	<b>Peso fresco de raíces (g)</b>
100% agua dulce	T <sub>1</sub>	16.77 a
100% agua de mar	T <sub>2</sub>	14.80 a
75% agua de mar y 25% agua dulce	T <sub>3</sub>	11.30 a
50% agua de mar y 50% agua dulce	T <sub>4</sub>	13.07 a
25% agua de mar y 75% agua dulce	T <sub>5</sub>	17.40 a
Agua de pozo de la UNALM	T <sub>6</sub>	18.60 a

\* Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de acuerdo a la Prueba de Tukey ( $p > 0.05$ ).

#### 4.3.5 Número, longitud (cm) y diámetro (cm) de raíces principales.

En el número de raíces principales (Cuadro 18), el tratamiento T<sub>1</sub> (100% agua dulce) fue cuantitativamente mayor, pero no mostró diferencias significativas con el resto de los tratamientos, según la prueba de medias de Tukey al 5%.

Con respecto a la longitud de raíces principales (Cuadro 18), el tratamiento T<sub>1</sub> (100% agua dulce) presentó diferencias significativas con el resto de tratamientos. Los menores valores de longitud de raíces lo tuvieron los tratamientos que contenían mayores concentraciones de agua de mar como el T<sub>2</sub> (100% agua de mar) y T<sub>3</sub> (75% agua de mar y 25% agua dulce) las cuales no mostraron diferencias significativas entre ellas. Sin embargo, los tratamientos T<sub>4</sub> (50% agua de mar y 50% agua dulce) y T<sub>5</sub> (25% de agua de mar y 75% de agua dulce), con menores concentraciones de agua de mar, tuvieron una longitud de raíces significativamente mayor que los anteriores (T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>). El tratamiento T<sub>6</sub> (agua de pozo de la UNALM) fue significativamente inferior al tratamiento T<sub>1</sub>, pero superior a los demás tratamientos antes mencionados.

En cuanto al diámetro de raíces principales, el tratamiento T<sub>6</sub> (agua de pozo de la UNALM) fue significativamente superior a los demás tratamientos, seguido del tratamiento T<sub>1</sub> (100%

agua dulce). El tratamiento T<sub>5</sub> (25% de agua de mar y 75% de agua dulce) que contenían menor porcentajes de agua de mar, obtuvo el mayor valor significativo de diámetro de raíces que los anteriores (T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>)

**Cuadro 18. Efecto del riego en el número, longitud y diámetro de raíces principales del *P. vaginatum***

Aguas de Riego	Código	Numero de raíces principales	Longitud de raíces principales (cm)	Diámetro de raíces principales (cm)
100% agua dulce	T <sub>1</sub>	33.33 a	25.26 d	0.09 cd
100% agua de mar	T <sub>2</sub>	26.87 a	15.79 a	0.05 ab
75% agua de mar y 25% agua dulce	T <sub>3</sub>	27.73 a	17.25 a	0.06 ab
50% agua de mar y 50% agua dulce	T <sub>4</sub>	31.27 a	19.94 b	0.06 ab
25% agua de mar y 75% agua dulce	T <sub>5</sub>	32.60 a	20.85 b	0.07 bc
100% agua de pozo de la UNALM	T <sub>6</sub>	29.33 a	23.19 c	0.10 d

\* Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de acuerdo a la Prueba de Tukey ( $p > 0.05$ )

Según Reigosa *et al.*, (2004), citado por (Montoya *et al.*, 2011), al irrigar con agua salina se incorpora un exceso de iones Na<sup>+</sup> en el suelo, los cuales impiden la absorción de agua y hacen ineficiente la absorción de otros nutrientes. Al exponerse la planta a un déficit hídrico causado por la concentración de sales, ésta extiende y profundiza las raíces como mecanismo de defensa para así optimizar la captación de agua, lo cual se refleja en una mayor producción de biomasa radicular. En este experimento, a pesar que el césped logró formar biomasa radicular, esta no tuvo el espacio suficiente para expandirse o profundizar, lo que impidió desarrollar una mayor cobertura y longitud radicular.



**Figura 16.** Desarrollo radicular de *Paspalum vaginatum*

#### **4.3.6 Calidad visual del follaje.**

Los tratamientos T<sub>1</sub> (100% agua dulce) y T<sub>6</sub> (agua de pozo de la UNALM), mostraron una calidad visual del follaje significativamente superior a los demás tratamientos. La menor calidad visual la tuvieron los tratamientos que contenían mayores concentraciones de agua de mar como el T<sub>2</sub> (100% agua de mar) y T<sub>3</sub> (75% agua de mar y 25% agua dulce) las cuales no mostraron diferencias significativas entre ellas. Sin embargo, los tratamientos T<sub>4</sub> (50% agua de mar y 50% agua dulce) y T<sub>5</sub> (25% de agua de mar y 75% de agua dulce), que contenían menores concentraciones de agua de mar, lograron una mayor calidad visual que los anteriores (T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>), con diferencias significativas entre ellos.

La salinidad es el principal estrés abiótico que influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas de césped, afecta el normal desarrollo a niveles morfológicos, fisiológicos y bioquímicos; y por consiguiente, disminuye la calidad visual y apariencia estética del césped (Ramírez y Hernández, 2016). Esta teoría se vio reflejada en los tratamientos que se irrigaron con altas concentraciones de agua de mar (T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>) a excepción en con el tratamiento T<sub>5</sub> (25% agua salina y 75% agua dulce) para la cual el césped *Paspalum vaginatum* toleró la alta salinidad.

**Cuadro 19. Efecto del riego en calidad visual del follaje de *P. vaginatum***

<b>Aguas de Riego</b>	<b>Código</b>	<b>Calidad visual de follaje</b>
100% agua dulce	T <sub>1</sub>	9.00 d
100% agua de mar	T <sub>2</sub>	0.00 a
75% agua de mar y 25% agua dulce	T <sub>3</sub>	0.00 a
50% agua de mar y 50% agua dulce	T <sub>4</sub>	1.33 b
25% agua de mar y 75% agua dulce	T <sub>5</sub>	6.67 c
Agua de pozo de la UNALM	T <sub>6</sub>	8.67 d

\* Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de acuerdo a la Prueba de Tukey (p > 0.05)

#### 4.3.7 Intensidad de color del follaje

El color es una medida de la luz reflejada por el césped. Generalmente, mientras más verde es el césped, más atractivo se considera. Un color pobre puede ser causa de una deficiencia nutricional, estrés por temperatura, enfermedades, insectos u otros tipos de daño. Sin embargo, para algunas especies y variedades de césped es normal tener un color verde claro. Por lo tanto, una falta de color verde oscuro no necesariamente significa que el césped este enfermo o tenga problemas nutricionales (Emmons y Rossi 2014).

**Cuadro 20. Efecto del riego en la intensidad de color del follaje del *P. vaginatum***

<b>Aguas de Riego</b>	<b>Código</b>	<b>Intensidad de color del follaje</b>	
		<b>Puntuación</b>	<b>Color</b>
100% agua dulce	T <sub>1</sub>	10.00 c	Green group – 137A
100% agua de mar	T <sub>2</sub>	1.00 a	Yellow – Orange group - 22A
75% agua de mar y 25% agua dulce	T <sub>3</sub>	1.33 a	Yellow – Orange group - 22A
50% agua de mar y 50% agua dulce	T <sub>4</sub>	1.33 a	Yellow – Orange group - 22A
25% agua de mar y 75% agua dulce	T <sub>5</sub>	7.00 b	Green group - 143A
Agua de pozo de la UNALM	T <sub>6</sub>	10.00 c	Green group – 137A

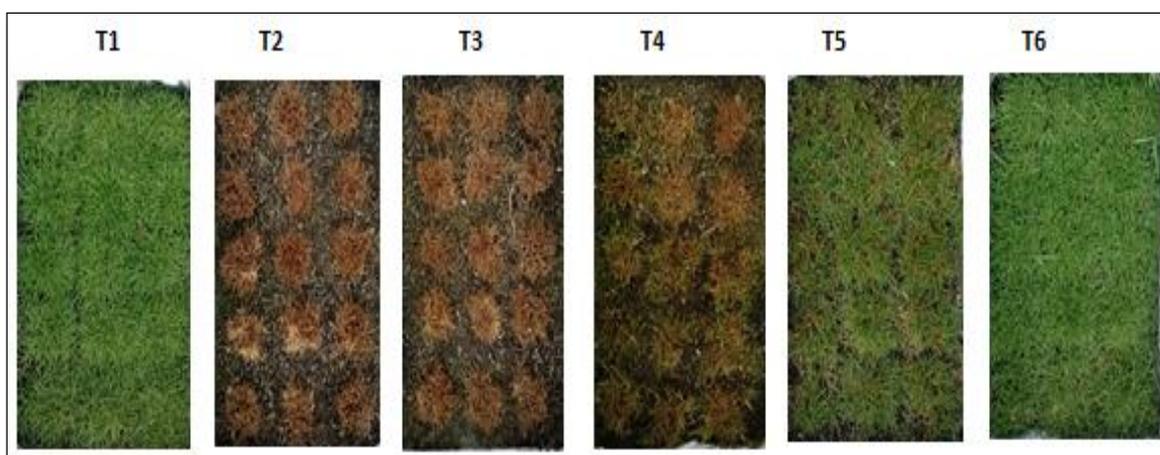
\* Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de acuerdo a la Prueba de Tukey (p > 0.05).

