

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“FERTILIZACIÓN COMERCIAL PARA LA INSTALACIÓN DE
CAMPOS DE FÚTBOL CON CÉSPED BERMUDA (*Cynodon dactylon*)
EN COSTA CENTRAL”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRONOMO

LUIS ALBERTO DE LOS SANTOS APONTE






**LIMA – PERÚ
2023**

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad intelectual)**

Document Information

Analyzed document	TESIS CESPED_LUIS DE LOS SANTOS _AGRONOMIA.docx (D162815058)
Submitted	3/31/2023 6:05:00 PM
Submitted by	Braulio La Torre Martinez
Submitter email	braulio@lamolina.edu.pe
Similarity	2%
Analysis address	braulio.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Juárez.pdf Document Juárez.pdf (D75173924)	 2
W	URL: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/114448/E93987.pdf Fetched: 3/31/2023 8:23:00 PM	 1
SA	MD004MontsantCalvoAbellaAC02.pdf Document MD004MontsantCalvoAbellaAC02.pdf (D149976674)	 3
SA	M2.854_20221_A4 - Análisis estadístico avanzado: Análisis de varianza y repaso del curso_19155076.txt Document M2.854_20221_A4 - Análisis estadístico avanzado: Análisis de varianza y repaso del curso_19155076.txt (D156729158)	 5
SA	MD004MarianaHumeCascoAC04.pdf Document MD004MarianaHumeCascoAC04.pdf (D125843469)	 2

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

"FERTILIZACIÓN COMERCIAL PARA LA INSTALACIÓN DE CAMPOS DE FÚTBOL CON CÉSPED BERMUDA (*Cynodon dactylon*) EN COSTA CENTRAL"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRONOMO

LUIS ALBERTO DE LOS SANTOS APONTE

Lima – Perú 2023

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art. 24 – Reglamento de Propiedad intelectual)

DEDICATORIA Agradecer a Dios, mis padres, amigos, familiares, profesores y conocidos que apoyan los proyectos en los que me involucro.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la empresa Jardín Urbano S.A.C. y en especial al Señor Luis Enrique De La Cruz Yañac por la confianza brindada para ser partícipe de su empresa y empezar ahí mi camino en el mundo de las plantas ornamentales. De igual forma, expreso mi gratitud a los profesores que me brindaron su apoyo durante toda la carrera académica, y en especial a la Ing. Ruby Vega, al Ing. Braulio La Torre y al Ing. José Palacios, por aceptar ser mis guías en el largo camino de la tesis.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“FERTILIZACIÓN COMERCIAL PARA LA
INSTALACIÓN DE CAMPOS DE FÚTBOL CON CÉSPED
BERMUDA (*Cynodon dactylon*) EN COSTA CENTRAL”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

LUIS ALBERTO DE LOS SANTOS APONTE

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ing. M.S. Andrés Casas Díaz
PRESIDENTE

Ing. Mg. Sc. Braulio La Torre Martínez
ASESOR

Ing. Mg. Sc. Pedro Pablo Gutiérrez Vilchez
MIEMBRO

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

Ing. José Alfredo Palacios Vallejo
CO-ASESOR

**LIMA – PERÚ
2023**

DEDICATORIA

Agradecer a Dios, mis padres, amigos,
familiares, profesores y conocidos que apoyan
los proyectos en los que me involucro.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la empresa Jardín Urbano S.A.C. y en especial al Señor Luis Enrique De La Cruz Yañac por la confianza brindada para ser partícipe de su empresa y empezar ahí mi camino en el mundo de las plantas ornamentales.

De igual forma, expreso mi gratitud a los profesores que me brindaron su apoyo durante toda la carrera académica, y en especial a la Ing. Ruby Vega, al Ing. Braulio La Torre y al Ing. José Palacios, por aceptar ser mis guías en el largo camino de la tesis.

Finalmente, agradezco a los amigos que me apoyaron en lo que pudieron durante la tesis, y además a todo el personal de campo que me apoyó.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	OBJETIVOS	2
1.1.1	Objetivo general	2
1.1.2	Objetivos específicos	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1	TAXONOMÍA DEL CÉSPED BERMUDA	3
2.2	MORFOLOGÍA DEL CÉSPED BERMUDA	3
2.3	CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL CÉSPED BERMUDA	7
2.4	CUALIDADES DE LOS CÉSPEDES DE CAMPOS DEPORTIVOS	7
2.4.1	Densidad.....	7
2.4.2	Uniformidad	7
2.4.3	Textura	8
2.4.4	Color.....	8
2.4.5	Crecimiento	8
2.4.6	Elasticidad	8
2.4.7	Rigidez	8
2.4.8	Resiliencia	9
2.4.9	Desarrollo	9
2.4.10	Enraizamiento	9
2.4.11	Capacidad de recuperación.....	9
2.4.12	Interacción jugador- superficie.....	9
2.4.13	Interacción pelota - superficie	10
2.5	SUELO.....	10
2.5.1	Definición.....	10
2.5.2	Condiciones para céspedes deportivos.....	11
2.5.3	Arena	11
2.6	MATERIA ORGÁNICA	11
2.6.1	Materia orgánica en campos deportivos.....	12
2.6.2	Compost	12
2.7	FERTILIZACIÓN	13
2.7.1	Nitrógeno.....	13

2.7.2	Fósforo	14
2.7.3	Potasio	15
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1	UBICACIÓN	16
3.2	CONDICIONES CLIMÁTICAS	16
3.3	CONDICIONES EDÁFICAS.....	17
3.4	CALIDAD DE AGUA DE RIEGO	18
3.5	MATERIALES	19
3.6	PROCEDIMIENTOS.....	19
3.7	TRATAMIENTOS	21
3.8	DISEÑO EXPERIMENTAL	22
3.8.1	Análisis estadístico.....	22
3.8.2	Características del campo experimental.....	22
3.9	EVALUACIONES.....	23
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1	CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CÉSPED	25
4.1.1	Altura del césped.....	27
4.1.2	Cobertura vegetal del césped	28
4.1.3	Peso seco del césped	30
4.2	EVALUACIÓN DE VARIABLES EDÁFICAS.....	31
4.2.1	pH del suelo.....	32
4.2.2	Conductividad eléctrica del suelo	32
V.	CONCLUSIONES.....	34
VI.	RECOMENDACIONES	35
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	36
	ANEXOS.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de caracterización del sustrato trabajado.....	17
Tabla 2. Análisis de caracterización de suelos del experimento	18
Tabla 3. Análisis de agua de riego.....	18
Tabla 4. Dosis de nutrientes aplicadas por cada tratamiento.....	21
Tabla 5. Descripción de variables evaluadas.....	24
Tabla 6. Media aritmética de variables estudiadas por cada tratamiento.	25
Tabla 7. Resumen de los coeficientes de modelos temporales de cada tratamiento – variable.....	26
Tabla 8. Análisis de Varianza de las pendientes de las curvas de crecimiento de la altura.	27
Tabla 9. Análisis de Varianza de las pendientes de las curvas de crecimiento de la cobertura.....	29
Tabla 10. Análisis de Varianza de las pendientes de las curvas de crecimiento del peso seco....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología del césped.....	4
Figura 2. Tipo de lígula	5
Figura 3. Tipos de aurículas	6
Figura 4. Tipo de collar	6
Figura 5. Fluctuación de la temperatura y humedad relativa entre enero y mayo del 2018	16
Figura 6. Esquema de incorporación de semillas de <i>Cynodon dactylon</i> en el sustrato.....	20
Figura 7. Distribución de las unidades experimentales en el área del experimento.....	23
Figura 8. Disminución de altura de césped para cada tratamiento respecto del tiempo.....	28
Figura 9. Incremento de la cobertura del césped para cada tratamiento respecto del tiempo.....	29
Figura 10. Evolución del peso seco del césped en el tiempo	31
Figura 11. Evolución del peso seco de césped luego de la siembra.....	31
Figura 12. Comparación de pH en los sustratos al finalizar el experimento	32
Figura 13. Comparación de la conductividad eléctrica final del sustrato de crecimiento de césped.....	33

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Datos meteorológicas de la estación Ñaña.	41
ANEXO 2: Evaluaciones a lo largo del tiempo.....	45
ANEXO 3: Coeficientes extraídos de los datos en el tiempo.....	50
ANEXO 4: Datos de pH y conductividad eléctrica.....	51
ANEXO 5: Análisis estadístico	52

RESUMEN

Los céspedes son importantes en el desarrollo de áreas verdes urbanas. En el Perú, constituyen una nueva industria que requiere implementar nuevas estrategias de manejo para su correcta expansión. Fundamentalmente la planificación de la fertilización es necesaria para el desarrollo de programas de producción de céspedes, por lo que se planteó evaluar el efecto de cuatro fórmulas de fertilización para la instalación de un campo deportivo de césped bermuda (*Cynodon dactylon*). Por este motivo, se realizó un experimento con diseño completamente al azar con un testigo y 2 tratamiento con dosis de 250 unidades y 400 unidades de nitrógeno y 2 con las mismas dosis de nitrógeno y aplicación de fósforo, potasio y magnesio. Se evaluaron las características edáficas conductividad eléctrica y pH del suelo, al final del experimento, y las variables biométricas altura de planta, cobertura vegetal y peso seco, en 10 cortes de césped hasta en un periodo de 95 días después de la siembra. Los resultados muestran que la altura no se vio afectada por la fertilización, el incremento de la cobertura vegetal fue desfavorecida por la dosis más alta de nitrógeno (400 kg ha⁻¹), y la aplicación de nutrientes adicionales como fósforo, potasio, y magnesio aceleró la pérdida de peso en el césped. Finalmente, el tratamiento 5 y 2 presentaron valores menores de 7.26 y 1.71 dS m⁻¹ con respecto al pH y C.E. del suelo.

Palabras claves: Césped, *Cynodon dactylon*, Fertilización, Campos deportivos.

ABSTRACT

Grass is important in the development of urban green areas. In Peru, they constitute a new industry that requires the implementation of new management strategies for their correct expansion. Fundamentally, fertilization planning is necessary for the development of grass production programs, so it was proposed to evaluate the effect of four fertilization formulas for the installation of a Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) sports field. For this reason, an experiment with a completely randomized design was carried out with a control and 2 treatments with doses of 250 units and 400 units of nitrogen and 2 with the same doses of nitrogen and application of phosphorus, potassium and magnesium. The edaphic characteristics, electrical conductivity and pH of the soil, at the end of the experiment, and the biometric variables plant height, plant cover and dry weight, were evaluated in 10 grass cuttings up to a period of 95 days after sowing. The results show that the height was not affected by fertilization, the increase in plant cover was disadvantaged by the highest dose of nitrogen (400 kg ha⁻¹), and the application of additional nutrients such as phosphorus, potassium, and magnesium. accelerated weight loss on grass. Finally, treatment 5 and 2 presented values lower than 7.26 and 1.71 dS m⁻¹ with respect to pH and C.E. ground.

Keywords: Grass, *Cynodon dactylon*, Fertilization, Sports fields.

I. INTRODUCCIÓN

Las ciudades necesitan áreas verdes urbanas, pues estas brindan servicios eco-sistémicos, generan bienestar a través de áreas de esparcimiento y deporte, además de beneficios económicos directos e indirectos (Beard & Green, 1994; Bolund & Hunhammar, 1999). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2010), es recomendable que cada ciudad provea de mínimo nueve metros cuadrados de área verde urbana por persona. En Lima el MINAM (2020) reporta que el área verde urbana per cápita se ha mantenido en 4.9 del 2016 al 2018, valores muy por debajo de la recomendación. Además, de los 43 distritos de Lima metropolitana, sólo cinco tienen áreas mayores a los recomendable, Jesús María, Miraflores, San Borja, San Isidro y Santa María del Mar. En este contexto es necesario expandir las áreas verdes urbanas.

Uno de los grupos de plantas más utilizados son los céspedes instalados en zonas recreativas, como parques y jardines. Lamentablemente, en el Perú, la industria del césped es relativamente nueva y aún no existe una diversificación entre los diferentes sectores que están involucrados en esta especialidad: productores de césped, fabricantes de productos para el césped (Fertilizantes, pesticidas, maquinaria, equipos de jardinería y materiales de riego), contratistas, prestadores de servicios de mantenimiento y consumidores finales (públicos y privados). La base de esta actividad económica está en los productores de césped, priorizando el cultivo del césped para luego ser utilizado directa o indirectamente por el resto de las industrias. Entre las especies formadoras de céspedes las más utilizadas en Lima son solo dos géneros *Cynodon* y *Stenotaphrum* (Santos, 2018), siendo el género *Cynodon* el de mayor uso para céspedes deportivos, por tener una característica de textura fina, la cual no ejerce tanta fuerza de rozamiento sobre el balón. Además, tiene una capacidad de regeneración alta y una respuesta positiva frente al estrés del alto tránsito.

En Estados Unidos, el césped proporciona superficies de juego seguros a más de 700 mil campos deportivos, permite la recreación al aire libre a casi 26 millones de golfistas en más de 17 mil campos de golf y ofrece oportunidades económicas a decenas de miles de

productores de semillas y material vegetativo, a encargados del mantenimiento del césped. También, son parte de una industria verde que mejora la salud física y mental, particularmente en áreas urbanas y suburbanas sobrepobladas. Adicionalmente, el césped proporciona, donde sea cultivado, protección y mejora del medio ambiente a través de la purificación y protección del agua, del suelo y del aire (Haydu et al., 2006).

La promoción de la industria del césped requiere de una adecuada producción en el Perú, donde la fertilización tiene un rol fundamental en su desarrollo. Sosteniendo el adecuado suministro de nutrientes tendrá como consecuencia un óptimo establecimiento inicial del césped, plantas de mayor durabilidad en el tiempo, crecimiento acelerado y desarrollo uniforme. Sin embargo, debido al vigor natural del género *Cynodon* su manejo, por lo general, se realiza sin una adecuada fertilización. Además, la información disponible sobre fertilización en *Cynodon dactylon* es prácticamente inexistente. Es por ese motivo la importancia de esta investigación, para evaluar el efecto de fórmulas de fertilización para la instalación de un campo deportivo de césped bermuda (*Cynodon dactylon*).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

- Determinar el efecto de cuatro fórmulas de fertilización para la instalación de un campo deportivo con césped bermuda (*Cynodon dactylon*).

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la diferentes dosis de fertilización en el crecimiento y desarrollo del césped bermuda (*Cynodon dactylon*).
- Evaluar el pH y C.E. del suelo, en respuesta a la fertilización al césped bermuda (*Cynodon dactylon*).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 TAXONOMÍA DEL CÉSPED BERMUDA

Taxonomía del césped Bermuda según USDA y NRCS (2019).