Los tratamientos T<sub>1</sub> (100% agua dulce) y T<sub>6</sub> (agua de pozo de la UNALM), mostraron las mejores puntuaciones en cuanto a intensidad de color del follaje (Green Group – 137A), siendo significativamente superior al resto de tratamientos, seguido del tratamiento T<sub>5</sub> (25% agua de mar y 57% agua dulce) según la prueba de medias de Tukey al 5%.

Los tratamientos T<sub>2</sub> (100% agua de mar), T<sub>3</sub> (75% agua de mar y 25% agua dulce) y T<sub>4</sub> (50% agua de mar y 50% agua dulce) al tener mayores concentraciones de agua de mar (excepción el T<sub>5</sub>) mostraron los menores valores, siendo la coloración del follaje un Yellow – Orange Group – A como se puede ver en la figura 17 y Anexo 1.

Según Argentel *et al.*, (2006) citado por (Martínez *et al.*, 2011), el efecto que provoca la salinidad en la concentración de pigmentos son abundantes y coincidentes, y tienden a revelar que tales afectaciones se deben fundamentalmente a la destrucción de los cloroplastos y a un aumento de la actividad de la enzima clorofilasa, afectando la síntesis de clorofilas.

Además según Taiz y Zeiger, (2006) citado por (Montoya *et al.*, 2011), menciona que en su ensayo realizado los *P. vaginatum* demostraron la capacidad de eliminar los excesos de Na<sup>+</sup> de sus meristemos, almacenándolos en las puntas de las hojas, aspecto que se evidenció en la desmejora del color del césped.



**Figura 17.** Calidad visual e intensidad de color de *Paspalum vaginatum*

#### 4.3.8 Calidad visual de raíces

El resultados muestran que los tratamientos T<sub>1</sub> (100% agua dulce) y T<sub>6</sub> (agua de pozo de la UNALM) fueron los que tuvieron la mejor calidad visual de raíces, según la prueba de medias de Tukey al 5%; seguido del tratamiento T<sub>5</sub> (25% agua salina y 75% agua dulce), que tiene una menor concentración de agua de mar y fue significativamente mejor en calidad visual de raíces frente a los tratamientos con mayor concentración (T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>).

Se puede decir que a menor concentración de agua de mar en el agua de riego, se ve una mejor calidad visual de raíces.

**Cuadro 21. Efecto del riego en la calidad visual de raíces de *P. vaginatum***

Aguas de Riego	Código	Calidad visual de raíces
100% agua dulce	T <sub>1</sub>	9.00 d
100% agua de mar	T <sub>2</sub>	1.00 a
75% agua de mar y 25% agua dulce	T <sub>3</sub>	2.00 b
50% agua de mar y 50% agua dulce	T <sub>4</sub>	2.33 b
25% agua de mar y 75% agua dulce	T <sub>5</sub>	6.67 c
Agua de pozo de la UNALM	T <sub>6</sub>	9.00 d

\* Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de acuerdo a la Prueba de Tukey ( $p > 0.05$ )

#### 4.3.9 Intensidad de color de raíces

Los tratamientos T<sub>1</sub> (100% agua dulce) y T<sub>6</sub> (agua de pozo de la UNALM), mostraron los mejores puntuaciones en cuanto a intensidad de color de la raíz frente a los demás tratamientos según la prueba de medias de Tukey al 5%; Solo el tratamiento T<sub>5</sub> (25% de agua de mar y 75% de agua dulce) exhibía una intensidad de color intermedio entre los tratamientos más y menos exitosos.

Los tratamientos T<sub>2</sub> (100% agua de mar), T<sub>3</sub> (75% agua de mar y 25% agua dulce) y T<sub>4</sub> (50% agua de mar y 50% agua dulce) al tener mayores concentraciones de agua de mar (excepción el T<sub>5</sub>) mostraron los menores valores, siendo la coloración de las raíces un Yellow – Orange Group – 18B (Anexo 2).

**Cuadro 22. Efecto del riego en la intensidad de color de raíz del *P. vaginatum***

Aguas de Riego	Código	Intensidad de color de la raíz	
		Puntuación	Color
100% agua dulce	T <sub>1</sub>	6.00 c	Yellow group – 11C
100% agua de mar	T <sub>2</sub>	1.00 a	Yellow – Orange group – 18B
75% agua de mar y 25% agua dulce	T <sub>3</sub>	1.33 a	Yellow – Orange group – 18B
50% agua de mar y 50% agua dulce	T <sub>4</sub>	1.67 a	Yellow – Orange group – 18B
25% agua de mar y 75% agua dulce	T <sub>5</sub>	4.00 b	Yellow group – 12B
Agua de pozo de la UNALM	T <sub>6</sub>	6.00 c	Yellow group – 11C

\* Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de acuerdo a la Prueba de Tukey ( $p > 0.05$ ).

#### 4.3.10 Enrollamiento

Los tratamientos T<sub>1</sub> (100% agua dulce) y T<sub>6</sub> (agua de pozo de la UNALM), mostraron un porcentaje de enrollamiento significativamente superior a los demás tratamientos. El tratamiento T<sub>5</sub> (25% agua de mar y 75% agua dulce), el de menor concentración de agua de mar, fue significativamente superior a los demás tratamientos (T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>) con mayores concentraciones de agua de mar.

Estos resultados claramente indican que conforme las concentraciones de agua de mar eran mayores, el porcentaje de enrollamiento del tepe de paspalum se fue reduciendo.

**Cuadro 23. Efecto del riego en el porcentaje de enrollamiento de tepes de *P. vaginatum***

<b>Aguas de Riego</b>	<b>Código</b>	<b>Enrollamiento (%)</b>
100% agua dulce	T <sub>1</sub>	96.67 e
100% agua de mar	T <sub>2</sub>	1.33 a
75% agua de mar y 25% agua dulce	T <sub>3</sub>	8.33 b
50% agua de mar y 50% agua dulce	T <sub>4</sub>	42.33 c
25% agua de mar y 75% agua dulce	T <sub>5</sub>	81.67 d
Agua de pozo de la UNALM	T <sub>6</sub>	96.33 e

\* Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de acuerdo a la Prueba de Tukey (p > 0.05)

Roberts *et al.* (2001) citado por Portocarrero (2018), menciona que la colocación de un revestimiento de plástico en la base aumenta la masa radicular y la relación raíz: tallo.

Esto se ve reflejada en los tratamientos que mayor porcentaje de enrollamiento mostraron como son el T<sub>1</sub>, T<sub>5</sub> y T<sub>6</sub>; al estar los tepes sobre un plástico aislante, estas formaron mejor cobertura radicular entrelazándose entre las raíces principales y secundarias.

## 4.4 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA LIXIVIADA

### 4.4.1 Volumen de agua lixiviada (ml)

A los 07 días después del primer riego con los tratamientos (07 ddprt), solo el tratamiento T<sub>2</sub> (100% de agua de mar) mostraba un mayor volumen de lixiviado con diferencias significativas frente a los demás tratamientos.

A los 21 días después del primer riego con los tratamientos (21 ddprt), no se encontraron diferencias significativas en el volumen de lixiviado en todos los tratamientos.

A los 35 días después del primer riego con los tratamientos (35 ddprt), el tratamiento T<sub>2</sub> (100% de agua de mar), mostraba un mayor volumen de lixiviado con diferencias significativas frente a los demás tratamientos, seguido del T<sub>4</sub> (50% agua salina y 50% agua dulce). El tratamiento T<sub>1</sub> (100% de agua dulce), fue el que menor volumen de lixiviado presentó.

A los 49 días después del primer riego con los tratamientos (49 ddprt), los tratamientos T<sub>2</sub> (100% agua de mar) y T<sub>3</sub> (75% agua de mar y 25% agua dulce) mostraban mayores volúmenes de lixiviado con diferencias significativas frente a los demás tratamientos, seguido de los tratamientos T<sub>4</sub> (50% agua de mar y 50% agua dulce) y T<sub>5</sub> (25% de agua de mar y 75% de agua dulce) las cuales no mostraron diferencias significativas entre ellos. El tratamiento T<sub>1</sub> (100% de agua dulce), fue el que menor volumen de lixiviado presentó.

A los 63 días después del primer riego con los tratamientos (63 ddprt), el tratamiento T<sub>3</sub> (75% agua de mar y 25% agua dulce) mostraba un mayor volumen de lixiviado con diferencias significativas frente a los demás tratamientos, seguido del tratamiento T<sub>2</sub> (100% agua de mar). El tratamiento T<sub>1</sub> (100% de agua dulce), fue el que menor volumen de lixiviado presentó.

Finalmente a los 70 días después del primer riego con los tratamientos establecidos (70 ddprt), los tratamientos T<sub>2</sub> (100% agua salina), T<sub>3</sub> (75% agua de mar y 25% agua dulce) y T<sub>4</sub> (50% agua de mar y 50% agua dulce), fueron significativamente mayores en volumen de lixiviado frente a los tratamientos T<sub>1</sub> (100% de agua dulce), T<sub>5</sub> (25% de agua de mar y 75% de agua dulce) y T<sub>6</sub> (Agua de pozo de la UNALM) como se ve en el cuadro 24, según la prueba de medias de Tukey al 5%.

En todas las evaluaciones realizadas, los tratamientos que se irrigaron con mezclas de agua de mar y agua dulce T<sub>2</sub> (100% agua de mar), T<sub>3</sub> (75% agua de mar y 25% agua dulce), T<sub>4</sub> (50% agua de mar y 50% agua dulce) y T<sub>5</sub> (25% agua de mar y 75% de agua dulce), son los que mayores volúmenes de lixiviado mostraron al momento de colectarlas, esto sucede por el elevado nivel de salinidad en el agua de riego y por ende en el sustrato, ya que el césped

no se desarrolló óptimamente por no tolerar niveles muy altos de salinidad y el agua que se irrigó no era absorbida por las raíces ya que no estaban activas, por lo tanto, esta agua pasó a formar grandes volúmenes de lixiviado. En cambio, el tratamiento T<sub>5</sub> (25% agua de mar y 75% de agua dulce) sí logro un mejor desarrollo del césped, por consecuencia tuvo menor volumen de lixiviado que los demás tratamientos que contenían fuentes de agua de mar.

**Cuadro 24. Efecto del riego en el volumen de agua lixiviada de los tepes de *P. vaginatum*.**

Aguas de Riego	Código	Volumen (ml) de lixiviado del sustrato					
		(7ddprt)	(21ddprt)	(35ddprt)	(49ddprt)	(63ddprt)	(70ddprt)
100% agua dulce	T <sub>1</sub>	431.67 a	353.33 a	276.67 a	63.33 a	83.33 a	183.33 a
100% agua de mar	T <sub>2</sub>	1061.67 b	376.67 a	850.00 c	523.33 c	515.00 cd	383.33 b
75% agua de mar y 25% agua dulce	T <sub>3</sub>	450.00 a	395.00 a	496.67 ab	463.33 c	588.33 d	360.00 b
50% agua de mar y 50% agua dulce	T <sub>4</sub>	400.00 a	251.67 a	573.33 bc	383.33 bc	426.67bcd	350.00 b
25% agua de mar y 75% agua dulce	T <sub>5</sub>	631.67 ab	416.67 a	443.33 ab	318.33 bc	297.67abc	135.00 a
Agua de pozo de la UNALM	T <sub>6</sub>	340.00 a	253.33 a	291.67 ab	163.33 ab	186.67 ab	166.67 a

\* Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de acuerdo a la Prueba de Tukey (p > 0.05)

\*\* ddprt: Días Después del Primer Riego con los Tratamientos.

Tartabull y Betancourt (2016), explica que para un RAS (Relación de Absorción de Sodio) dada, la infiltración del agua aumenta conforme la salinidad se incrementa. Esto se puede ver en los tratamientos de alta conductividad eléctrica (C.E dS/m) y alto RAS (T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub>) en donde el nivel de infiltración fue mayor que los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>6</sub> que tienen una baja RAS y conductividad eléctrica (C.E dS/m).

#### 4.4.2 Conductividad eléctrica del agua lixiviada (C.E. dS/m)

A los 21 días después del primer riego con los tratamientos (21 ddprt), los tratamientos T<sub>2</sub> (100% agua de mar), T<sub>3</sub> (75% agua de mar y 25% agua dulce) y T<sub>4</sub> (50% agua de mar y 50% agua dulce), fueron significativamente mayores en conductividad eléctrica frente a los demás tratamientos, seguido del tratamiento T<sub>5</sub> (25% agua de mar y 75% agua dulce). Los tratamientos T<sub>1</sub> (100% agua dulce) y T<sub>6</sub> (agua de pozo de la UNALM), mostraron los

menores valores de conductividad eléctrica del agua lixiviada según la prueba de medias de Tukey al 5%.

A los 49 días después del primer riego con los tratamientos (49 ddprt), los tratamientos T<sub>2</sub> (100% agua de mar), T<sub>3</sub> (75% agua de mar y 25% agua dulce), T<sub>4</sub> (50% agua de mar y 50% agua dulce) y T<sub>5</sub> (25% agua de mar y 75% agua dulce), fueron significativamente mayores en conductividad eléctrica frente a los demás tratamientos. Los tratamientos T<sub>1</sub> (100% agua dulce) y T<sub>6</sub> (agua de pozo de la UNALM), mostraron los menores valores de conductividad eléctrica del agua lixiviada.

Finalmente, a los 70 días después del primer riego con los tratamientos (70 ddprt), el tratamiento T<sub>2</sub> (100% agua de mar) fue significativamente mayor en conductividad eléctrica del agua lixiviada frente a los demás tratamientos, seguido de los tratamientos T<sub>3</sub> (75% agua de mar y 25% agua dulce) y T<sub>4</sub> (50% agua de mar y 50% agua dulce). Los tratamientos T<sub>1</sub> (100% agua dulce) y T<sub>6</sub> (agua de pozo de la UNALM), mostraron los menores valores de conductividad eléctrica del agua lixiviada siendo no significativo entre ellos. El tratamiento T<sub>5</sub> (25% agua de mar y 75% agua dulce) mostró significativamente un valor intermedio de conductividad eléctrica.

Los resultados muestran claramente que a mayor concentración de agua de mar en el agua de riego y por ende mayor salinidad en el sustrato, la conductividad eléctrica del agua filtrada o lixiviada es más alto.

**Cuadro 25. Efecto del riego en la conductividad eléctrica del agua lixiviada en tepes de *P. vaginatum***

Aguas de Riego	Código	Conductividad eléctrica (dS/m) del lixiviado		
		(21 ddprt)	(49 ddprt)	(70 ddprt)
100% agua dulce	T <sub>1</sub>	6.54 a	6.02 a	6.28 a
100% agua de mar	T <sub>2</sub>	20.00 c	50.97 b	63.10 d
75% agua de mar y 25% agua dulce	T <sub>3</sub>	20.00 c	46.57 b	42.17 cd
50% agua de mar y 50% agua dulce	T <sub>4</sub>	20.00 c	37.10 b	45.07 cd
25% agua de mar y 75% agua dulce	T <sub>5</sub>	13.89 b	38.80 b	27.87 bc
Agua de pozo de la UNALM	T <sub>6</sub>	6.85 a	8.10 a	15.12 ab

\* Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de acuerdo a la Prueba de Tukey (p > 0.05)

\*\* ddprt: Días Después del Primer Riego con los Tratamientos.