Reino	: Plantae
Subreino	: Tracheobionta
Superdivisión	: Spermatophyta
División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Subclase	: Commelinidae
Orden	: Cyperales
Familia	: Poaceae / Gramineae
Sub-familia	: Eragrostoideae
Género	: <i>Cynodon</i> Rich.
Especie	: <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.
Nombre común	: Césped Bermuda

2.2 MORFOLOGÍA DEL CÉSPED BERMUDA

El césped bermuda (*Cynodon dactylon*) es una de las gramíneas usadas en la cobertura de campos deportivos, que presenta rizomas y estolones, a diferencia, por ejemplo, del césped americano (*Stenotaphrum secundatum*) que solo presenta estolones como medio de crecimiento vegetativo. Esta particularidad permite que la primera especie mencionada tenga la capacidad de tolerar periodos de estrés hídrico y una mayor recuperación frente a daños mecánicos tales como pisoteos y labores culturales de mantenimiento.

Oakley (1999) describe las partes del césped bermuda (*Cynodon dactylon*) como:

- **Rizomas**

Estructuras subterráneas, puntiagudas, escamosas, bastante ramificadas y su grosor suele duplicar al de los estolones: están revestidos por catáfilas blancas y agudas. El diámetro de

las mismas suele variar significativamente entre poblaciones. En ocasiones se han encontrado individuos con porciones estoloníferas alternadas con porciones rizomatosas.

- **Estolones**

Crecen sobre la superficie del suelo. Son estructuras profusamente ramificadas e invasoras; son achatados a cilíndricos, glabros en la mayor parte de su superficie y de color verde o con pigmentación purpúrea. A menudo, poseen dos a tres nudos aproximados entre sí (uno o dos entrenudos cortos, alternan con uno largo) formando raíces adventicias y nuevos vástagos laterales en los mismos. El ápice de un estolón puede rematar en inflorescencia, mientras que también se forman inflorescencias en vástagos laterales; en ambos casos adoptan un hábito de crecimiento erecto o ascendente.

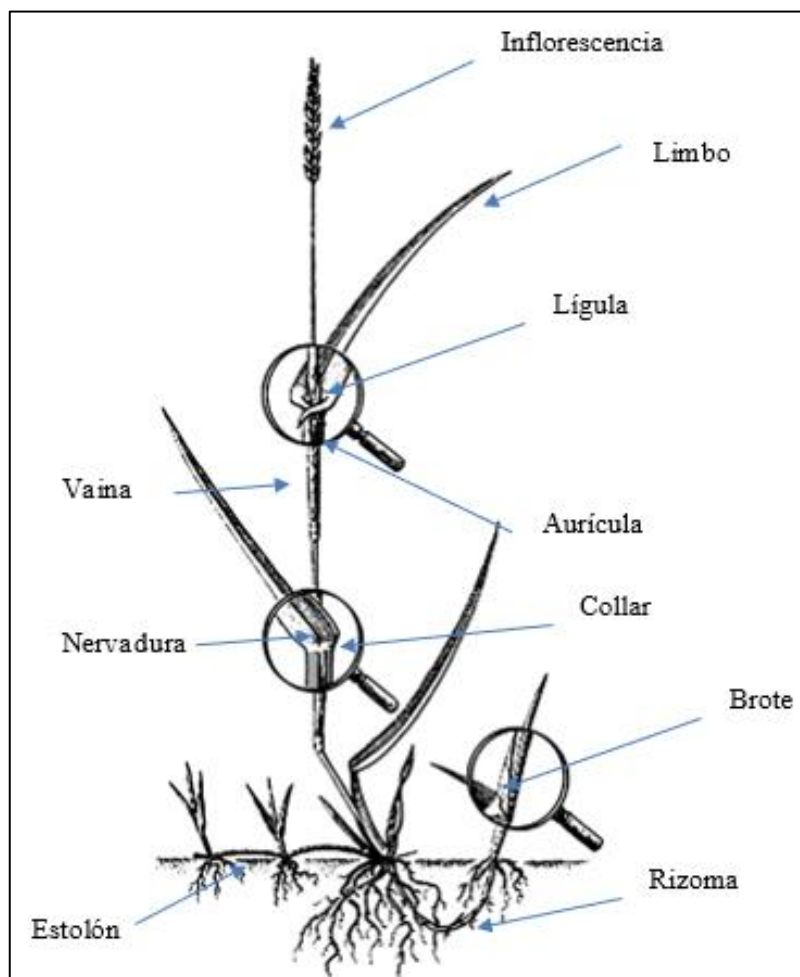


Figura 1 Morfología del césped

Fuente: Smiley, 1996

- **Hojas**

Se disponen en forma alterna y dística, agrupadas de a dos o tres semejando una disposición opuesta. Poseen vainas abiertas que rodean el tallo hasta la base, glabras excepto en la zona del cuello, más cortas, iguales o más largas que los entrenudos. El limbo posee nervaduras paralelas y es plano, estrecho y sentado. El punto de inserción entre la vaina y el limbo se conoce como collar y es donde se origina la lígula. Esta es pestañosa, con pelos de aproximadamente 0.5 mm de longitud y un mechón de pelos largos (de 2-3 mm de longitud) y sedosos a ambos lados de la misma, que finaliza en lóbulos llamados aurículas. Las láminas son verdes a verde azuladas, de longitud variable (de 1 a 15 cm), forma lanceolada y dispuesta según un ángulo casi recto en relación a la vaina.

De las partes anteriormente mencionadas, la lígula, las aurículas y el collar, son muy importantes para la adecuada identificación. Se tienen lígulas membranosas, con mechón de pelos largos o sin ninguna vellosidad. También pueden tener aurículas largas como garras, cortas anchas o estas pueden ser ausentes. Finalmente, el collar puede ser continuo, dividido o constreñido con giro (OSU, 2020). El césped bermuda (*Cynodon dactylon*) se caracteriza por contar con lígula (Figura 2: B), mas no con aurícula (Figura 3: C) y presentar un collar continuo con presencia de vellosidades.

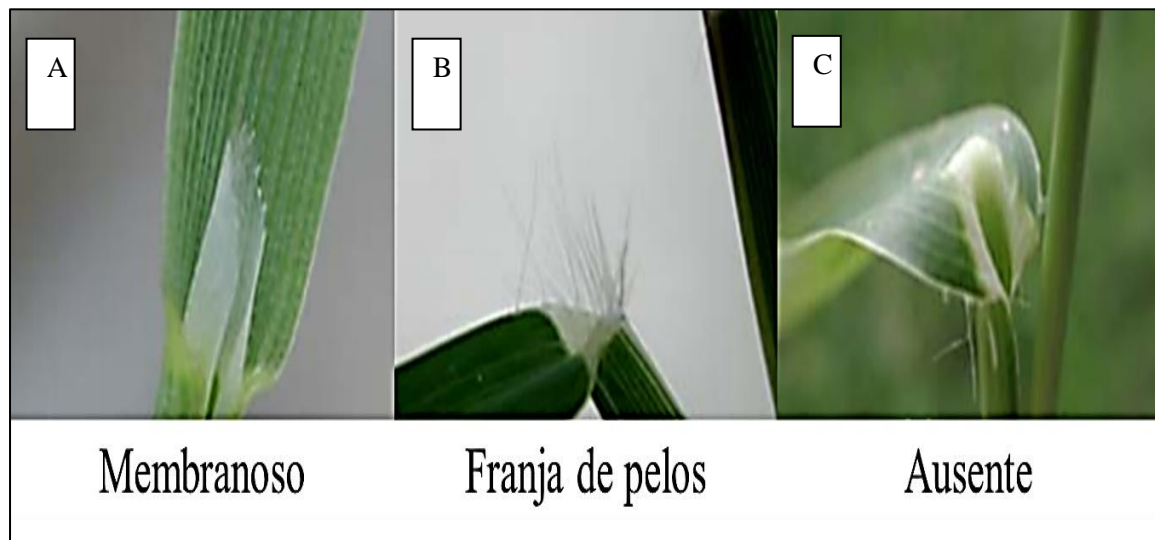


Figura 2 Tipo de lígula

Fuente: OSU, 2020

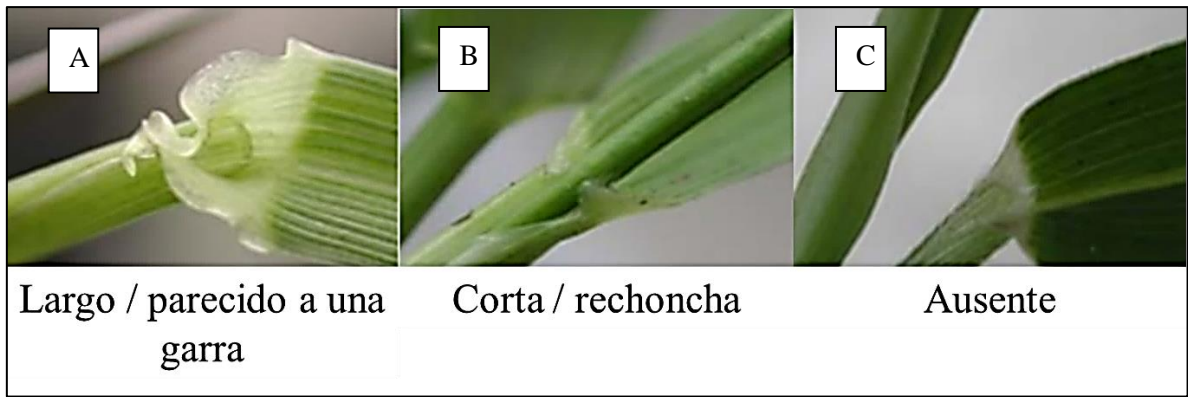


Figura 3 Tipos de aurículas

Fuente: OSU, 2020

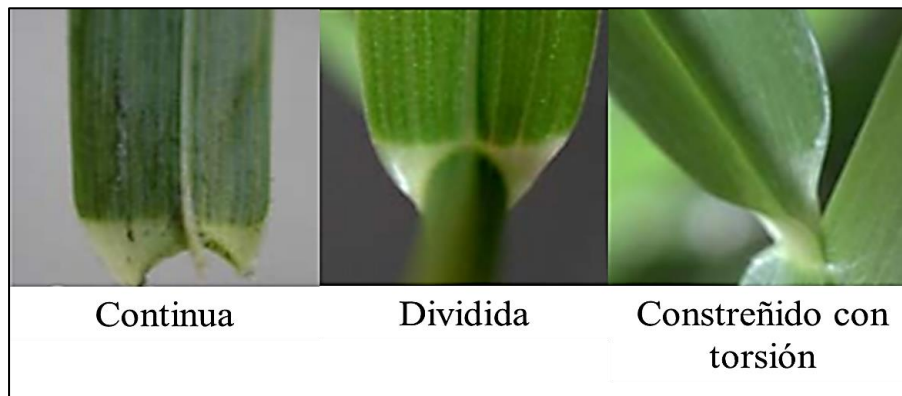


Figura 4 Tipo de collar

Fuente: OSU, 2020

- **Inflorescencia**

Corresponde a espigas en la actualidad se interpretan como racimos espiciformes digitadas en el extremo de los vástagos floríferos, de coloración verde-violáceas y 2-6 cm de longitud. Espiguillas dispuestas en dos hileras alternas e imbricadas a un solo lado del raquis, unifloras, con raquilla estéril prolongada, de forma elíptica, de 2-3 mm de longitud. Las glumas y glumeras son de coloración violácea y poseen lemma mútica. Peacock (2020) las describe como un racimo de 3 a 5 picos que se unen en la parte superior de un tallo principal.

- **Fruto**

Es una cariósida, libre entre la lemma y la pálea, sub-elíptico, comprimido y de color castaño-pardo brillante.

2.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL CÉSPED BERMUDA

Monje (2006), define al *Cynodon dactylon* como una especie que puede prosperar en zonas áridas, tolerando altas temperaturas y suelos salinos. Además, es un cultivo que precisa de alta luminosidad, puesto que bajo condiciones de sombra no prosperará. Su tolerancia máxima es en temperaturas que oscilan de 35 a 37°C, y un desarrollo óptimo cuando las temperaturas medias diarias oscilan entre los 23 a 24°C. Sin embargo, si las temperaturas bajan de los 12°C las hojas se secan y por debajo de 10°C la planta entra en latencia. También, se debe tener en cuenta la temperatura del suelo, siendo 18 a 19°C un rango que favorece el crecimiento de las raíces, y 26 a 27°C el óptimo. Laurencena et al. (2009) mencionan que la especie presenta una pérdida de color en invierno si a la temperatura media del aire está por debajo de los 10 a 15°C.

2.4 CUALIDADES DE LOS CÉSPEDES DE CAMPOS DEPORTIVOS

La cualidad de los céspedes deportivos está en función de su utilidad, apariencia y jugabilidad. Así por ejemplo un campo de fútbol deberá ser firme a las carreras, resistente al uso, con buena recuperación después de daños. Los factores visuales que se consideran en Monje (2006) son: densidad, uniformidad, color, textura, crecimiento y tersura; y los factores funcionales que se consideran son: elasticidad, rigidez, resiliencia, desarrollo, capacidad de recuperación y enraizamiento.

2.4.1 Densidad

Es una estimación visual del número de individuos por unidad de área. Se excluyen las zonas muertas de césped. La densidad el césped se puede determinar cuantitativamente contando los brotes en un área específica, pero conlleva mucho tiempo y trabajo. Sin embargo, los índices visuales están altamente correlacionados con los conteos y requieren menos tiempo y mano de obra. (Morri, s.f.) Este factor dependerá tanto de las condiciones climáticas, del cultivar o variedad, y de labores culturales, tales como: cortes bajos y frecuentes, fertilización y riego adecuados, tratamientos fitosanitarios correctos (Monje, 2006).

2.4.2 Uniformidad

Este factor mide que la apariencia del césped sea igual en toda el área. Se logrará una buena uniformidad con la textura, la altura del corte, la densidad, la variedad, el color y otras labores culturales (Monje, 2006).

2.4.3 Textura

Se refiere a textura a la medida del ancho de la hoja. Mientras más ancha sea la hoja, habrá mayor superficie de contacto y por ende mayor fricción sobre el balón (Monje, 2006). La evaluación visual de la textura es poco precisa, sin embargo, la medición física es tediosa, requiere mucho tiempo y trabajo. Las clasificaciones visuales de textura se pueden utilizar con éxito para identificar cultivares dentro de especies. Se debe tener en cuenta que toda evaluación se realiza con la hoja turgente y creciendo normalmente y no bajo estrés alguno (Morri, s.f.).

2.4.4 Color

Este es la medida de la luz reflejada por el césped. Este factor tiene dos tipos de colores, el primero es el genético que va a ser diferente entre variedades y durante la fenología del césped; y el otro es el color estacional, el cual es un indicador del estado de la planta, por ejemplo, un color amarillento o clorótico nos puede indicar deficiencia de nutrientes, un problema fitosanitario o algún otro factor que influya negativamente en el crecimiento (Morri, s.f.). Por el contrario, un color verde oscuro, nos puede indicar un excesivo aporte de fertilizantes. De igual forma la calidad del corte con una herramienta mal afilada nos puede generar tonalidades marrones generadas por las puntas necrosadas de las hojas (Monje, 2006).

2.4.5 Crecimiento

El *Cynodon dactylon*, presenta un crecimiento por estolones y rizomas. Estas condicionan de algún modo la cualidad visual. La uniformidad, la densidad, la altura del corte, van a estar ligadas estrechamente a estos tipos de crecimiento (Monje, 2006).

2.4.6 Elasticidad

Es la capacidad de las hojas de una grama de volver a su estado inicial, luego de haber sido modificadas por una fuerza de compresión. Se expresa cuando hay tráfico determinado en la zona o cuando se hace el corte (Monje, 2006).

2.4.7 Rigidez

Es la resistencia de las hojas a la compresión y está relacionado con la resistencia al uso del césped. Este factor está relacionado con la composición química de la planta, al contenido

de agua en la hoja, a las temperaturas, al tamaño de la planta, a la densidad, etc. Por ejemplo, la bermuda es muy rígida y de muy buena resistencia al uso (Monje, 2006).

2.4.8 Resiliencia

Es la capacidad de absorber el shock que altera las características de su superficie, y de algún modo recuperar su estado primitivo. Se ve influenciada por las hojas, los tallos, el colchón, la estructura y textura del suelo (Monje, 2006).

2.4.9 Desarrollo

Es la medida del césped cortado. Es un indicador del crecimiento de este, ya sea por una buena fertilización, riego u otra práctica cultural o factor medioambiental (Monje, 2006).

2.4.10 Enraizamiento

Es la cantidad de raíces activas que se puedan observar durante cualquier época de crecimiento. Si observamos numerosas raicillas blancas a lo largo del perfil, nos indica un desarrollo radicular favorable, sin embargo, si vemos raíces superficiales, cortas y paralizadas puede ser el indicador de presencia de un desarrollo lento (Monje, 2006).

2.4.11 Capacidad de recuperación

Es la capacidad del gramado de recobrar su estado después de haber sufrido daños, ya sean causados por fitopatógenos, insectos, desgaste, etc. Este factor está influenciado por el genotipo de la planta, las labores culturales y las condiciones medioambientales (Monje, 2006).

Para Merino & Ansorena (1998), los parámetros de calidad de un campo deportivo son los siguientes:

2.4.12 Interacción jugador- superficie

➤ Fricción

Es la fricción superficial al calzado con suela lisa. Una fricción o tracción elevadas pueden hacer que el pie quede “trabado” a la superficie causando daños por torcedura de tobillo o rodilla.

➤ Tracción

Es la fricción superficial al calzado con clavos o tacos.

➤ Deformidad

Tensión aplicada/deflexión de la superficie. La elevada deformidad produce dolor muscular, vibración de las extremidades y mayor riesgo de daño por caída.

➤ **Resiliencia**

Energía cinética tras el impacto/Energía cinética antes del impacto. La baja resiliencia produce fatiga.

2.4.13 Interacción pelota - superficie

➤ **Rebote de la pelota**

Altura de rebote/Altura de caída. Depende de las propiedades de la pelota y la superficie.⁴

➤ **Resiliencia a la rodadura**

Definida operacionalmente en términos de distancia de rodadura de una pelota soltada a una velocidad determinada.

Turgeon (1999), también menciona criterios generales para seleccionar las especies de césped. Pero en este caso, no solo es para campos deportivos sino para jardines en general. Menciona el vigor, la textura, la densidad, la tolerancia al frío y/o al calor, la tolerancia a la falta de agua, la tolerancia a la sombra, la tolerancia a la acidez del suelo, la tolerancia a la salinidad, la adaptación al tipo de corte, las necesidades de fertilización, la resistencia a las enfermedades y la tendencia al *thatch*.

2.5 SUELO

2.5.1 Definición

Porta et al. (2003) lo definen como una unidad multifuncional que resulta de la acción combinada de diversos factores formadores tales como la materia madre, el clima, los organismos vivos, la geomorfología, el tiempo y la influencia del hombre; es por ello que al suelo se le considera un ente vivo y dinámico influenciado por los factores anteriormente nombrados que varían de un lugar a otro y a lo largo del tiempo. Dichos factores le otorgan al suelo propiedades tales como las químicas (reacción entre los coloides, Capacidad de Intercambio Catiónico, pH, salinidad), las biológicas (biota, materia orgánica del suelo, relación carbono-nitrógeno) y las físicas (estructura, textura, humedad, porosidad, densidad, temperatura y color).

2.5.2 Condiciones para céspedes deportivos

La cubierta en la que se desarrollará el césped debe ser una mezcla entre arena y materia orgánica, en la cual se desarrollarán las raíces. Esta capa superficial debe poseer un buen drenaje, poca compactación y buena retención de agua y nutrientes para la planta. La textura debe estar compuesta de arena con una granulometría de 0.125 mm a 0.5 mm con por lo menos 60% en su composición (Azeredo, 2003) y hasta un 85%, además de contener de 6-8% de arcilla (Calderón, 1981). Los céspedes se desarrollan de forma óptima en un rango de pH de 5.5 a 7.5 y toleran muy bien la salinidad, aunque su desarrollo se ralentiza significativamente con presencia de una conductividad eléctrica mayor a 2.5 dS m⁻¹ (Monje 2006).

2.5.3 Arena

Las arenas se caracterizan por formarse de partículas relativamente redondeadas, de menos de 3 mm de diámetro. Se pueden clasificar en arena gruesa y arena fina. La arena gruesa, con un tamaño granulométrico de 1 a 2 mm, y la arena fina de 0.1 a 0.25 mm (FAO, 2009). Según la Asociación Española de Normalización y Certificación [AENOR] (2012), la arena empleada en los campos deportivos debe contar con una conductividad eléctrica de 1.9- 2.8 dS m⁻¹ y un porcentaje de carbonatos menos al 15%.

Teniendo en cuenta que los suelos muy pesados no convienen para la siembra y/o plantación del césped, ya que un cultivo permanente de gramíneas con gran densidad de siembra compite por la humedad, los nutrientes y a la permanencia del aire en el suelo. Se recomienda usar en la preparación mezclas con arena, que airean el suelo, tanto en el caso de los céspedes de jardines como en la preparación de canchas de campos deportivos (Álvarez, 2006).

2.6 MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica del suelo puede definirse como cualquier material producido originalmente por los organismos vivos (plantas o animales) que se devuelve al suelo y pasan por el proceso de descomposición (Bot y Benites, 2005). Porta et al. (2003) definen la materia orgánica del suelo (MOS) como una mezcla de restos vegetales y animales, los productos de su descomposición, las sustancias húmicas de síntesis y los millones de organismo vivos: mesofauna, microfauna y microorganismos, que, junto con las enzimas,

son los responsables de los innumerables procesos bioquímicos y biológicos que ocurren en el suelo y, por lo tanto, de su funcionamiento.

La materia orgánica del suelo incluye restos de animales y plantas en varios estados de descomposición. En los bosques, proviene de las hojas caídas, troncos de árboles muertos y de raíces de árboles. En las praderas, gran cantidad de la materia orgánica viene de las raíces y de las hierbas. En las tierras de cultivo, los residuos de las cosechas se añaden a la materia orgánica (Porta et al., 2003).

De acuerdo a Baldock y Skjemstad (1999), la MOS son todos los materiales orgánicos que se encuentran en los suelos independientemente de su origen o estado de descomposición.

2.6.1 Materia orgánica en campos deportivos

Calderón (1981), recomienda que previamente a la siembra, se debe realizar el abonado de fondo del terreno con incorporación al suelo de la materia orgánica y los fertilizantes adecuados. Además, en los terrenos *all sand* constituye obligada incorporación de turba negra o picada en dosis de 6-8 kg m⁻².

Puesto que los campos deportivos son exigentes en drenaje y aireación, las modernas superficies deportivas de alto rendimiento se construyen en base de mezclas de arena, turba, compost u otros materiales que permiten compensar la baja retención de agua y nutrientes minerales de las arenas. Este es el caso de muchos campos deportivos y de la práctica totalidad de los greens de golf (Ansorena, 2016).

2.6.2 Compost

a) Definición

El compost es el material orgánico que se obtiene como producto de la acción microbiana controlada sobre residuos orgánicos tales como hojas, rastrojos, zacates, cascaras, basuras orgánicas caseras, subproductos maderables, ramas, estiércoles, y residuos industriales de origen orgánico; con estos residuos, en forma separada o bien mezclados, se forman pilas o montones, que por acción de los microorganismos dan origen a un material (materia orgánica) de gran utilidad para los suelos agrícolas ya que mejora la estructura y la fertilidad de estos (SAGARPA, 2010).

b) Ventajas

Román et al. (2013) mencionan los beneficios físicos, químicos y biológicos del compost.

Mejora las propiedades físicas:

- Facilitando el manejo del suelo para las labores de arado o siembra.
- Aumentando la capacidad de retención de la humedad del suelo.
- Reduciendo el riesgo de erosión.
- Ayudando a regular la temperatura del suelo (temperatura edáfica).
- Reduciendo la evaporación del agua y regulando la humedad.

Mejora las propiedades químicas:

- Aportando macronutrientes, como N, P, K y micronutrientes.
- Mejorando la capacidad de intercambio de cationes.

Mejora la actividad biológica:

- Aportando organismos (como bacterias y hongos) capaces de transformar los materiales insolubles del suelo en nutrientes para las plantas y degradar sustancias nocivas.
- Mejorando las condiciones del suelo y aportando carbono para mantener la biodiversidad de la micro y macrofauna (lombrices).

c) Aplicación

El uso de compost en la siembra y mantenimiento de césped, mejora su vigor y aumenta la resistencia frente a algunos tipos de estrés bióticos y abióticos. Para la siembra se recomienda una dosis de 2.4 – 5.0 L m⁻², esparcido en superficie y enterrado con una labor muy superficial. Para usarlo en el recebado se recomienda una dosis de 1 L m⁻² (EGMASA 2016).

2.7 FERTILIZACIÓN

2.7.1 Nitrógeno

El nitrógeno es un nutriente importante para los céspedes, debido a que influye en el crecimiento de hojas, brotes, raíces, estolones y rizomas, en el color del follaje, en la densidad del césped, y en la tolerancia a condiciones climáticas adversas, desgaste, capacidad de regeneración, enfermedades y plagas insectiles (STMA, 2012). Además, se debe tener en cuenta que el nitrógeno en el suelo tiene una dinámica muy compleja, pudiendo

ser lixiviado, perderse en forma gaseosa, estar indisponible para la planta debido a su utilización en la estructura de microorganismos del suelo o ser liberado en el suelo a través de la mineralización de materia orgánica (Godoy y Lyra, 2003).

Cuando se hace uso de dosis altas de nitrógeno, el césped presenta una coloración verde más intensa, lo que es deseable en el aspecto estético, fisiológicamente posee una mayor capacidad de fotosintetizar carbohidratos por la mayor cantidad de clorofila, también un crecimiento longitudinal excesivo, que se traduce en una mayor frecuencia de corte y de mantenimiento, paredes celulares más débiles y más sensibles a plagas y enfermedades, tales como: *Rhizoctonia solani* y *Pithium*. Además, trae como consecuencia la formación de un colchón, formando por rizomas, estolones y materia orgánica en descomposición que perjudica la aireación y el drenaje, es decir, un aumento del riesgo de infecciones por hongos y proliferación de plagas insectiles. A nivel de raíz, el exceso de nitrógeno, se puede expresar en riesgo de quemaduras, además una reducción del crecimiento de la masa radicular. En cambio, una deficiencia de nitrógeno se expresa en reducción de crecimiento vegetativo, principalmente hojas, acompañado de amarillamiento debido a la reducción de la clorofila en las hojas y una presencia de florecimiento. Sin embargo, una dosis adecuada de este nutriente, proporciona un crecimiento uniforme con abundante recubrimiento superficial, hojas más resistentes y estables, mayor resistencia a los esfuerzos mecánicos, apelmazamiento reducido del colchón, mejor descomposición biológica, mejor humectación y aireación del suelo, mejor crecimiento radicular profundo y por ende un mejor aprovechamiento de los nutrientes, fuerte capacidad de regeneración y tolerancia a las sequías (Pueyo,1990).

2.7.2 Fósforo

El fósforo favorece la precocidad y el crecimiento de las raíces, fundamental para un césped resistente y su buena calidad. Este nutriente es poco móvil en el suelo, es por ello que para ser absorbido eficientemente es necesario ponerlo cerca al sistema radicular y a una dosis alta porque en su mayoría será fijado por los óxidos, generando deficiencias que se pueden expresar con un pobre desarrollo del sistema radicular y una coloración verde oscura de las hojas más viejas con márgenes púrpuras. Sin embargo, este último síntoma se puede confundir con respuestas a bajas temperaturas o luminosidad (Pueyo, 1990).

2.7.3 Potasio

El potasio no influye en el crecimiento vegetativo, ya sea parte aérea o radicular de la planta, sino que está relacionado a los mecanismos de estrés. Estos efectos sobre la planta son explicados por la función principal del potasio: regulación de apertura y cierre de las estomas. Las respuestas a la aplicación del potasio son difíciles de identificar, así como sus deficiencias, a menos que sea por medio de la productividad, mas no de forma visual. En el caso de césped, la respuesta de la fertilización se puede apreciar en la resistencia al estrés, tales como, tráfico o pisoneo, condiciones climáticas adversas, resistencia a los patógenos y sequías (Godoy y Lyra, 2003).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

El ensayo se realizó en el establecimiento de la empresa “Jardín Urbano S.A.C.” ubicada en el distrito Lurigancho, Región Lima. Se encuentra a 12°01'02.5" S, 76° 56' 06.8" O y 441 m.s.n.m.

3.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Las condiciones climáticas se evaluaron en base a los datos de la estación meteorológica Ñaña del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), ubicada a 11°59'148" S y 76°50'31" O. Los datos reportados (Anexo 7.1) muestran que no hay variaciones en la precipitación durante los meses en los que fue llevado el experimento, pero sí en la temperatura y humedad relativa. La fluctuación de la temperatura fue la adecuada para el crecimiento y desarrollo del césped, ya que fue mayor de 10°C (Santos, 2018) en todo el periodo vegetativo. La humedad relativa fue ligeramente alta como para promover el desarrollo de enfermedades, a pesar de eso, no se presentó problemas fitosanitarios.