#### **4.5 COSTOS DE PRODUCCIÓN**

En cuanto a los costos de producción, hemos realizado la comparación de dos casos, el primero es irrigando con una mezcla de agua de 25% agua de mar (salina) y 75% de agua potable (agua dulce) y la segunda es utilizando solamente 100% agua potable.

En los cuadros 26 y 27, se muestran los costos de producción de paspalum (m<sup>2</sup>) con las mezclas de agua antes mencionadas, los cuales se asemejan a lo expuesto en la investigación realizada por Portocarrero (2018) donde indica que el tepe de *Paspalum vaginatum* cuesta S/. 24.39/m<sup>2</sup>.

Los costos de producción solamente varían en la cantidad de agua potable utilizada en un periodo de 107 días. Cuando se utilizó solo agua potable el gasto fue de 100 L de agua/m<sup>2</sup> para la producción de *Paspalum*, en cambio cuando se complementó con 25% de agua de mar, la cantidad de agua potable se redujo a 75 L, trayendo como consecuencia una reducción en el costo de producción de 2.8% por metro cuadrado de *Paspalum*.

Si bien la reducción en el costo de producción no parece tan sustancial, si lo será al momento del mantenimiento del césped, pues el gasto del agua potable en cada riego se reducirá en un 25%.

**Cuadro 26. Costo de producción por m<sup>2</sup> de *Paspalum vaginatum* irrigado con 25% de agua de mar en mezcla con 75 % de agua potable.**

RUBRO	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario(S/)	Costo total por m <sup>2</sup> (S/)
<b>Materiales</b>				<b>1.5</b>
Plástico	m <sup>2</sup>	1.00	1.50	1.5
<b>Riego</b>				<b>1.5</b>
Agua potable en 107 días	Litros	75.00	0.02	1.5
Agua de mar en 107 días	Litros	25.00	0.00	0.0
<b>Volumen de sustrato</b>				<b>4.0</b>
Compost.	m <sup>3</sup>	0.02	200.00	4.0
<b>Material de propagación</b>				<b>5.0</b>
<i>Paspalum vaginatum</i>	m <sup>2</sup>	0.50	10.00	5.0
<b>Mano de obra</b>				<b>2.93</b>
Mezcla e incorporación de sustratos en las camas	Jornal	0.01	45.00	0.45
Siembra de champitas de <i>Paspalum vaginatum</i>	Jornal	0.02	45.00	0.90
Poda	Jornal	0.01	45.00	0.45
Fertilización foliar	Jornal	0.005	45.00	0.23
Control Sanitario	Jornal	0.01	45.00	0.45
Riego	Jornal	0.01	45.00	0.45
<b>Productos químicos</b>				<b>2.44</b>
Coron (25% N + 0.5% B)	Litros	0.002	100.00	0.20
Horticrop	Litros	0.016	50.00	0.80
Agrostemin	Litros	0.012	120.00	1.44
<b>Total de Costos Directos</b>				<b>17.37</b>

FUENTE: Modificado de Portocarrero (2018). Elaboración propia.

**Cuadro 27. Costo de producción por m<sup>2</sup> de *Paspalum vaginatum* irrigado con 100% de agua potable.**

<b>RUBRO</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario(S/)</b>	<b>Costo total por m<sup>2</sup> (S/)</b>
<b>Materiales</b>				<b>1.50</b>
Plástico	m <sup>2</sup>	1.00	1.50	1.50
<b>Riego</b>				<b>2.00</b>
Agua potable	Litros	100.00	0.02	2.00
Agua de mar	Litros	0.00	0.00	0.00
<b>Volumen de sustrato</b>				<b>4.00</b>
Compost.	m <sup>3</sup>	0.02	200.00	4.00
<b>Material de propagación</b>				<b>5.00</b>
<i>Paspalum vaginatum</i>	m <sup>2</sup>	0.50	10.00	5.00
<b>Mano de obra 2</b>				<b>2.93</b>
Mezcla e incorporación de sustratos en las camas	Jornal	0.01	45.00	0.45
Siembra de champitas de <i>Paspalum vaginatum</i>	Jornal	0.02	45.00	0.90
Poda	Jornal	0.01	45.00	0.45
Fertilización foliar	Jornal	0.005	45.00	0.23
Control Sanitario	Jornal	0.01	45.00	0.45
Riego	Jornal	0.01	45.00	0.45
<b>Productos químicos</b>				<b>2.44</b>
Coron (25% N + 0.5% B)	Litros	0.002	100.00	0.20
Horticrop	Litros	0.016	50.00	0.80
Agrostemin	Litros	0.012	120.00	1.44
<b>Total Costos Directos</b>				<b>17.87</b>

FUENTE: Modificado de Portocarrero (2018). Elaboración propia.

## V. CONCLUSIONES

- La mezcla de 25% de agua de mar con 75% agua potable (dulce), es un complemento ideal del agua dulce para irrigar especies tolerantes a la salinidad como el *Paspalum vaginatum*.
- Los mejores resultados de la calidad del césped se obtuvieron al irrigar con 100% de agua potable y con agua de pozo de la UNALM.
- Con una mezcla de 25% de agua de mar y 75% de agua dulce, se logró obtener un césped con una aceptable cobertura foliar, calidad visual y desarrollo radicular del tepe.
- El cultivo de *Paspalum vaginatum* en contenedores, regados con agua de mar a concentraciones de 100%, 75% y 50% no dio buenos resultados en los parámetros de calidad visual, coloración y cobertura foliar.
- El *Paspalum vaginatum* toleró una conductividad eléctrica de 13.3 dS/m en el agua de riego y en el sustrato de compost 32 dS/m.
- Los tepes del *Paspalum vaginatum* pudieron desarrollar con aguas con una proporción de 25% de agua de mar en mezcla con 75 % de agua potable.
- Para obtener mejores resultados en la calidad del *P. vaginatum*, irrigando con agua de mar como complemento, se deben utilizar medios de crecimiento con muy buen drenaje, sea en contenedores o en campo.
- Los beneficios de irrigar *Paspalum vaginatum* con 25% de agua de mar son: menor costo de producción por metro cuadrado (2.8%) y ahorro del agua potable (25%) durante el mantenimiento del césped.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar investigaciones en campo definitivo, donde los suelos son más profundos y permiten una menor retención de sales en las capas superiores.
- Usar más mezclas de agua de mar por debajo del 25% de concentración como complemento del agua potable o dulce.
- Evaluar el uso de concentraciones de agua de mar a niveles próximos al 50% en campos de cultivo, para observar las diferencias frente a la producción en contenedores.
- Probar diferentes sustratos en el cultivo de césped, con riegos con 25% agua de mar y 75% agua potable y evaluar otras especies o variedades de césped tolerantes a la salinidad.
- Colectar aguas de mar de otras zonas de la costa peruana y en diferentes épocas del año.

## VII. CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAD, M. 1993. Sustratos. Características y propiedades. In: Cultivos sin suelo. F. Canóvas y J. R. Díaz. (eds). Instituto de estudios almerienser. FIAPA. Pág. 47 – 62.
- AFANADOR, J. 2007. pH en agua por electrometría. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia. Pág. 07.
- ANA, 2016. Rímac: Historia del Rio Hablador/ Autoridad Nacional del Agua. Primera Edición. Lima – Perú. Pág. 28.
- ATIYEH, R. M.; ARANCON, N. Q.; EDWARDS, C. A.; METZGER, J. D. 2002. The influence of earthworm–processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology* 81. Pág.: 103–108.
- BERNDT, W. 2007. Salinity Affects Quality Parameters of ‘Sea Dwarf’ Seashore Paspalum. *HORTSCIENCE* 42(2): Pág. 417–420.
- BUGHRARA, S. 2007. Performance of Kentucky bluegrass cultivars in Michigan. Department of crop and soil sciences, Michigan State University. Pág. 01.
- CAN, C; ORTEG, H; SÁNCHEZ, E; CRUZ, E. 2014. Calidad del agua para riego en la Sierra Norte de Puebla - México *Tecnología y Ciencias del Agua*, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua Morelos, México. Volumen N° 05. Pág.: 77 - 96
- CANELLAS, L. P.; FACANHA, A. R. 2004. Chemical nature of soil humified fractions and their bioactivity. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. Pág. 233–240.
- CASSIA, 2012. Urbanismo y planificación: Áreas verdes urbanas, Pontificia Universidad Católica del Perú. Pág. 21 - 36.
- CASTELLÓN J, BERNAL R, HERNÁNDEZ R. 2014. Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. *Universidad Autónoma de Tucumán*. Vol. 19. Pág. 39 – 50.