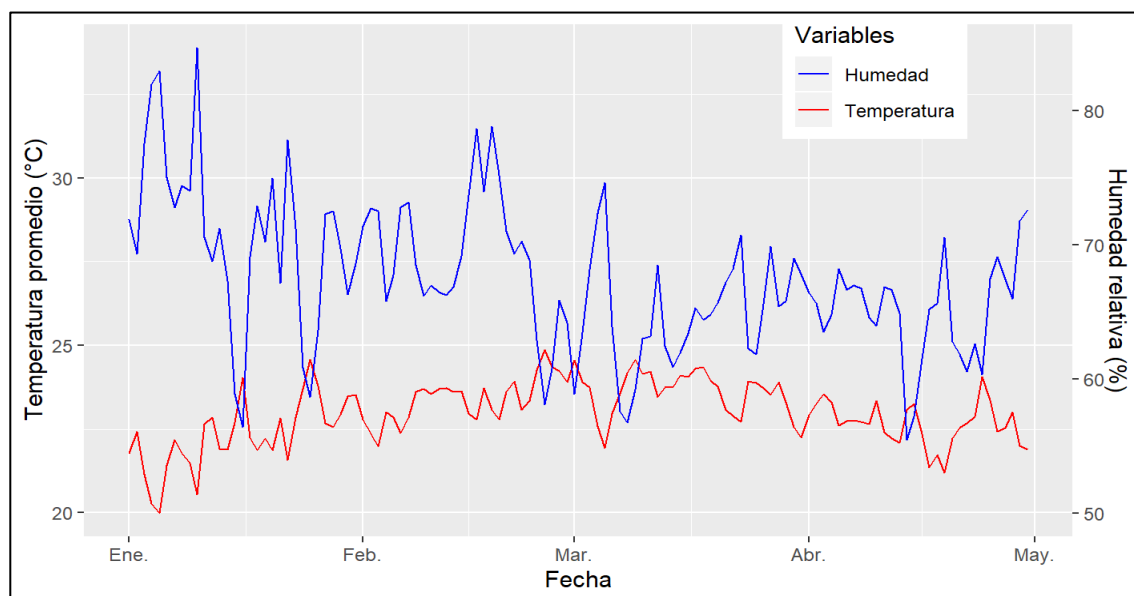


Figura 5 Fluctuación de la temperatura y humedad relativa entre enero y mayo del 2018

3.3 CONDICIONES EDÁFICAS

Los resultados del análisis de caracterización del sustrato reportan que el pH es ligeramente alcalino y el suelo puede ser clasificado como no salino. Presenta alto contenido de fósforo y potasio, niveles mayores a 14 mg kg^{-1} y 300 mg kg^{-1} . Mientras, el análisis del suelo da la clasificación de franco según el sistema de la *United State Department Agricultural (USDA)*, de carácter alcalino con una ligera salinidad, bajo contenido de materia orgánica y contenido medio de fósforo (12.28 mg kg^{-1}) y alto de potasio (285 mg kg^{-1}) según la Tabla 2.

Tabla 1 Análisis de caracterización del sustrato trabajado.

Variable	Unidades	Valor
pH (1:1)	s.u.	7.51
C.E. (1:1)	dS m^{-1}	1.83
Carbonatos	%	2.20
M.O.	%	2.80
P	mg kg^{-1}	67.80
K	mg kg^{-1}	1032
Arena	%	79
Limo	%	15
Arcilla	%	6
Clase Textural	s.u.	Arena Franca
CIC	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	11.52
Ca	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	7.57
Mg	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	2.07
K	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	1.61
Na	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	0.27
Al + H	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	0.00

Nota: s.u. (Sin unidades)

Tabla 2 Análisis de caracterización de suelos del experimento

Variable	Unidad	Valor
pH (1:1)	s.u.	7.50
CE (1:1)	dS m ⁻¹	2.61
CaCO ₃	%	0.54
MO	%	0.67
P	mg kg ⁻¹	12.28
K	mg kg ⁻¹	285
Arena	%	46
Limo	%	34
Arcilla	%	20
Clase textural	s.u.	Fr.
CIC	cmol _c kg ⁻¹	10.4
Ca ²⁺	cmol _c kg ⁻¹	6.91
Mg ²⁺	cmol _c kg ⁻¹	1.82
K ⁺	cmol _c kg ⁻¹	0.72
Na ⁺	cmol _c kg ⁻¹	0.96

Nota: s.u. (Sin unidades)

3.4 CALIDAD DE AGUA DE RIEGO

Los resultados del análisis de agua muestran que es un agua que no genera problemas de sodicidad. Sin embargo, presenta problemas de salinidad a futuro.

Tabla 3 Análisis de agua de riego.

Variable	Unidades	Valor
pH	s.u.	6.55
C.E.	dS m ⁻¹	0.82
Calcio	mEq L ⁻¹	5.7
Magnesio	mEq L ⁻¹	1.12
Potasio	mEq L ⁻¹	0.09
Sodio	mEq L ⁻¹	1.32
SUMA DE CATIONES		8.23
Nitratos	mEq L ⁻¹	0.09
Carbonatos	mEq L ⁻¹	0
Bicarbonatos	mEq L ⁻¹	2.65
Sulfatos	mEq L ⁻¹	4.34
Cloruros	mEq L ⁻¹	1.2
SUMA DE ANIONES		8.28
Sodio	%	16.03
RAS	s.u	0.71
Boro	mg L ⁻¹	0.37
Clasificación		C3-S1

Nota: s.u. (Sin unidades)

3.5 MATERIALES

- Semillas de *Cynodon dactylon*.
- Huincha.
- Equipos de labranza, siembra y cosecha.
- Jarra con medidas de 250 ml a 2 L.
- Cortadora de césped.
- Juego de estacas.
- Malla Raschell.
- Balanza con precisión de 0.1 g.
- Marco de madera de 1 metro cuadrado.
- Sacabocado.
- Fertilizantes: Urea, sulfato de potasio, fosfato diamónico, sulfato de magnesio.
- Compost y Arena
- Pesticidas: Clorpyrifos, dimetoato, mancozeb, fosetil aluminio, glifosato.

3.6 PROCEDIMIENTOS

- **Elección de semillas**

Las semillas de *Cynodon dactylon* con un porcentaje de germinación de 85 por ciento y pureza de 99.9 por ciento fueron adquiridas en la empresa ALABAMA S.A.C.

- **Preparación del campo experimental**

Se realizó una limpieza del terreno, eliminando otras especies y objetos de manera manual. Luego, se incorporó arena franca para realizar las camas elevadas de 10 cm de altura, dicha altura se escogió puesto que la evaluación solo iba a ser realizada en la etapa de instalación del césped. Posteriormente, se realizó un riego de machaco para promover el crecimiento de semillas de malezas latentes en el sustrato y luego eliminarlas manualmente. Con la ayuda del rastrillo se fraccionaron los terrones grandes para obtener un material fino que permita buen contacto con las raíces. Se aplicó herbicida glifosato para el control final de malezas y finalmente se niveló. Seguido a toda esta preparación se incorporó una película de sustrato de 2 L m⁻² arena y compost cada uno en proporción 1:1, con el fin de generar un ambiente propicio para la semilla.

- **Muestreo del suelo**

Se tomaron muestras de suelo al azar a una profundidad de 10 cm y muestras de agua para el análisis físico químico a cargo del Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

- **Siembra**

La siembra se realizó por voleo procurando que la distribución sea uniforme. La cantidad esparcida fue de 1 kg por cada 30 m² (dosis recomendada para campos deportivos). Luego se procedió a tapar las semillas con una ligera capa de sustrato (Arena + Compost; 1:1) de 2 L m⁻², para retener humedad para la semilla (Figura 6). Al finalizar la siembra, se realizó un riego con el fin de estimular la germinación.

- **Fertilización**

La fertilización siguió las dosis estipuladas para cada tratamiento. El nitrógeno y potasio se aplicó de manera fraccionada en la cama previamente preparada (la mitad antes de la siembra y mitad a los 30 días), mientras que el fósforo se aplicó en su totalidad como fertilización de fondo al inicio del experimento.

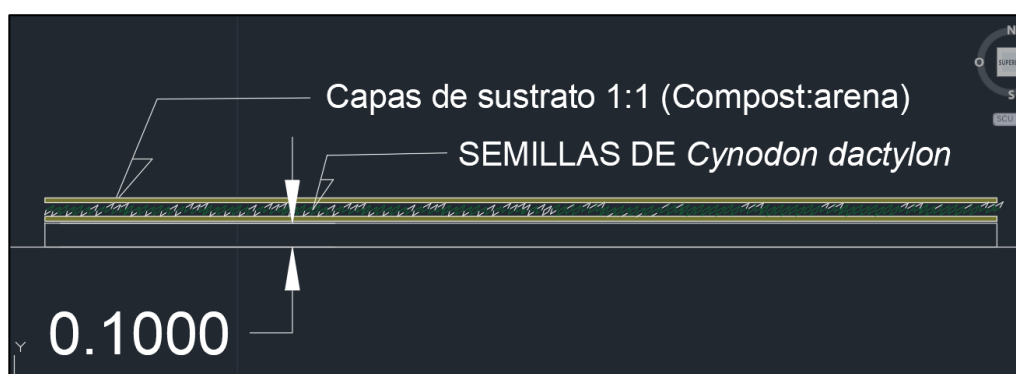


Figura 6 Esquema de incorporación de semillas de *Cynodon dactylon* en el sustrato.

- **Riego**

Durante la instalación, se mantuvo un riego con intervalos de 10 minutos diarios, suficiente para cubrir una profundidad de 3 a 5 cm. A partir del día 10, luego de la emergencia de las plantas se empezó a regar de manera interdiaria hasta cubrir una profundidad de 3 a 5 cm. El caudal de sistema de riego usado en el experimento fue de 80 L minuto⁻¹.

- **Control de malezas**

La instalar la cama y previa instalación del experimento, se realizó un control de malezas manual de malezas y luego un control químico con glifosato a 75 ml por mochila.

- **Labores complementarias**

En la labor del corte de césped se utilizó una máquina rotativa marca Murray. Este corte se realizó a los 30 días después de la siembra, con el objetivo de uniformizar la altura del césped, puesto que, al momento de germinar, este no crece de manera homogénea. Luego de este primer corte se obtuvo un césped con altura de 3 cm desde el ras del suelo y se hizo un manejo semanal de los cortes para la evaluación de los tratamientos.

3.7 TRATAMIENTOS

Se instaló 5 tratamientos (Tabla 4) por bloque. Las dosis de fertilización fueron tomadas del artículo escrito por el Ingeniero Alberto Pueyo Cuesta (1990) en la revista Horticultura Ornamental N° 60. En esta clasifica al césped según el uso: ornamental extensivo, ornamental intensivo, deportivos de utilización poco frecuente y deportivos de utilización muy frecuente. La dosis recomendada en esta última es de N (250-400 Kg ha⁻¹ año⁻¹), P₂O₅ (120-150 Kg ha⁻¹ año⁻¹), K₂O (150-250 Kg ha⁻¹ año⁻¹) y MgO (40-50 Kg ha⁻¹ año⁻¹). Las aplicaciones de fertilizantes fueron realizadas a los 0 DDS y a los 30 DDS. Fraccionando el nitrógeno y potasio entre la primera y segunda aplicación y el fósforo incorporado completo al inicio.

Tabla 4 Dosis de nutrientes aplicadas por cada tratamiento.

Tratamiento	Dosis (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)				Dosis (g ue ⁻¹ mes ⁻¹)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	250.0	120.0	150.0	40.0	8.3	4.0	5.0	1.3
3	250.0	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0
4	400.0	150.0	250.0	50.0	13.3	5.0	8.3	1.7
5	400.0	0.0	0.0	0.0	13.3	0.0	0.0	0.0

Nota: La unidad experimental (ue) está comprendida como un área de 4 m²

3.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

La investigación se desarrolló bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 5 tratamientos y 4 repeticiones, que resulta en 20 unidades experimentales. El análisis estadístico se realizó con la programación de RStudio, versión 4.0.2.

3.8.1 Análisis estadístico

Las variables edáficas y la concentración de nitrógeno foliar fueron probadas mediante el análisis de varianza (ANOVA) para revisar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos. De resultar positivo el análisis, se procedió a utilizar una prueba de comparación de medias Duncan, con la finalidad de encontrar diferencias significativas entre cada par de tratamientos.

Las variables altura, cobertura, y peso seco se modelaron en base al tiempo. En el eje X, los días después de la siembra (DDS) y en el eje Y, las variables. Con ello se generó una regresión lineal con el logaritmo de la variable DDS, en el software R. Los resultados del modelo dieron como valores numéricos los coeficientes β_0 (intercepto) y β_1 (pendiente). La pendiente al ser una función del tiempo es un indicador de la tasa de crecimiento (altura), la tasa de reducción de biomasa (MS) y tasa de incremento de la cobertura (CB). Por ello al extraer los coeficientes de cada repetición, estos pueden ser procesados como variables adicionales mediante análisis de varianza y comparación de medias Duncan para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos.

$$AL \sim \beta_0 + \beta_1 * \log (tiempo)$$

$$PS \sim \beta_0 + \beta_1 * \log (tiempo)$$

$$CB \sim \beta_0 + \beta_1 * \log (tiempo)$$

3.8.2 Características del campo experimental

Cada unidad experimental consistió de un área de 4 m² con 0.4 m de distancia entre unidades experimentales. En los 4 bloques tuvo un espacio de 0.4 m de separación (Figura 6).



Figura 7 Distribución de las unidades experimentales en el área del experimento.

3.9 EVALUACIONES

- **Altura**

La primera medición se realizó a los 30 días después de la siembra, luego se midió cada siete días. Después de cada medición, se realizó el corte para obtener una altura de 3 cm respecto al nivel del suelo. Se seleccionaron 6 puntos al azar de cada unidad experimental descontando 0.25 m de los bordes.

- **Cobertura vegetal**

A los 30 DDS se procedió a realizar la medición de cobertura vegetal, después cada siete días se realizó la medida con un marco de madera y se realizó la poda después de la medición, el corte se realizó hasta obtener 3 cm de altura en campo. Para realizar la evaluación se utilizó un marco de madera de 1 m² (2 m x 0.5 m), el cual se colocó en el centro de la parcela para reducir el efecto borde de cada unidad experimental, luego se tomaron fotos con una cámara fotográfica Nikon 3500 a una altura de alejamiento del suelo de 2 m. finalmente, las fotos se procesaron en el *software* SisCob v.1.0 (Ferrari *et al.*, 2019) para obtener el porcentaje de cobertura (Tabla 5).

- **Peso seco**

Para realizar la evaluación se utilizó un marco de madera de 1 m² (2 m x 0.5 m), colocándose este en el centro de cada unidad experimental para delimitar el espacio de donde se recolectará el residuo del corte del césped. El primer corte fue a los 30 DDS y posteriormente cada semana. Los residuos de corte se recolectaron en una bolsa de papel de papel kraft y se

pesaron en una balanza electrónica, luego fueron ingresados a la estufa por un periodo de 36 horas a 70°C, finalmente se pesó la materia seca.

- **pH y Conductividad eléctrica**

Al inicio y final de la investigación se tomaron muestras del suelo al azar de cada unidad experimental descontando 0.25 m de los bordes. Se evaluó el pH y la conductividad eléctrica para cada tratamiento, el pH del suelo en extracto 1:1 y conductividad eléctrica 1:1, ambas tomadas de 0 a 10 cm de profundidad. La conductividad eléctrica 1:1 se multiplico por 2 para estimar el valor de la pasta saturada.

Tabla 5 Descripción de variables evaluadas.

Variable	Simbología	Unidades
pH del suelo	pH	Sin unidades
Conductividad Eléctrica	CE	dS m ⁻¹
Altura	AL	cm
Cobertura Vegetal	CB	%
Peso Seco	PS	g

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 5 muestra las diferencias estadísticas significativas entre las tasas de peso seco en el tiempo (β_1 (PS)), tasas de la cobertura vegetal en el tiempo (β_1 (COB)), pH y conductividad eléctrica, mientras la tasa de altura en el tiempo (β_1 (ALT)) no tuvo diferencias significativas. Cabe resaltar que se usó las tasas de crecimiento respecto al tiempo (pendientes) en el análisis Duncan debido a datos perdidos en el proceso experimental por problemas logísticos. En las variables biométricas, el T1 destacó en su tasa de peso seco en el tiempo, mientras el T2 y T4 resaltaron en la tasa de cobertura vegetal en el tiempo. En las variables edáficas, el T1 y T4 tuvieron un pH significativamente alto y el T3, T4 y T5 una elevada salinidad.

Tabla 6 Media aritmética de variables estudiadas por cada tratamiento.

Tratamiento	β_1 (ALT)	β_1 (PS)	β_1 (COB)	pH	Conductividad Eléctrica (CE)
T1	-2.20 a	-3.029 a	15.378 ab	7.52 a	3.60 ab
T2	-3.00 a	-34.446 b	25.469 a	7.38 ab	2.69 b
T3	-3.27 a	-10.264 ab	12.028 ab	7.35 ab	4.76 a
T4	-2.48 a	-32.619 b	23.037 a	7.49 a	4.29 a
T5	-2.36 a	-12.531 ab	-5.825 b	7.26 b	4.23 ab

Nota: β_1 (PS) - tasa de peso seco relativo en el tiempo (g día^{-1}), β_1 (COB) - tasa de cobertura relativa en el tiempo ($\% \text{ día}^{-1}$) y β_1 (ALT) - tasa de crecimiento relativo en el tiempo (cm día^{-1}). Letras diferentes en las medias comprenden diferencia estadística con $\alpha=0.05$ (Prueba de Duncan)

4.1 CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CÉSPED

La evaluación del crecimiento y desarrollo del césped se realizó a través del modelamiento de las variables altura, cobertura vegetal y peso seco de cada corte respecto del tiempo (días después de la siembra). Para ello se realizaron modelos lineales de tendencia logarítmica para cada uno de los tratamientos y repeticiones, cuyos resultados se presentan en la tabla 6. Los resultados muestran que la tendencia de la altura y peso seco fue a disminuir con el tiempo (pendientes negativas). Por el contrario, la cobertura tiende a incrementarse con el tiempo. Este comportamiento se debe a que la altura se ve limitada con los cortes, pues se rompe la “dominancia apical”, generando que los brotes secundarios empiecen a activarse

con mayor fuerza, creciendo de manera lateral, generando mayor macollamiento y por ende mayor cubrimiento del área, y es por ello que la cobertura aumenta. Esto está ampliamente demostrado, pues la fragmentación de los estolones y rizomas disminuye el número de yemas por segmento, estimulando su crecimiento en *Cynodon dactylon* (Centro de Biotecnología Agrícola Internacional [CABI], 2022).

Tabla 7 Resumen de los coeficientes de modelos temporales de cada tratamiento – variable.

Tratamiento	Altura*		Peso Seco*		Cobertura*	
	β_0	β_1	β_0	β_1	β_0	β_1
T1	14.25±2.04	-2.20±0.53	53.72±15.36	-3.03±3.41	-18.52±17.02	15.38±4.23
T2	17.19±1.38	-3.00±0.35	189.85±15.79	-34.45±4.09	-65.35±10.68	25.47±2.77
T3	18.12±1.05	-3.27±0.28	84.27±27.39	-10.26±6.39	-9.26±16.13	12.03±4.55
T4	15.32±1.30	-2.48±0.30	183.07±26.92	-32.62±6.49	-51.52±16.80	23.04±4.09
T5	14.45±2.17	-2.36±0.52	89.51±10.05	-12.53±2.51	62.52±21.21	-5.82±4.98

Nota: (*) Media de los coeficientes de cada repetición adicionando (\pm) el error estándar.

La investigación de Mengel y Kirkby (2001) exponen que la respuesta de las plantas a la aplicación de nitrógeno depende de las condiciones del suelo, la especie de planta, la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo y la cantidad disponible durante el desarrollo de la planta. Además, indica que el poder buffer del suelo es un factor importante para la disponibilidad de cualquier nutriente. Para este experimento se desconoce el poder buffer del sustrato. Sin embargo, se conoce la C.E. del suelo y su relación negativa con el peso seco y la altura (Wang et al., 2002), cuya severidad incrementa con la aplicación creciente de nitrógeno (Akhtar et al., 2012), factor clave evaluado en este experimento. Además, los cálculos de nitrógeno mineral disponible en base al contenido de materia orgánica ($\rho_a = 1.6 \text{ Mg m}^{-3}$, coeficiente de mineralización = 0.015) muestran que el sustrato provee 100.8 kg ha^{-1} de nitrógeno por sí solo, dosis que incentivo una respuesta en la especie *Cynodon dactylon* (Ames et al., 2014). Esto sugiere que los tratamientos aplicados superan el límite de absorción de nitrógeno por parte de la planta y disminuyen la capacidad de absorción de agua y nutrientes en el suelo debido al incremento de la salinidad.

Camargo et al. (2011) evaluaron los cambios en la concentración de nutrientes en *Cynodon spp* a lo largo de cortes cada 28 días. Su investigación muestra que la concentración de potasio disminuye linealmente y magnesio disminuye ligeramente linealmente, conforme se incrementan los cortes, por lo que es requerido una fertilización fraccionada de dichos

nutrientes para mantener el vigor de la planta. La aplicación de ambos nutrientes en este experimento fue completa antes de la siembra. Este factor pudo ser decisivo en la falta de significancia de los tratamientos que incluyen estos nutrientes, quedando como recomendación para posteriores investigaciones la aplicación fraccionada de estos nutrientes.

4.1.1 Altura del césped

La altura del césped presento una disminución gradual en el tiempo (Figura 8), siendo la principal causa los cortes sucesivos en el campo experimental. Al eliminar el follaje, disminuye el contenido de nutrientes y la capacidad fotosintética de la planta, usados para la producción de biomasa, que deriva en el crecimiento vegetal. Además, los cortes del césped promueven el crecimiento lateral o “macollamiento” en lugar de su crecimiento vertical. En la Figura 8 se observa todos los tratamientos tienen una tendencia a disminuir en el tiempo. Sin embargo, el análisis de varianza (Tabla 7) confirma que no existen diferencias significativas en las pendientes (β_1) de cada tratamiento, es decir no existen diferencias significativas en la tasa de crecimiento de la altura de cada tratamiento, por lo que se infiere que la pérdida de vigor de cada tratamiento fue similar. A pesar de esto, el de mayor dosificación de nutrientes (T4) se presenta ligeramente superior, puesto que al finalizar las evaluaciones (95 DDS) es el que presenta una diferencia de 0.5 cm respecto al inmediato inferior. Sin embargo, de manera estadística no se encuentran diferencias significativas.

Tabla 8 Análisis de Varianza de las pendientes de las curvas de crecimiento de la altura.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	F	p-valor
Tratamiento	4	3.278	0.8195	0.6007	0.66935
Bloques	3	23.846	7.9486	5.8263	0.01076
Residuales	12	16.371	1.3643		

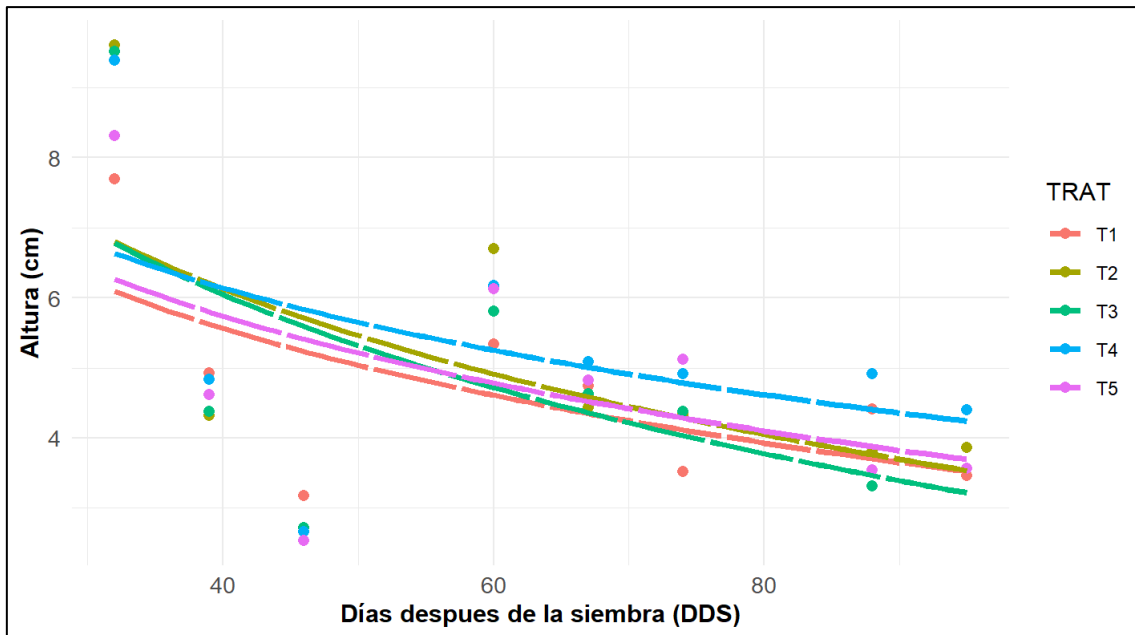


Figura 8. Disminución de altura de césped para cada tratamiento respecto del tiempo.

Esta tendencia también puede explicarse por el incremento de la salinidad del medio, ocasionado por la calidad del agua de riego y la aplicación excesiva de fertilizante. Se debe tener en cuenta que un agua es salina cuando su conductividad eléctrica es superior al valor de 0.7 dS m^{-1} (CENEC, 2020). El incremento de la conductividad eléctrica del suelo y las aplicaciones de nitrógeno creciente tienen impacto negativo sobre las plantas, disminuyendo su crecimiento y producción de biomasa (Wang et al., 2002; Akhtar et al., 2012), expresado en la notoria reducción de la altura en el 95 DDS.

4.1.2 Cobertura vegetal del césped

A diferencia de la altura, la cobertura vegetal del césped tuvo una tendencia a incrementarse en el tiempo, debido a la multiplicación por estolones y rizomas en el suelo, como se observa en la Figura 9, donde los T1, T2, T3 y T4 tienen tendencias similares de crecimiento en comparación con el T5 que posee una tendencia contraria. Esto sugiere que el incremento en la dosis de nitrógeno (400 kg ha^{-1}) desequilibra el incremento de la cobertura vegetal, al no encontrar otros nutrientes en equilibrio. Esto se genera por un exceso de nitrógeno, puesto que el elemento no encuentra competencia alguna como en el T4, que cuenta con la incorporación del elemento potasio que es antagonista del catión amonio (Martínez, 1981), es decir que en este caso se generó una competencia ocasionando que no todo el nitrógeno sea asimilado. El tratamiento 1 y 3, no presentan la misma condición debido a que al no tener nitrógeno o ser una dosis inferior (250 kg ha^{-1}) el suplemento del suelo es suficiente para

abastecer de dicho nutriente a la planta, manteniendo la tendencia a incrementarse la cobertura vegetal.

Tabla 9 Análisis de Varianza de las pendientes de las curvas de crecimiento de la cobertura.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	F	p-valor
Tratamiento	4	2448.1	612.01	2.6415	0.08614
Bloques	3	1433.1	477.69	2.0618	0.15893
Residuales	12	2780.2	231.69		

La tabla 9 muestra los resultados del análisis de varianza que indican que a un nivel de significancia de 5% no existen diferencias significativas entre los tratamientos. A pesar de esto, a un nivel de 10% de significancia si existen diferencias las cuales son evidentes al analizar la figura 9. Es necesario aclarar, que la variación en la cobertura vegetal del tratamiento 5 tuvo una alta desviación estándar (19.92) que sería la razón por la cual el ANOVA no detecta las variaciones observadas (Figura 9).

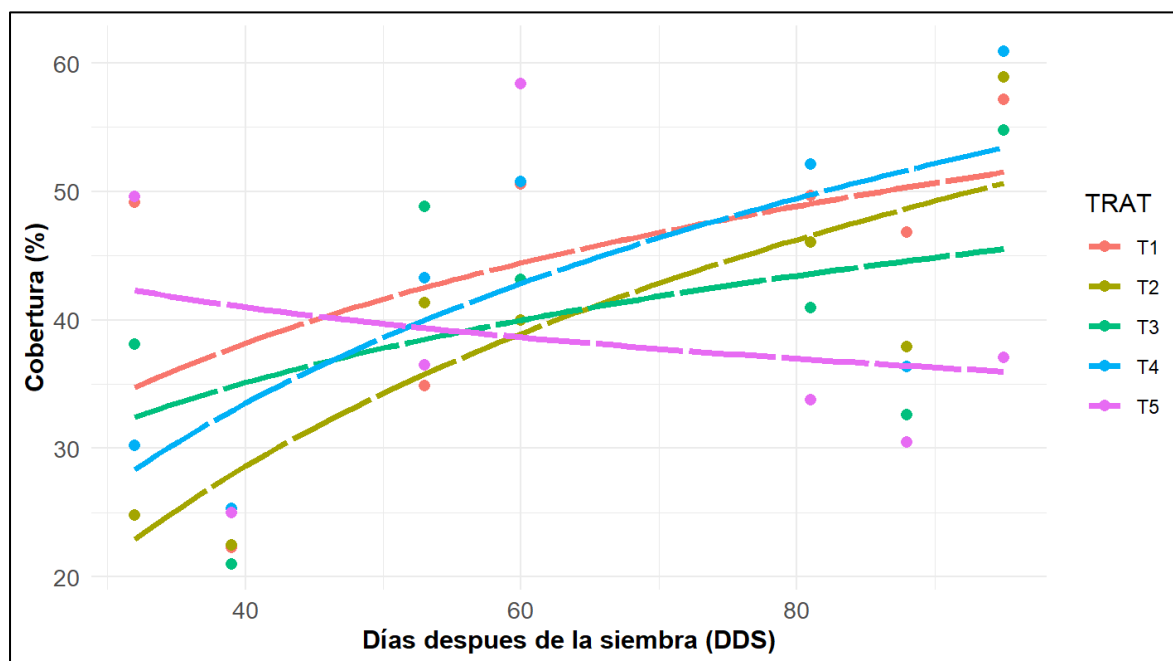


Figura 9 Incremento de la cobertura del césped para cada tratamiento respecto del tiempo.