- CERVERA, J Y JIMÉNEZ, F. 2007. Efecto de la salinidad en la medición de humedad del suelo con un sensor de capacitancia. España. Pág. 187 – 189.
- CHRISTIANS, N; PATTON, A; LAW, Q. 2016. Fundamentals of turfgrass management. 5ta ed. WILEY. Pág. 233. Fuente original: Unruh et al. Casnoff *et al.* Shearman.
- DOUCHAFOUR, P. 1984. Edafogénesis y clasificación. Barcelona: Masson. Pág. 450.
- DUNCAN R. Y CARROW R. 2004. Salinity Tolerance of Seashore Paspalum Ecotypes: Shoot Growth Responses and Criteria. HORTSCIENCE 39(5): Pág. 1138–1142.
- DUNCAN, R; CARROW, R; HUCK, M. 2009. Turfgrass and Landscape Irrigation Water Quality: Assessment and Management. Editorial Taylor & Francis Group. Pág. 87-109.
- EATON, F. M. 1950. Significance of Carbonates in Irrigation Water. Soil Science, 69(2). Pág. 123-133.
- EMMONS, R; ROSSI, F. 2014. Turfgrass science and management. 5 ed. Ed. Cengage learning. Pág. 33.
- FAO 2002. Agua y Cultivos, logrando el uso óptimo del agua en la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma – Italia. Pág.01.
- FAO 2003. Descubrir el potencial del agua para la agricultura. Italia – Roma. Pág. 43.
- FITO, 2012. Semillas Fito, desde 1880 mejorando contigo. Áreas verdes, Césped profesional. Pág. 43.
- GARCÍA, A. 2008. Ahorro del agua dulce con la del mar sin desalinizar en la agricultura, ganadería y el medio ambiente. Volumen N° 02. Pág. 102 – 108.
- GARCÍA, R; MIYASHIRO, J; SANTA CRUZ, P; RUBIO, D; MARCES, R. 2015. Desarrollo o crecimiento urbano en Lima. El caso de los Distritos del Sur. Pág. 228 – 229.
- González, S. Quero, A. Mora, O. Ramírez, C. Ortega, E. y Trejo, C. 2010. Efecto de la salinidad y la temperatura sobre el crecimiento del pasto Banderita (*Bouteloua*

*curtipendula* (Michx.) Torr). Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento, Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. Pág. 60 – 65.

- GRAEME y KENDAL, 2001. Saltwater Paspalum (*Paspalum vaginatum*) – a Weed Review. Natural Solutions – Marine and Terrestrial Ecologists. Pág. 03.
- GRUPO GEA, 2010. Reporte Ambiental de Lima y Callao 2010 Evaluación de avances a 5 años del Informe GEO. Lima - Perú. Pág. 69.
- GUERRERO, J. 1993. Abonos orgánicos- Tecnología para el manejo ecológico de suelos. RAAA. Lima-Perú. Pág. 3,4 y 46.
- GUEVARA, A y VERONA, A. 2016. El derecho frente a la crisis del agua en el Perú. Primeras Jornadas de Derecho de Aguas. Departamento Académico de Derecho, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- HARIVANDI, M. 2011. Oro Morado. Una visión contemporánea de riego con agua reciclada. Green Section Record Vol. 49. Pág. 06 – 07.
- HERNÁNDEZ, 2011. Biorecuperación de suelos salinos con el uso de materiales orgánicos. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica superior de Ingenieros Agrónomos Departamento de Edafología. Tesis Doctoral. Madrid – España. Pág. 45 – 49.
- HIDALGO, P; SINDONI, M; y MÉNDEZ, J. 2009. Importancia de la selección y manejo adecuado de sustratos en la producción de plantas frutales en vivero. (INIA-Anzoátegui). Venezuela. Pág. 283.
- HONDUPALMA, 2011. Uso eficiente del agua, Una guía para socios y personal de Hondupalma, pág. 05.
- INSTITUTO METROPOLITANO DE PLANIFICACIÓN (IMP) 2010. Inventario de áreas verdes a nivel Metropolitano. Municipalidad Distrital de Lima. Pág. 6,12, 44.
- INTAGRI. 2018. Clasificación de Aguas para Riego Agrícola. Serie Agua y Riego. Núm. 20. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. Pág. 05.
- JAULIS, J. 2013. Insumos orgánicos en la preparación de sustratos para crecimiento de dos especies ornamentales. Tesis Mg Sc. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.

- LIMAYE, U. 1996. Analysis of residential water demand using multispectral videography and other electronic databases. PhD Diss., Dept. Biol. and Irr. Eng., Utah State Univ., Logan.
- LÓPEZ, F. 2014. Evaluación del riego con agua salina en nuevas variedades de la especie cespitosa *Lolium perenne*. Trabajo fin de Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural. Universidad Politécnica de Valencia. Pág. 09 – 10.
- MARCUM, K. 2004. Use of Saline and Non-potable Water in the Turfgrass Industry: Constraints and Developments. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia.
- MARTIN G.; ARAGÓN R.; P.; GÓMEZ B.; C. 2002. Análisis químico de suelos y aguas. Manual de laboratorio. Editorial Universal Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- MARTINES, N. LOPEZ, C. BASURTO, M. Y PEREZ, R. 2011. Efectos por salinidad en el desarrollo vegetativo. Universidad Autónoma de Chihuahua. México. Vol. N° 03. Pág. 158 – 160.
- MEDINA E, MANCILLA O, MICHEL L, GUEVARA R, OLGUÍN J, BARRETO O. 2016. Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxcacuesco, Jalisco. IDESIA. Chile. Pág. 51 – 59.
- MELGAR, R. y DIAZ, M. 2008. Fertilización de cultivos y pasturas. INTA. Editorial Hemisferio Sur S.A. 2ª edición. Buenos Aires- Argentina. Pág. 90 al 93.
- MENDES, D. Y GONZALES, J. 2009. Evaluación de la calidad del agua de riego usada en los cultivos de arroz de la zona alta de la meseta de la ciudad de Ibagué Tolima, Colombia. Tumbaga. Pág.: 72 – 84.
- MENGEL, K.; KIRKBY, A. 2000. Principios de nutrición vegetal. Editor internacional. Potash Institute Suiza. Pág. 692.
- MOLINA, E. Y MELÉNDEZ, G. 2002. Tabla de interpretación de análisis de suelos. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Mimeo.
- MONJE J, R. 2006. Manejo de céspedes con bajo consumo de agua. (en línea). 2 ed. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Pág. 12 - 61.
- MONTAIGNE, F. 2002. Water pressure. National Geographic 202(3). Pág. 2 - 33.

- MONTOYA D. Y TRISTAN J. 2007. Estudio de los efectos del riego con agua salina sobre el césped Seashore Paspalum (*Paspalum vaginatum*). Costa Rica. Pág. 88.
- MONTOYA D. TRISTÁN J., B.K, SINGH. OBALDÍA K. 2011. Estudio de los efectos del riego con agua salina sobre el césped Paspalum (*Paspalum vaginatum*). Universidad EARTH Las Mercedes de Guácimo, Limón, Costa Rica.
- NAVIA C, CÓRDOBA Y, VELASCO S, PRADO F, LÓPEZ N. 2013. Evaluación de diferentes formulaciones de compostaje a partir de residuos de cosecha de tomate (*Solanum lycopersicum*). Pág. 168 – 170.
- ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL – OEFA, 2014. Fiscalización Ambiental en aguas residuales. Lima – Perú. Pág. 19 – 22.
- PATRICK DU JARDIN, 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liège, Liège, Belgium.
- PAZ, O. 2017. El elevado costo de regar parques con agua potable. El Comercio. Pág. 14
- PÉREZ, J. 2011. Manual para determinar la calidad del agua para riego. Universidad Veracruzana. Facultad de ciencias Agrícolas. Veracruz – México. Pág. 6 – 20.
- PINEO, R. Y BARTON, S. 2010. Turf Grass Madness: Reasons to Reduce the Lawn in Your Landscape. Cooperative Extensión, University of Delaware. Bulletin No. 130.
- PORTOCARRERO, L. 2018. Sustratos reciclados y aislantes en el crecimiento de dos céspedes (*Cynodon dactylon* y *Paspalum vaginatum*) bajo sistema de tepes en vivero. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo. UNALM. Lima Perú.
- PRIEST, M.W., D.J. WILLIAMS Y H.A. BRIDGMAN. 2000. Emissions from in-use lawn mowers in Australia. Atmospheric Environment. 34 (4). Pág. 657 – 664.
- RAMIREZ, P. 2016. Condiciones de salinidad y recuperación de los suelos de la cancha pública de golf - San Bartolo, Lima. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola. UNALM. Pág. 05.
- RAMÍREZ, W. Y HERNÁNDEZ, L. 2016. Tolerancia a la salinidad en especies cespitosas. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Universidad de Matanzas. España. Pág. 240 – 242.