4.1.3 Peso seco del césped

Al igual que la altura, el peso seco (g m^{-2}) disminuyó con el transcurrir de los días en el experimento. La Figura 10 muestra que al finalizar el experimento (80 DDS) las observaciones no tienen mayor diferencia, mientras a los 40 DDS se ven diferencias entre los tratamientos. Los resultados del ANOVA muestran que existen diferencias significativas en al menos uno de los tratamientos, para lo cual se procedió al análisis con Duncan. Se realizaba semanal la medición y corte del césped.

Tabla 10 Análisis de Varianza de las pendientes de las curvas de crecimiento del peso seco.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	F	p-valor
Tratamiento	4	3185.8	796.45	3.6167	0.03718
Bloques	3	2997.6	999.20	4.5374	0.02397
Residuales	12	2642.6	220.22		

Al tratarse de pendientes negativas (disminución del peso seco con el tiempo) la comparación por barras (Figura 7) se realizó aplicando el valor absoluto de las pendientes. Se observa que los tratamientos 2 y 4 son los de pendiente más negativa, es decir la disminución del peso seco fue más drástica, a diferencia de los tratamientos 1, 3 y 5 cuya disminución de peso fue más estable en el tiempo. Esto resultó contradictorio, puesto que los tratamientos 2 y 4 fueron los de nutrición completa y se esperaba que su disminución de rendimiento (peso seco) sea menos drástica. La tasa de absorción de magnesio puede verse fuertemente reprimida por cationes como potasio, amonio, calcio, y manganeso (Marschner, 2002). La aplicación de urea (250 y 400 kg ha^{-1}) y el alto contenido natural de potasio en el suelo (1032 mg kg^{-1}) pueden ser una causa de bloqueo de absorción de magnesio, Marschner (2002), también señala que las deficiencias de magnesio causan una disminución en la translocación de carbohidratos como consecuencia hay una disminución de almidón en los tejidos de almacenamiento y baja en el peso de granos. Esto puede explicar superficialmente la disminución drástica del peso seco. Sin embargo, para tener una conclusión más certera sería necesario un análisis de nutrientes en el tejido vegetal final.

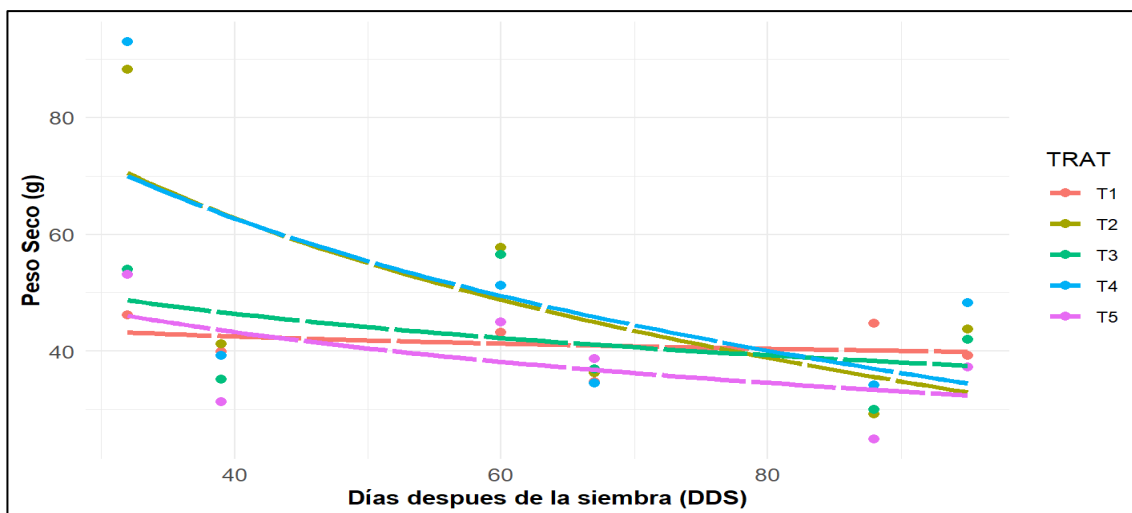


Figura 10 Evolución del peso seco del césped en el tiempo

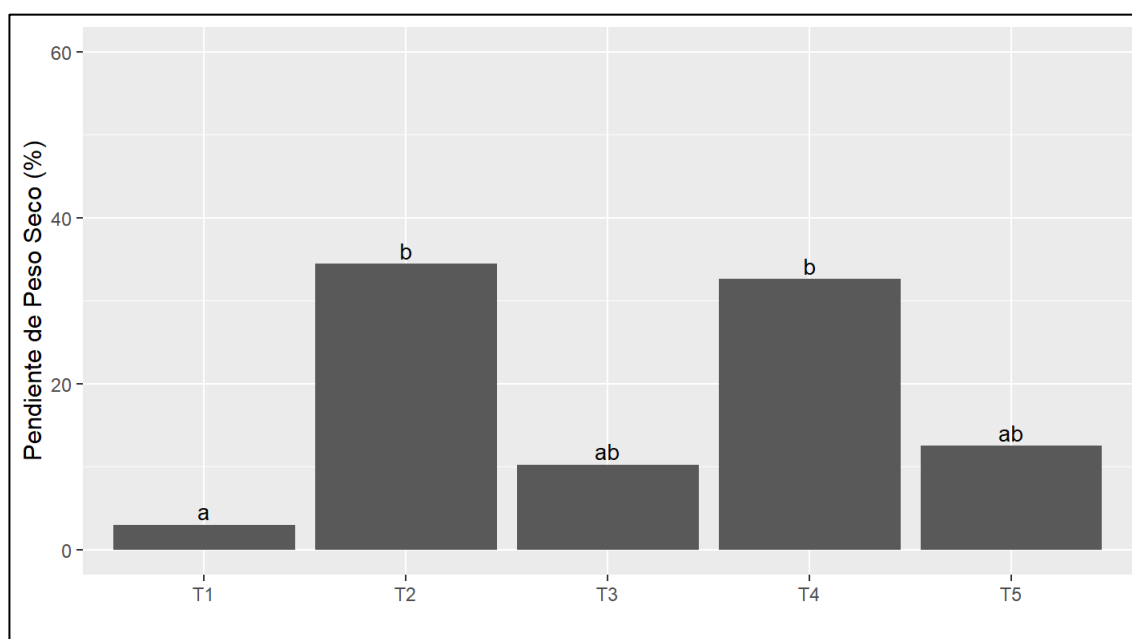


Figura 11 Evolución del peso seco de césped luego de la siembra.

4.2 EVALUACIÓN DE VARIABLES EDÁFICAS

El pH y conductividad eléctrica (C.E.) fueron evaluados en base al diseño en bloques completamente al azar (DBCA). Para ambas variables, los resultados del ANOVA mostraron que al menos un tratamiento tiene un valor promedio diferente del resto de tratamientos. La comprobación de supuestos arrojó que se cumple la normalidad de residuos y homogeneidad de varianzas, por el contrario, no se cumple con la independencia de los datos. Al cumplirse con dos de los tres supuestos se procedió con la prueba de comparación de medias Duncan.

4.2.1 pH del suelo

Los resultados del pH muestran no existen diferencias significativas entre los tratamientos 1 (7.52), 2 (7.38), 3 (7.35) y 4 (7.49). Solo el tratamiento 1 (7.52) y 4 (7.49) es superior al tratamiento 5 (7.26), siendo diferentes significativamente. Sin embargo, como se puede apreciar en la figura 8 y al observar los valores numéricos estas diferencias son insignificantes respecto del sustrato original (pH = 7.51). Se puede atribuir la mayor diferencia del tratamiento 5 al efecto acidificante de la alta dosis de urea utilizada, cuyo índice de acidificación es de 80. Esto no sucede en el tratamiento 4, puesto que los índices de acidificación de los fertilizantes tales como el sulfato de potasio y de magnesio son neutros (Villagarcía y Aguirre, 2014).

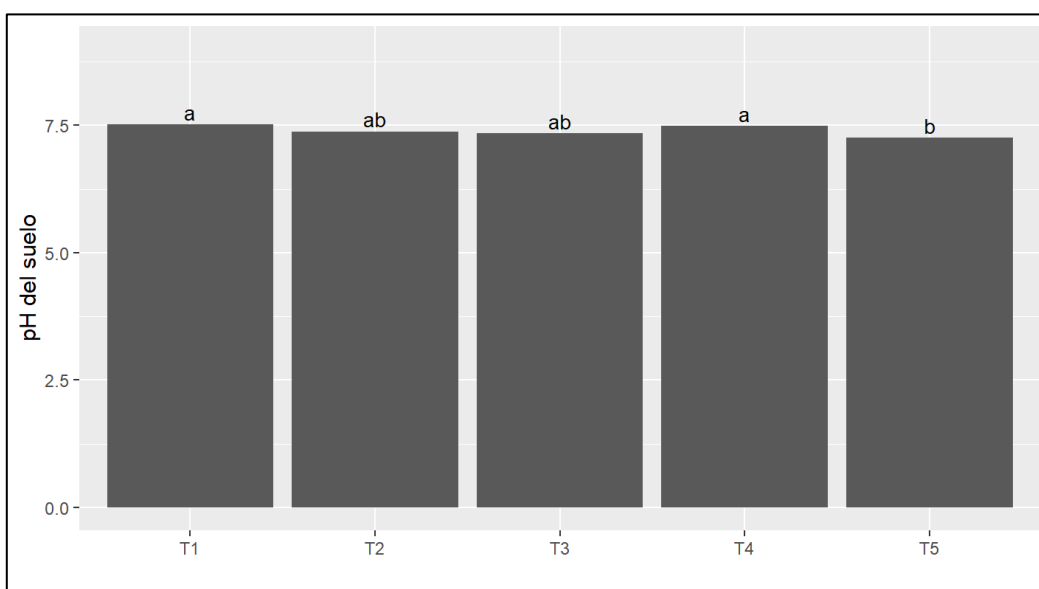


Figura 12. Comparación de pH en los sustratos al finalizar el experimento

4.2.2 Conductividad eléctrica del suelo

La conductividad de los tratamientos 1 y 2 se encuentra dentro de los estándares señalados por el LASPAF. Por otro lado, los tratamientos 3, 4, y 5 presentan valores superiores a 4 dS.m⁻¹ considerados potencialmente peligrosos para el desarrollo normal de plantas sensibles a la salinidad. Nuevamente la explicación es la aplicación de la urea, que además de ser fertilizante acidificante, también tiene un efecto salino pues su índice de salinidad es de 75 (Villagarcía y Aguirre, 2014). Los tratamientos 4 y 5 fueron expuestos a dosis altas de urea (400 kg ha⁻¹), mientras que el tratamiento 3 sólo tuvo aplicación de urea (250 kg ha⁻¹). El tratamiento 2 a pesar de tener una dosis de urea igual al del tratamiento 3, tuvo la aplicación

de sulfato de potasio y magnesio, que a pesar de ser fertilizantes con efecto salino su índice de salinidad es inferior (46). La aplicación de otros nutrientes promueve la absorción de otros iones, por parte de la planta, mitigando ligeramente la salinidad remanente del sustrato. Y no se han reportado problemas de salinidad en *Cynodon dactylon*. Generalmente los experimentos se realizan con sustratos no salinos como el trabajo de Ames et al. (2014) y Quiroga, Picchioni y Remmenga (2001) que evaluaron fertilización en *Cynodon dactylon*. Sin embargo, si se ha comprobado el efecto de la salinidad en otras especies similares como en *Paspalum vaginatum* (Huaraca, 2018).

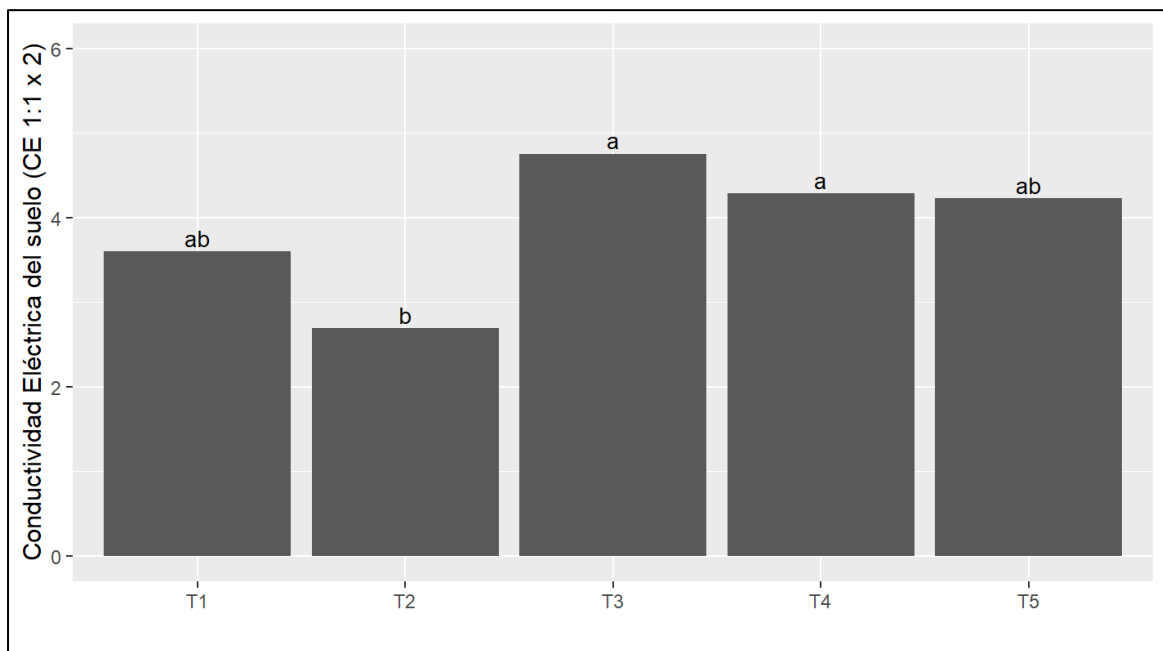


Figura 13 Comparación de la conductividad eléctrica final del sustrato de crecimiento de césped.

V. CONCLUSIONES

- La aplicación de fórmulas de fertilización balanceada con nitrógeno (N), fósforo (P), y potasio (K) no tuvo efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo del césped bermuda (*Cynodon dactylon*) para campos deportivos.
- Las fórmulas con alto contenido de nitrógeno (400 kg ha^{-1}), sin aplicación de otro nutriente, tuvieron efecto negativo disminuyendo el crecimiento y desarrollo de cobertura vegetal, es decir retrasando el proceso de instalación de campos deportivos. Los nutrientes fósforo, magnesio y potasio en dosis altas de nitrógeno disminuyen la ganancia de peso seco.
- La C.E. y pH del suelo mostraron diferencias significativas en respuesta a la fertilización. El tratamiento 5 y 2 presentaron valores menores de 7.26 y 1.71 dS m^{-1} con respecto al pH y C.E. del suelo, respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

- Utilizar sustratos cuya base nutricional es baja en fósforo y potasio.
- Controlar la cantidad y calidad del agua de riego, enfocándose en el uso de aguas de baja salinidad.
- Para futuros trabajos realizar el análisis foliar de nutrientes trabajados, para este caso nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio.
- Realizar el experimento en un periodo mayor a 1 año.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Akhtar, M., Hussain, F., Ashraf, M., Qureshi, T., Akhter, J. y Awan, A. (2012). Influence of Salinity on Nitrogen Transformations in Soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43(12), 1674–1683. DOI:10.1080/00103624.2012.681738
- Álvarez de la Puente, J. (2014). *Manual de compostaje para la agricultura ecológica*. Andalucía.
- Ames, J., Abbado, M., Dalazen, D., Mufatto, L., Ducati, C., Cabrera, C., y Tres, T. (2014). Dry matter production, chemical composition, dry matter digestibility and occurrence of fungi in Bermuda grass hay (*Cynodon dactylon*) under different fertilization systems or associated with pea plantings in winter. *Ciencia e Investigación Agraria*, 41(2), 5–6. DOI:10.4067/s0718-16202014000200003
- Ansorena, J. (2016). *El compost de bioresiduos: normativa, calidad y aplicaciones*. Madrid.
- Asociación Española de Normalización y Certificación [AENOR] (2012). *Norma española: Superficies deportivas de hierba natural. Parte 1: Sistemas de construcción para superficies deportivas de fútbol, rugby y golf*. Madrid.
- Azeredo, P. (2003). Nutricao de gramados. *Simpósio Sobre Gramados: Producao, Implantacao e Manuntenciao*, 10. Sao Paulo.
- Baldock, J., y Skjemstad, J. (1999). *Soil organic carbon - soil organic matter*.
- Beard, J. y Green, L. (1994). The role of turfgrasses in environmental protection and their benefits to humans. *Journal of Environmental Quality*, 23(3), 452–460. DOI: 10.2134/jeq1994.00472425002300030007x
- Bolund, P., y Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, (29), 293–301. DOI: 10.1016/S0921-8009(99)00013-0

- Bot, A., y Benites, J. (2005). *The importance of soil organic matter: key to drought-resistant soil and sustained food and production*. Roma: FAO.
- Centro de Biociencia Agrícola Internacional (2022). Invasive species compendium – *Cynodon dactylon* (Bermuda Grass) [Ficha de datos]. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/17463#08E37C7A-1978-411A-973D-B7F40B02D92F>
- Calderón, J. (1981). *Informes de la construcción*. España.
- Camargo, S. C., Mesquita, E. E., Castagnara, D. D., Neres, M. A., y Oliverira, P. S. (2011). Efeito da aplicação de dejetos de suínos na concentração de minerais na parte aérea de capins Tifton 85. *Scientia Agraria Paranaensis*, 10(2), 51–62.
- Centro Español de Césped (CENEC) (2020). *Mantenimiento de Campos de Fútbol de Césped Natural: Riego y Drenaje*. España.
- Empresa de Gestión Medioambiental (EGMASA). (2016). *Use el compost en agricultura, viveros y paisajismo*. Andalucía.
- Ferrari, D., Pozzolo, O., y Ferrari, H. (2019). Desarrollo de un software para estimación de cobertura vegetal. Disponible en: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/varios/DesarrolloSoftEstimacionCoberturaVegetal.asp>
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2009). *Guía para la descripción de suelos* (4th ed.). Roma: FAO.
- Godoy, L., y Lyra, R. (2003). Nutricao de gramados. *Simpósio Sobre Gramados: Producao, Implantacao e Manuntenciao*, 48. Sao Paulo.
- Haydu, J., Hodges, A., y Hall, C. (2006). *Economic impacts of the turfgrass and lawncare industry in the United States*.
- Huaraca-Ramírez, W. R. (2018). *Riego del césped Paspalum vaginatum con diferentes concentraciones de agua salina bajo sistema de tepes*. UNALM.

- Laurencena, M., Carponi, M., Reinoso, P., Butus, M., Scorciapino, C., Galli, M., y Pérez, G. (2009). Comportamiento de céspedes de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. en Paraná, Entre Ríos, Argentina. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, XX (39), 129–141.
- Marschner, H. (2002). *Mineral nutrition of higher plants* (2nd ed.). Reino Unido: Academic Press.
- Martínez Raya, Armando. (1981). *La Fertilización*. Revista de Extensión Agraria. España.
- Mengel, K., y Kirkby, E. (2001). *Principles of plant nutrition* (5th ed.). Springer.
- Merino, D. y Ansorena, J. (1998). *Césped deportivo – Construcción y mantenimiento*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2020). *Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA): superficie de área verde urbana por habitante en Lima Metropolitana*. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/998>
- Monje, R. (2006). *Manejo de céspedes con bajo consumo de agua* (5th ed.). Sevilla.
- Morri, K. (s.f.) A Guide to NTEP Turfgrass Rating. Recuperado 27 dic. 2020. Disponible en: <https://www.ntep.org/reports/ratings.htm#tap>
- National Turfgrass Evaluation Program (NTEP). A Guide to NTEP Turfgrass Ratings. Recuperado 25 may 2020. Disponible en: http://www.ntep.org/reports/bg13/bg13_18-14f/bg13_18-14f.htm
- Oakley, L. (1999). Botánica y sistemática de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 19(1), 3–10.
- Peacock, C. (2020). *Bermudagrass: turffiles*. Disponible en: <https://content.ces.ncsu.edu/bermudagrass>
- Porta, J., López, M. y Roquero, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente* (3rd ed.). Madrid: Mundi prensa.
- Portocarrero, L. K. (2019). *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 título de ingeniero agrónomo). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

Portocarrero, L. K., Palacios, J., y Jaulis, J. C. (2019). Producción de césped Bermuda (*Cynodon dactylon*) bajo sistema de tepes en sustratos provenientes del reciclaje de residuos urbanos e industriales. *Análes Científicos*, 80(2), 533–545.

Pueyo, A. (1990). El abonado del césped. *Hortofruticultura*, (60), 33–42. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Hort%2FHort_1990_60_completa.pdf

Quiroga-Garza, H. M., Picchioni, G. A., y Remmenga, M. D. (2001). Bermudagrass Fertilized with Slow-Release Nitrogen Sources. I. Nitrogen Uptake and Potential Leaching Losses. *Journal of Environmental Quality*, 30(2), 440–448. DOI: 10.2134/jeq2001.302440x

Román, P., Martínez, M., y Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. Roma: FAO.

Santos, A. (2018). Establecimiento de céspedes utilitarios comúnmente usados en Lima (Trabajo de suficiencia profesional para optar el título de ingeniero agrónomo). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2010). *Elaboración de composta*. Chapingo.

Sports Turf Managers Association (STMA). (2012). *Guía del STMA para el mantenimiento de campos de fútbol internacional*. EEUU.

The Ohio State University (OSU). (2020). Turfgrass identification. Recuperado 25 dic. 2020. Disponible en: https://buckeyeturf.osu.edu/pdf/01_turfgrass_identification.pdf

United States Department of Agriculture (USDA) y National Resources Conservation Service (NRCS). (2019). The PLANTS database. Recuperado 05 Ene 2019. Disponible en: <http://plants.usda.gov>

Villagarcía Hermoza, S., y Aguirre Yato, G. (2014). *Manual de uso de fertilizantes para las condiciones del Perú*. Lima: UNALM.

Wang, D., Poss, J. A., Donovan, T. J., Shannon, M. C., y Lesch, S. M. (2002). Biophysical properties and biomass production of elephant grass under saline conditions. *Journal of Arid Environments*, 52(4), 447–456. DOI: 10.1006/jare.2002.1016

World Health Organization (WHO). (2010). *Urban Planning, Environment and Health: From Evidence to Policy Action*. Disponible en: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/114448/E93987.pdf

ANEXOS

ANEXO 1: Datos meteorológicas de la estación Ñaña.

Fecha	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
1/01/2018	21.78333	71.91667	0
2/01/2018	22.43333	69.33333	0
3/01/2018	21.15417	77.54167	0
4/01/2018	20.26667	82	0
5/01/2018	19.98333	83	0
6/01/2018	21.4125	75.04167	0
7/01/2018	22.17083	72.79167	0
8/01/2018	21.77917	74.41667	0
9/01/2018	21.4875	74.04167	0
10/01/2018	20.54167	84.75	0.0375
11/01/2018	22.6375	70.54167	0
12/01/2018	22.85833	68.75	0
13/01/2018	21.9	71.25	0
14/01/2018	21.875	67.29167	0
15/01/2018	22.69583	58.875	0
16/01/2018	24.04167	56.375	0
17/01/2018	22.25417	69.08333	0.00416667
18/01/2018	21.8625	72.91667	0
19/01/2018	22.225	70.20833	0
20/01/2018	21.85417	75	0.0625
21/01/2018	22.81667	67.125	0
22/01/2018	21.56667	77.83333	0.10416667
23/01/2018	22.85833	71.25	0
24/01/2018	23.70417	60.83333	0
25/01/2018	24.57083	58.625	0
26/01/2018	23.79167	63.625	0
27/01/2018	22.66667	72.29167	0
28/01/2018	22.55833	72.5	0
29/01/2018	22.94167	69.70833	0
30/01/2018	23.46667	66.33333	0
31/01/2018	23.52917	68.58333	0

Fecha	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
1/02/2018	22.77917	71.41667	0
2/02/2018	22.35417	72.75	0
3/02/2018	21.975	72.54167	0
4/02/2018	23.0125	65.79167	0
5/02/2018	22.84167	67.75	0
6/02/2018	22.3875	72.79167	0
7/02/2018	22.84167	73.20833	0
8/02/2018	23.6125	68.5	0
9/02/2018	23.70417	66.20833	0
10/02/2018	23.5375	66.95833	0
11/02/2018	23.69583	66.45833	0
12/02/2018	23.73333	66.25	0
13/02/2018	23.60833	66.875	0
14/02/2018	23.62917	69.16667	0.01666667
15/02/2018	22.96667	73.70833	0.2
16/02/2018	22.79167	78.66667	0.04166667
17/02/2018	23.7125	73.95833	0
18/02/2018	23.06667	78.83333	0
19/02/2018	22.78333	75.20833	0
20/02/2018	23.6	71.04167	0
21/02/2018	23.93333	69.33333	0
22/02/2018	23.07083	70.29167	0
23/02/2018	23.34583	68.875	0
24/02/2018	24.26667	62.875	0
25/02/2018	24.875	58.08333	0
26/02/2018	24.34583	60.79167	0.05833333
27/02/2018	24.23333	65.875	0
28/02/2018	23.89167	64.16667	0

Fecha	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
1/03/2018	24.54167	58.875	0
2/03/2018	23.9125	63.45833	0
3/03/2018	23.7375	68.16667	0.00416667
4/03/2018	22.57917	72.33333	0
5/03/2018	21.94167	74.66667	0
6/03/2018	22.95417	63.875	0
7/03/2018	23.55833	57.58333	0
8/03/2018	24.175	56.75	0
9/03/2018	24.58333	59.20833	0
10/03/2018	24.15417	63	0
11/03/2018	24.2125	63.16667	0
12/03/2018	23.45652	68.47826	0.00434783
13/03/2018	23.75417	62.45833	0
14/03/2018	23.74167	60.875	0
15/03/2018	24.1	61.91667	0
16/03/2018	24.0625	63.41667	0
17/03/2018	24.31667	65.29167	0
18/03/2018	24.34583	64.41667	0
19/03/2018	23.94583	64.79167	0
20/03/2018	23.775	65.66667	0
21/03/2018	23.08333	67.20833	0
22/03/2018	22.89583	68.20833	0
23/03/2018	22.70833	70.75	0
24/03/2018	23.925	62.25	0
25/03/2018	23.88333	61.83333	0
26/03/2018	23.72917	65.58333	0
27/03/2018	23.52083	69.875	0
28/03/2018	23.89167	65.41667	0
29/03/2018	23.3	65.79167	0
30/03/2018	22.55	69	0
31/03/2018	22.25417	67.83333	0

Fecha	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
1/04/2018	22.91667	66.41667	0
2/04/2018	23.25	65.625	0
3/04/2018	23.55417	63.5	0
4/04/2018	23.3	64.79167	0
5/04/2018	22.60417	68.20833	0
6/04/2018	22.7375	66.625	0
7/04/2018	22.77083	66.95833	0
8/04/2018	22.7125	66.75	0
9/04/2018	22.65	64.58333	0
10/04/2018	23.34167	63.95833	0
11/04/2018	22.40417	66.875	0
12/04/2018	22.225	66.625	0
13/04/2018	22.0875	64.91667	0
14/04/2018	23.075	55.45833	0
15/04/2018	23.25833	57.16667	0
16/04/2018	22.35	61.5	0
17/04/2018	21.35833	65.20833	0
18/04/2018	21.72083	65.625	0
19/04/2018	21.2	70.58333	0
20/04/2018	22.21667	62.79167	0
21/04/2018	22.52917	61.83333	0
22/04/2018	22.66667	60.54167	0
23/04/2018	22.875	62.625	0
24/04/2018	24.0625	60.33333	0
25/04/2018	23.36667	67.45833	0.01666667
26/04/2018	22.43333	69.08333	0
27/04/2018	22.525	67.41667	0
28/04/2018	23.01667	65.95833	0
29/04/2018	22.00417	71.79167	0
30/04/2018	21.8875	72.66667	0