- RICHARDS, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, U.S. Salinity Laboratory Staff, USDA Handbook. Pág. 60 y 160.
- RICHARDS, L. A. 1990. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Manual núm. 60. Sexta reimpresión. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Laboratorio de Salinidad. México. Limusa. Pág. 172.
- RIVEROS, J., GERMANÁ, C. Y ÁLVAREZ, C. 2014. Un frágil ciclo del agua, energía y población en Lima. WWF Perú. Pág. 26.
- ROBBINS, P. 2007. Lawn People: How grasses, weeds, and chemicals make us who we are. Philadelphia: Temple University Press.
- ROBBINS, P. Y BIRKENHOLTZ, T. (2003). Turfgrass revolution: Measuring the expansion of the American lawn. *Land Use Policy*, 20(2). Pág. 181 - 194.
- ROJAS, G. M. 1993. Fisiología vegetal aplicada. 4ta ed. Interamericana, M Graw Hill, Madrid, España.
- ROMÁN P, MARTÍNEZ M, Y PANTOJA A. 2013. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina Regional para América Latina y el Caribe Santiago de Chile. Pág. 36.
- RUIZ, C. S. 2017. La Dureza del Agua y su Importancia en el Riego por Goteo. Serie agua y riego. Núm. 19. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. Pág. 05.
- SÁNCHEZ, A. 2009. Gestión Ambiental de las Áreas Verdes. Programa de recolección selectiva y formalización de segregadores en el cercado de Lima. Municipalidad Metropolitana de Lima. Pág. 08.
- SEDAPAL, 2009. Memoria Anual. Lima – Perú. Pág. 39.
- TANJI, K. 1990. Nature and extent of agricultural salinity. En: Agricultural Salinity Assessment and Management (Tanji, K.K., ed.), pp. 1-17. Amer. Soc. Civil Eng., ASCE Manual and Reports on Engineering Practice N°. 71, ASCE, New York.
- TARTABULL P, T., Y BETANCOURT A, C. 2016. La calidad del agua para el riego. Principales indicadores de medida y procesos que la impactan. Revista Científica Agro ecosistemas [seriada en línea], 4 (1). Pág. 47-61.

- UDDIN, MD. K.; JURAIMI, A. S.; ISMAIL, M.; OTHMAN, R. Y RAHIM, A. 2010. Effect of salinity of tropical turfgrass species. 19 th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. Brisbane - Australia.
- VALLES, M., OJEDA, D. Y GUERRERO, V. 2016. Calidad del agua para riego en una zona nogalera del estado de Chihuahua. Universidad Autónoma de Chihuahua, México. Pág. 07 - 12
- VELARDE, G. 2006. Manual técnico de jardinería I: Establecimiento de jardines, parques y especies verdes. Ediciones Mundi - Prensa. 2ª edición. Madrid-España. Pág. 109 – 137.
- VIVES, J. 2003. Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos. INVEMAR. Pág. 22 – 26.
- WILLIAMS, P. 2003. Alternativas Productivas: Césped en Rollos. Proyecto FAO - TCP/ARG-2802 (A). Provincia de Jujuy – Argentina. Pág. 03 – 09.

#### **Fuentes Electrónicas:**

- AQUA MARIS, 2013. Riego con agua de mar. Descubre todo el potencial del agua de mar. Revisado el 21 de Octubre del 2015 en: <http://www.aquamaris.org/riego-con-agua-de-mar/>
- BOZZO C. 2015. Revisado el 20 de junio del 2018 en <http://www.actualidadambiental.pe>
- CIFUENTES, J; TORRES, M; FRÍAS, M. 1997. El océano y sus recursos ii. Las ciencias del mar: Oceanografía geológica y oceanografía química. Revisado el 20 de Agosto del 2018 en [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/12/htm/sec\\_17.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/12/htm/sec_17.html)
- CSR, 2006. Laboratorio de análisis agrícolas. Análisis de aguas de riego e interpretación de resultados. [www.csrservicios.es](http://www.csrservicios.es). revisado el 30 marzo del 2017.
- CYTOPERU. Revisado el 26 de octubre del 2015 en: <http://www.cytoperu.com/materiales/Horticrop/FT%20HC.pdf>.
- IAGUA. Interpretación de un análisis de agua para riego. [www.iagua.es](http://www.iagua.es). Revisado el 30 de marzo del 2017.

- MINAGRI. 2015. Revisado el 20 de agosto del 2018 en: <http://www.minagri.gob.pe/portal/56-sector-agrario/cuencas-y-drenaje/384-estadisticas?start=3>
- MONTANA.2014. Revisado el 22 de octubre del 2015 en: <http://www.montana.com.pe/agricolacatalogolista.aspx>.
- NAVARRO, M. 2014. Manual de mantenimiento del césped. Revisado el 25 de octubre del 2015 en: <http://www.picasso.com.ar/bermuda.php>.
- PANACHLOR. Revisado el 30 de Agosto del 2018 en [www.panachlor.com](http://www.panachlor.com)
- QUÍMICA SUIZA (QSI). Revisado el 21 de octubre del 2015 en: <http://www.qsindustrial.biz/sites/default/files/product/files/publics/agrostemin.pdf>.
- ZULETA. El mantenimiento del *Paspalum vaginatum*. revisado el 21 de octubre del 2015 en <http://www.zulueta.com/>.

## VIII. ANEXOS.

### Anexo 1. Rango de colores del follaje de *Paspalum vaginatum*

<b>Color</b>						
<b>Código</b>	22 A	148 A	147 A	146 A	145 A	144 A
<b>Nombre</b>	Yellow Orange Group	Yellow Green Group	Yellow Green Group	Yellow Green Group	Yellow Green Group	Yellow Green Group
<b>Puntuación</b>	1	2	3	4	5	6

					
143 A	139 A	138 B	137 A	137 B	137 C
Green Group	Green Group				
7	8	9	10	11	12

### Anexo 2. Rango de colores de raíces de *Paspalum vaginatum*

<b>Color</b>						
<b>Código</b>	18 B	18 C	14 D	12 B	11 B	11 C
<b>Nombre</b>	Yellow Orange Group	Yellow Orange Group	Yellow Orange Group	Yellow Group	Yellow Group	Yellow Group
<b>Puntuación</b>	1	2	3	4	5	6

### Anexo 3. Análisis de Variancia y Prueba de medias (Tukey P=0.05) de la altura de planta antes de las podas.

#### ANTES DE LA PRIMERA PODA (25 DDS)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ALT. PLANTA 1ra Eval.	18	0.22	0.00	6.52

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.38	5	0.08	0.66	0.6599
TRATAMIENTOS	0.38	5	0.08	0.66	0.6599
Error	1.38	12	0.12		
Total	1.76	17			

#### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.93004

Error: 0.1150 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T2	5.00	3	0.20 A
T4	5.10	3	0.20 A
T1	5.17	3	0.20 A
T5	5.20	3	0.20 A
T3	5.27	3	0.20 A
T6	5.47	3	0.20 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### ANTES DE LA SEGUNDA PODA (60 DDS)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ALT. PLANTA 2daa Eval.	18	0.67	0.54	8.03

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.22	5	1.04	4.96	0.0108
TRATAMIENTOS	5.22	5	1.04	4.96	0.0108
Error	2.53	12	0.21		
Total	7.75	17			

#### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.25845

Error: 0.2106 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T2	4.77	3	0.26 A
T3	5.37	3	0.26 A B
T5	5.80	3	0.26 A B
T6	5.93	3	0.26 A B
T4	5.93	3	0.26 A B
T1	6.50	3	0.26 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### ANTES DE LA TERCERA PODA (107 DDS)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ALT. PLANTA 3ra Eval.	18	0.98	0.97	7.31

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	34.12	5	6.82	101.51	<0.0001
TRATAMIENTOS	34.12	5	6.82	101.51	<0.0001
Error	0.81	12	0.07		
Total	34.92	17			

#### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.71107

Error: 0.0672 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T2	1.73	3	0.15	A
T3	2.03	3	0.15	A
T4	2.97	3	0.15	B
T5	4.40	3	0.15	C
T6	4.83	3	0.15	C D
T1	5.30	3	0.15	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Anexo 4. Análisis de Variancia y Prueba de medias (Tukey P=0.05) del porcentaje de Cobertura foliar.

#### ANTES DE LA PRIMERA PODA (25 DDS)

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
COB. FOLI. 1ra Eval.	18	0.17	0.00	9.54

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	38.52	5	7.70	0.50	0.7717
TRATAMIENTOS	38.52	5	7.70	0.50	0.7717
Error	185.36	12	15.45		
Total	223.88	17			

#### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=10.77883

Error: 15.4467 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T3	38.93	3	2.27	A
T4	40.07	3	2.27	A
T2	40.40	3	2.27	A
T5	42.40	3	2.27	A
T1	42.53	3	2.27	A
T6	42.80	3	2.27	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**ANTES DE LA SEGUNDA PODA (60 DDS)**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
COB. FOLI. 2da Eval.	18	0.82	0.75	14.80

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4424.83	5	884.97	11.00	0.0004
TRATAMIENTOS	4424.83	5	884.97	11.00	0.0004
Error	965.01	12	80.42		
Total	5389.84	17			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=24.59406**

Error: 80.4178 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T2	42.27	3	5.18	A
T3	46.00	3	5.18	A B
T4	48.67	3	5.18	A B
T5	67.73	3	5.18	B C
T6	76.27	3	5.18	C
T1	82.67	3	5.18	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**ANTES DE LA TERCERA PODA (107 DDS)**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
COB. FOLI. 3ra Eval	18	0.96	0.94	11.96

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	16057.32	5	3211.46	57.98	<0.0001
TRATAMIENTOS	16057.32	5	3211.46	57.98	<0.0001
Error	664.64	12	55.39		
Total	16721.96	17			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=20.41065**

Error: 55.3867 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T2	27.60	3	4.30	A
T3	33.20	3	4.30	A
T4	39.73	3	4.30	A
T5	76.27	3	4.30	B
T6	97.87	3	4.30	C
T1	98.80	3	4.30	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Anexo 5. Análisis de Variancia y Prueba de medias (Tukey P=0.05) del peso fresco del follaje.

### DESPUES DE LA PRIMERA PODA (25 DDS)

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso fresco 1ra Eval.	18	0.21	0.00	15.04

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	26.98	5	5.40	0.65	0.6651
TRATAMIENTOS	26.98	5	5.40	0.65	0.6651
Error	99.13	12	8.26		
Total	126.11	17			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.88267**

Error: 8.2611 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T2	17.33	3	1.66 A
T6	18.27	3	1.66 A
T4	18.57	3	1.66 A
T3	19.20	3	1.66 A
T1	20.33	3	1.66 A
T5	20.93	3	1.66 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### DESPUES DE LA SEGUNDA PODA (60 DDS)

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso fresco 2da Eval.	18	0.89	0.85	28.51

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1011.11	5	202.22	20.01	<0.0001
TRATAMIENTOS	1011.11	5	202.22	20.01	<0.0001
Error	121.25	12	10.10		
Total	1132.37	17			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.71787**

Error: 10.1044 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T2	0.70	3	1.84 A
T3	4.37	3	1.84 A
T4	6.67	3	1.84 A
T1	16.67	3	1.84 B
T5	19.07	3	1.84 B
T6	19.43	3	1.84 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## DESPUES DE LA TERCERA PODA (107 DDS)

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso fresco 3ra Eval.	18	0.90	0.86	44.92

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	19438.19	5	3887.64	21.59	<0.0001
TRATAMIENTOS	19438.19	5	3887.64	21.59	<0.0001
Error	2160.77	12	180.06		
Total	21598.96	17			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=36.80166**

Error: 180.0639 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T3	0.00	3	7.75	A	
T2	0.00	3	7.75	A	
T4	4.13	3	7.75	A	
T5	30.33	3	7.75	A	B
T6	57.93	3	7.75	B	C
T1	86.83	3	7.75	C	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Anexo 6. Análisis de Variancia y Prueba de medias (Tukey P=0.05) del peso fresco de raíces.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PESO FRESCO DE RAICES (gr)	18	0.28	0.00	32.42

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	116.06	5	23.21	0.94	0.4894
TRATAMIENTOS	116.06	5	23.21	0.94	0.4894
Error	296.13	12	24.68		
Total	412.19	17			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=13.62408**

Error: 24.6778 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T3	11.30	3	2.87	A	
T4	13.07	3	2.87	A	
T2	14.80	3	2.87	A	
T1	16.77	3	2.87	A	
T5	17.40	3	2.87	A	
T6	18.60	3	2.87	A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Anexo 7. Análisis de Variancia y Prueba de medias (Tukey P=0.05) del número de raíces.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
NUMERO DE RAICES	18	0.37	0.11	12.67

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	103.98	5	20.80	1.42	0.2852
TRATAMIENTOS	103.98	5	20.80	1.42	0.2852
Error	175.57	12	14.63		
Total	279.56	17			

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=10.49042

Error: 14.6311 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T2	26.87	3	2.21 A
T3	27.73	3	2.21 A
T6	29.33	3	2.21 A
T4	31.27	3	2.21 A
T5	32.60	3	2.21 A
T1	33.33	3	2.21 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Anexo 8. Análisis de Variancia y Prueba de medias (Tukey P=0.05) de la longitud de raíces.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
LONGITUD DE RAICES (Cm)	18	0.98	0.96	3.10

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	188.79	5	37.76	94.43	<0.0001
TRATAMIENTOS	188.79	5	37.76	94.43	<0.0001
Error	4.80	12	0.40		
Total	193.59	17			

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.73423

Error: 0.3999 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T2	15.79	3	0.37 A
T3	17.25	3	0.37 A
T4	19.94	3	0.37 B
T5	20.85	3	0.37 B
T6	23.19	3	0.37 C
T1	25.26	3	0.37 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Anexo 9. Análisis de Variancia y Prueba de medias (Tukey P=0.05) del diámetro de raíces.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DIAMETRO DE RAICES	18	0.89	0.84	11.50

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	5	1.2E-03	18.48	<0.0001
TRATAMIENTOS	0.01	5	1.2E-03	18.48	<0.0001
Error	7.9E-04	12	6.6E-05		
Total	0.01	17			

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02220

Error: 0.0001 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T2	0.05	3	4.7E-03	A	
T3	0.06	3	4.7E-03	A	B
T4	0.06	3	4.7E-03	A	B
T5	0.07	3	4.7E-03		B C
T1	0.09	3	4.7E-03		C D
T6	0.10	3	4.7E-03		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Anexo 10. Análisis de Variancia y Prueba de medias (Tukey P=0.05) de la calidad visual del follaje.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CALIDAD VISUAL	18	0.99	0.99	9.54

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	277.61	5	55.52	333.13	<0.0001
TRATAMIENTOS	277.61	5	55.52	333.13	<0.0001
Error	2.00	12	0.17		
Total	279.61	17			

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.11964

Error: 0.1667 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T3	0.00	3	0.24	A	
T2	0.00	3	0.24	A	
T4	1.33	3	0.24		B
T5	6.67	3	0.24		C
T6	8.67	3	0.24		D
T1	9.00	3	0.24		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Anexo 11. Análisis de Variancia y Prueba de medias (Tukey P=0.05) de la intensidad de color del follaje

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
COLOR DE FOLLAJE	18	0.99	0.98	10.31

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	290.44	5	58.09	209.12	<0.0001
TRATAMIENTOS	290.44	5	58.09	209.12	<0.0001
Error	3.33	12	0.28		
Total	293.78	17			

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.44545

Error: 0.2778 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T2	1.00	3	0.30	A
T4	1.33	3	0.30	A
T3	1.33	3	0.30	A
T5	7.00	3	0.30	B
T1	10.00	3	0.30	C
T6	10.00	3	0.30	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Anexo 12. Análisis de Variancia y Prueba de medias (Tukey P=0.05) de la calidad visual de raíces.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CALIDAD VISUAL DE RAICES	18	0.99	0.99	6.67

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	200.67	5	40.13	361.20	<0.0001
TRATAMIENTOS	200.67	5	40.13	361.20	<0.0001
Error	1.33	12	0.11		
Total	202.00	17			

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.91418

Error: 0.1111 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T2	1.00	3	0.19	A
T3	2.00	3	0.19	B
T4	2.33	3	0.19	B
T5	6.67	3	0.19	C
T1	9.00	3	0.19	D
T6	9.00	3	0.19	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Anexo 13. Análisis de Variancia y Prueba de medias (Tukey P=0.05) de la intensidad de Color de raíces.