ANEXO 2: Evaluaciones a lo largo del tiempo

Bloque	TRAT	DDS	AL	MS	CB
I	T1	32	3	5	61.21
I	T1	39	4.58	31.54	11.8
I	T1	46	2.15		
I	T1	53			12.3
I	T1	60	3.08	36	49.23
I	T1	67	4.38	41	
I	T1	74	3.5		
I	T1	81			42.1
I	T1	88	3.58	26	18.59
I	T1	95	3.25	26	59.91
II	T1	32	9.43	68	23.2
II	T1	39	4.45	28.93	22.7
II	T1	46	2.43		
II	T1	53			47.7
II	T1	60	6.5	60	43.76
II	T1	67	5.25	28	
II	T1	74	4		
II	T1	81			55.7
II	T1	88	4.58	51	63.32
II	T1	95	4.25	38	64.36
III	T1	32	8.87	58	58.9
III	T1	39	5.53	48.78	34.9
III	T1	46	3.57		
III	T1	53			43.2
III	T1	60	5.92	41	64.24
III	T1	67	4.25	22	
III	T1	74	3		
III	T1	81			57.88
III	T1	88	4.92	38	63.04
III	T1	95	3.5	43	45.79
IV	T1	32	9.47	54	53.2
IV	T1	39	5.13	50.62	20
IV	T1	46	4.53		
IV	T1	53			36.2
IV	T1	60	5.83	36	44.95
IV	T1	67	5.08	48	
IV	T1	74	3.58		
IV	T1	81			42.9
IV	T1	88	4.58	64	42.22
IV	T1	95	2.83	50	58.47

Bloque	TRAT	DDS	AL	MS	CB
I	T2	32	9.2	100	34.5
I	T2	39	4.2	17.96	12
I	T2	46	0.73		
I	T2	53			44.8
I	T2	60	7.05	85	42.99
I	T2	67	5.67	51	
I	T2	74	5		
I	T2	81			51.21
I	T2	88	5.08	44	43.69
I	T2	95	4.25	52	50.3
II	T2	32	10.48	109	12.4
II	T2	39	3.13	54.96	17.5
II	T2	46	2.97		
II	T2	53			43.8
II	T2	60	7.92	82	61.74
II	T2	67	4.67	37	
II	T2	74	4.42		
II	T2	81			45.3
II	T2	88	3.58	32	49.43
II	T2	95	4	76	65.21
III	T2	32	8.73	68	21.4
III	T2	39	4.07	29.58	31.4
III	T2	46	3.7		
III	T2	53			44.3
III	T2	60	7.17	36	26.86
III	T2	67	4.58	25	
III	T2	74	4.5		
III	T2	81			38.38
III	T2	88	3.08	17	33.45
III	T2	95	3.67	38	59.26
IV	T2	32	10.03	76	30.8
IV	T2	39	5.88	62.61	29.2
IV	T2	46	3.48		
IV	T2	53			32.4
IV	T2	60	4.67	28	28.41
IV	T2	67	2.83	32	
IV	T2	74	3.42		
IV	T2	81			49.36
IV	T2	88	3.5	24	24.99
IV	T2	95	3.52	9	60.86

Bloque	TRAT	DDS	AL	MS	CB
I	T3	32	10.82	17	35.3
I	T3	39	3.92	29.39	21.4
I	T3	46	2.48		
I	T3	53			63
I	T3	60	6.83	54	54.03
I	T3	67	5.33	47	
I	T3	74	3.67		
I	T3	81			56.37
I	T3	88	3.75	43	47.29
I	T3	95	4.08	44	75.93
II	T3	32	8.65	97	45.3
II	T3	39	4.87	51.97	22.9
II	T3	46	2.72		
II	T3	53			40.3
II	T3	60	6.83	88	53.63
II	T3	67	4.33	36	
II	T3	74	4.58		
II	T3	81			47.26
II	T3	88	3.58	46	43.64
II	T3	95	4.75	51	71.46
III	T3	32	9.15	46.2	32.7
III	T3	39	4.98	33.76	14.3
III	T3	46	2.9		
III	T3	53			50
III	T3	60	4.92	53	43.17
III	T3	67	3.17	48	
III	T3	74	3.33		
III	T3	81			26.58
III	T3	88	2.17	21	20.51
III	T3	95	2.25	44	46.55
IV	T3	32	9.43	56	39.1
IV	T3	39	3.73	25.63	25.3
IV	T3	46	2.77		
IV	T3	53			41.8
IV	T3	60	4.67	31	21.85
IV	T3	67	5.67	17	
IV	T3	74	5.92		
IV	T3	81			33.5
IV	T3	88	3.75	10	19.1
IV	T3	95	3.17	29	25.24

Bloque	TRAT	DDS	AL	MS	CB
I	T4	32	9.88	89	20.8
I	T4	39	3.05	22.22	17.7
I	T4	46	2.2		
I	T4	53			37.4
I	T4	60	6.75	71	41.82
I	T4	67	5.25	31	
I	T4	74	4.92		
I	T4	81			50.43
I	T4	88	4.25	45	49.4
I	T4	95	4.58	50	77.61
II	T4	32	7.33	76	37.6
II	T4	39	4.95	48.76	21.3
II	T4	46	3.39		
II	T4	53			30.6
II	T4	60	5.17	43	39.83
II	T4	67	4.58	27	
II	T4	74	4.75		
II	T4	81			35.91
II	T4	88	4.08	36	40.18
II	T4	95	4.92	79	69.35
III	T4	32	9.52	66	38
III	T4	39	4.7	53.79	23.4
III	T4	46	1.88		
III	T4	53			61.6
III	T4	60	7.17	40	53.68
III	T4	67	5.58	32	
III	T4	74	4.42		
III	T4	81			61.12
III	T4	88	4.17	31	27.66
III	T4	95	4	28	33.42
IV	T4	32	10.83	141	24.4
IV	T4	39	6.65	32.37	38.7
IV	T4	46	3.15		
IV	T4	53			43.5
IV	T4	60	5.58	51	67.74
IV	T4	67	4.92	48	
IV	T4	74	5.58		
IV	T4	81			60.96
IV	T4	88	4.17	25	28.09
IV	T4	95	4.08	36	63.34

Bloque	TRAT	DDS	AL	MS	CB
I	T5	32	4.8	45	24.8
I	T5	39	3.72	24.59	19.1
I	T5	46	2.28		
I	T5	53			22
I	T5	60	6.67	55	45.3
I	T5	67	5	46	
I	T5	74	5.33		
I	T5	81			34.88
I	T5	88	3.67	30	39.98
I	T5	95	4.58	44	41.5
II	T5	32	8.75	48	65.1
II	T5	39	5.33	25.71	22.9
II	T5	46	1.93		
II	T5	53			52.8
II	T5	60	6.83	45	66
II	T5	67	4.83	26	
II	T5	74	4.92		
II	T5	81			32.07
II	T5	88	3.83	23	25.37
II	T5	95	3.42	25	24.32
III	T5	32	9.68	58.71	49.4
III	T5	39	4.3	32.11	20.8
III	T5	46	2.87		
III	T5	53			39.5
III	T5	60	6.08	51	60.86
III	T5	67	4.86	27	
III	T5	74	4.75		
III	T5	81			36.14
III	T5	88	3.33	26	36.23
III	T5	95	3.42	35	44.24
IV	T5	32	10.03	61	59.1
IV	T5	39	5.13	43.17	37.5
IV	T5	46	3.07		
IV	T5	53			31.8
IV	T5	60	4.92	29	61.29
IV	T5	67	4.58	56	
IV	T5	74	5.5		
IV	T5	81			32.01
IV	T5	88	3.33	21	20.4
IV	T5	95	2.83	45	38.24

*Celdas en blanco representan evaluaciones perdidas.

ANEXO 3: Coeficientes extraídos de los datos en el tiempo

Trat.	Bloque	Altura		Peso Seco		Cobertura	
		β_0	β_1	β_0	β_1	β_0	β_1
T1	I	2.6311	0.8107	-26.71018	13.32	22.009608	3.531592
T1	II	14.834	-2.386	89.73604	-10.81321	-119.21352	40.36516
T1	III	18.418	-3.307	111.73826	-17.15688	24.037486	6.977303
T1	IV	21.114	-3.924	40.098963	2.535869	-0.9240992	10.6363725
T2	I	10.43	-1.297	135.70188	-18.98037	-55.77057	23.40648
T2	II	17.566	-3.048	211.1925	-35.82221	-127.98618	41.62474
T2	III	16.854	-2.925	142.8513	-26.30988	-44.15156	19.71065
T2	IV	23.911	-4.724	269.63519	-56.67321	-33.48008	17.13443
T3	I	19.111	-3.4366	-58.51178	23.91134	-77.83473	31.3828
T3	II	14.4259	-2.304136	198.14805	-33.48052	-40.94105	21.35171
T3	III	23.6218	-4.7896	65.307881	-5.964431	11.199416	5.430338
T3	IV	15.3076	-2.5574	132.1487	-25.52223	70.52194	-10.05477
T4	I	12.5335	-1.8221	121.89043	-17.29887	-138.4072	44.1659
T4	II	10.7274	-1.4313	95.49119	-10.7601	-50.95028	22.06257
T4	III	15.4947	-2.5318	179.00863	-33.65809	25.356148	4.211393
T4	IV	22.5414	-4.1535	335.87456	-68.76159	-42.07873	21.70824
T5	I	1.8731	0.6463	31.11077	2.36821	-44.38391	18.80695
T5	II	16.0919	-2.7275	95.10746	-15.45142	139.68865	-24.08352
T5	III	18.4232	-3.3166	114.07798	-18.58775	33.926403	1.736055
T5	IV	21.4026	-4.0448	117.7594	-18.4544	120.83068	-19.75831

ANEXO 4: Datos de pH y conductividad eléctrica.

Bloque	Tratamiento	pH	CE
I	T1	7.5	2.56
II	T1	7.59	1.66
III	T1	7.38	1.31
IV	T1	7.59	1.67
I	T2	7.12	1.57
II	T2	7.51	1.54
III	T2	7.5	0.731
IV	T2	7.38	1.54
I	T3	7.21	2.42
II	T3	7.46	2.23
III	T3	7.29	2.43
IV	T3	7.42	2.43
I	T4	7.29	2.82
II	T4	7.68	1.26
III	T4	7.38	2.15
IV	T4	7.59	2.34
I	T5	6.99	1.77
II	T5	7.12	1.85
III	T5	7.42	2.88
IV	T5	7.5	1.96

ANEXO 5: Análisis estadístico

```
library(ggplot2)
library(agricolae)
pasto <- read.csv("D:/Documents/MAKAKO/Corrida R/pasto.csv")
coeficiente <- read.csv("D:/Documents/MAKAKO/Corrida R/coeficientes.csv"
)
pasto_curv <- read.csv("D:/Documents/MAKAKO/Corrida R/pasto_curv.csv")
df <- read.csv("D:/Documents/MAKAKO/Corrida R/suelo.csv")
```

- Modelamiento temporal de variables biométricas

```
pastotrat <- subset(pasto, TRAT=="T5" y BLOQ=="IV")
coef(lm(COB~log(DDS), data=pastotrat, na.action = na.omit))
```

```
## (Intercept)    log(DDS)
## 120.83068     -19.75831
```

```
ggplot(pasto_curv, aes(x=DDS, y=ALT, na.rm = TRUE, color=TRAT)) +
  geom_point(shape=16, na.rm=TRUE, size=2) +
  geom_smooth(method=lm, formula = y~log(x), na.rm=TRUE, se=FALSE, linetype
e = "F1", size=1.2)+
  theme_minimal() +
  theme(axis.text=element_text(size=10),
        axis.title.x = element_text(face="bold"),
        axis.title.y = element_text(face="bold"))+
  xlab("Días despues de la siembra (DDS)")+
  ylab("Altura (cm)")
```

```
ggplot(pasto_curv, aes(x=DDS, y=PS, na.rm = TRUE, color=TRAT)) +
  geom_point(shape=16, na.rm=TRUE, size=2) +
  geom_smooth(method=lm, formula = y~log(x), na.rm=TRUE, se=FALSE, linetype
e = "F1", size=1.2)+
  theme_minimal() +
  theme(axis.text=element_text(size=10),
        axis.title.x = element_text(face="bold"),
        axis.title.y = element_text(face="bold"))+
  xlab("Días despues de la siembra (DDS)")+
  ylab("Peso Seco (g)")
```

```
ggplot(pasto_curv, aes(x=DDS, y=COB, na.rm = TRUE, color=TRAT)) +
  geom_point(shape=16, na.rm=TRUE, size=2) +
  geom_smooth(method=lm, formula = y~log(x), na.rm=TRUE, se=FALSE, linetype
e = "F1", size=1.2)+
  theme_minimal() +
  theme(axis.text=element_text(size=10),
        axis.title.x = element_text(face="bold"),
        axis.title.y = element_text(face="bold"))+
```



```
xlab("Días después de la siembra (DDS)") +
ylab("Cobertura (%)")
```

- Comparación de coeficientes de modelos temporales

```
#ALTURA DE CESPED
```

```
md1 <- lm(b1_ALT~TRAT+BLOQ,data=coeficiente)
anova(md1)
```

```
## Analysis of Variance Table
##
```

```
## Response: b1_ALT
```

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## TRAT      4   3.278   0.8195   0.6007 0.66935
## BLOQ      3 23.846   7.9486   5.8263 0.01076 *
```

```
## Residuals 12 16.371   1.3643
```

```
## ---
```

```
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
#PESO SECO
```

```
md1 <- lm(b1_PS~TRAT+BLOQ,data=coeficiente)
anova(md1)
```

```
## Analysis of Variance Table
```

```
##
```

```
## Response: b1_PS
```

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## TRAT      4 3185.8   796.45   3.6167 0.03718 *
## BLOQ      3 2997.6   999.20   4.5374 0.02397 *
```

```
## Residuals 12 2642.6   220.22
```

```
## ---
```

```
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
compd<-duncan.test(aov(b1_PS~TRAT+BLOQ,data=coeficiente),"TRAT",group =
TRUE) #Agricolae
```

```
compd$groups
```

```
##           b1_PS groups
```

```
## T1  -3.028555      a
```

```
## T3 -10.263960     ab
```

```
## T5 -12.531340     ab
```

```
## T4 -32.619662     b
```

```
## T2 -34.446417     b
```

```
ggplot(data=compd$groups, aes(x=rownames(compd$groups), y=abs(b1_PS))) +
geom_text(aes(label=groups), vjust=-0.3