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
COLOR DE RAICES	18	0.98	0.98	10.00

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	80.67	5	16.13	145.20	<0.0001
TRATAMIENTOS	80.67	5	16.13	145.20	<0.0001
Error	1.33	12	0.11		
Total	82.00	17			

#### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.91418

Error: 0.1111 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T2	1.00	3	0.19	A
T3	1.33	3	0.19	A
T4	1.67	3	0.19	A
T5	4.00	3	0.19	B
T1	6.00	3	0.19	C
T6	6.00	3	0.19	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Anexo 14. Análisis de Variancia y Prueba de medias (Tukey P=0.05) del enrollamiento del tepe de *Paspalum vaginatum*

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ENROLLAMIENTO	18	1.00	1.00	3.27

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	28116.44	5	5623.29	1775.78	<0.0001
TRATAMIENTOS	28116.44	5	5623.29	1775.78	<0.0001
Error	38.00	12	3.17		
Total	28154.44	17			

#### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.88040

Error: 3.1667 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T2	1.33	3	1.03	A
T3	8.33	3	1.03	B
T4	42.33	3	1.03	C
T5	81.67	3	1.03	D
T6	96.33	3	1.03	E
T1	96.67	3	1.03	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 15. Análisis de Variancia y Prueba de medias (Tukey P=0.05) del volumen del agua lixiviada, días después del primer riego con los tratamientos.**

**PRIMERA EVALUACION (7 DDPRT)**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
VOL. AGUA LIXIVIADO 1ra Eval.	18	0.70	0.58	35.38

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1077112.50	5	215422.50	5.64	0.0067
TRATAMIENTOS	1077112.50	5	215422.50	5.64	0.0067
Error	458500.00	12	38208.33		
Total	1535612.50	17			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=536.08443**

Error: 38208.3333 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T6	340.00	3	112.85 A
T4	400.00	3	112.85 A
T1	431.67	3	112.85 A
T3	450.00	3	112.85 A
T5	631.67	3	112.85 A B
T2	1061.67	3	112.85 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**SEGUNDA EVALUACION (21 DDPRT)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
VOL. AGUA LIXIVIADO 2da Eval.	18	0.39	0.13	29.60

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	77194.44	5	15438.89	1.51	0.2569
TRATAMIENTOS	77194.44	5	15438.89	1.51	0.2569
Error	122333.33	12	10194.44		
Total	199527.78	17			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=276.90827**

Error: 10194.4444 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T4	251.67	3	58.29 A
T6	253.33	3	58.29 A
T1	353.33	3	58.29 A
T2	376.67	3	58.29 A
T3	395.00	3	58.29 A
T5	416.67	3	58.29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**TERCERA EVALUACION (35 DDPRT)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
VOL. AGUA LIXIVIADO 3ra Eval.	18	0.84	0.77	21.18

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	670806.94	5	134161.39	12.53	0.0002
TRATAMIENTOS	670806.94	5	134161.39	12.53	0.0002
Error	128483.33	12	10706.94		
Total	799290.28	17			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=283.78335***Error: 10706.9444 gl: 12*

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T1	276.67	3	59.74	A
T6	291.67	3	59.74	A B
T5	443.33	3	59.74	A B
T3	496.67	3	59.74	A B
T4	573.33	3	59.74	B C
T2	850.00	3	59.74	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)***CUARTA EVALUACION (49 DDPRT)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
VOL. AGUA LIXIVIADO 4ta Eval.	18	0.82	0.75	28.89

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	468962.50	5	93792.50	11.03	0.0004
TRATAMIENTOS	468962.50	5	93792.50	11.03	0.0004
Error	102000.00	12	8500.00		
Total	570962.50	17			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=252.85038***Error: 8500.0000 gl: 12*

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T1	63.33	3	53.23	A
T6	163.33	3	53.23	A B
T5	318.33	3	53.23	B C
T4	383.33	3	53.23	B C
T3	463.33	3	53.23	C
T2	523.33	3	53.23	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)*

#### QUINTA EVALUACION (63 DDPRT)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
VOL. AGUA LIXIVIADO 5ta Eval.	18	0.82	0.74	29.62

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	571296.94	5	114259.39	10.66	0.0004
TRATAMIENTOS	571296.94	5	114259.39	10.66	0.0004
Error	128659.33	12	10721.61		
Total	699956.28	17			

#### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=283.97765

Error: 10721.6111 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T1	83.33	3	59.78	A
T6	186.67	3	59.78	A B
T5	297.67	3	59.78	A B C
T4	426.67	3	59.78	B C D
T2	515.00	3	59.78	C D
T3	588.33	3	59.78	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### SEXTA EVALUACION (70 DDPRT)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
VOL. AGUA LIXIVIADO 6ta Eval.	18	0.83	0.75	21.93

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	190406.94	5	38081.39	11.44	0.0003
TRATAMIENTOS	190406.94	5	38081.39	11.44	0.0003
Error	39950.00	12	3329.17		
Total	230356.94	17			

#### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=158.24205

Error: 3329.1667 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T5	135.00	3	33.31	A
T6	166.67	3	33.31	A
T1	183.33	3	33.31	A
T4	350.00	3	33.31	B
T3	360.00	3	33.31	B
T2	383.33	3	33.31	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 16. Análisis de Variancia y Prueba de medias (Tukey P=0.05) de la Conductividad eléctrica del agua lixiviada, días después del primer riego con los tratamientos.**

**PRIMERA EVALUACION (21 DDPRT)**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CE. Lixiviado 1ra Eval	18	0.99	0.98	5.24

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	639.29	5	127.86	220.33	<0.0001
TRATAMIENTOS	639.29	5	127.86	220.33	<0.0001
Error	6.96	12	0.58		
Total	646.26	17			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.08919**

Error: 0.5803 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T1	6.54	3	0.44	A
T6	6.85	3	0.44	A
T5	13.89	3	0.44	B
T4	20.00	3	0.44	C
T3	20.00	3	0.44	C
T2	20.00	3	0.44	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**SEGUNDA EVALUACION (49 DDPRT)**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CE. Lixiviado 1ra Eval	18	0.81	0.73	33.62

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5661.14	5	1132.23	10.25	0.0005
TRATAMIENTOS	5661.14	5	1132.23	10.25	0.0005
Error	1325.39	12	110.45		
Total	6986.53	17			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=28.82277**

Error: 110.4493 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T1	6.02	3	6.07	A
T6	8.10	3	6.07	A
T4	37.10	3	6.07	B
T5	38.80	3	6.07	B
T3	46.57	3	6.07	B
T2	50.97	3	6.07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**TERCERA EVALUACION (70 DDPRT)**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CE. Lixiviado 1ra Eval	18	0.90	0.86	23.36

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6585.48	5	1317.10	21.80	<0.0001
TRATAMIENTOS	6585.48	5	1317.10	21.80	<0.0001
Error	724.86	12	60.40		
Total	7310.34	17			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=21.31525**

Error: 60.4050 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T1	6.28	3	4.49	A	
T6	15.12	3	4.49	A	B
T5	27.87	3	4.49	B	C
T3	42.17	3	4.49		C D
T4	45.07	3	4.49		C D
T2	63.10	3	4.49		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )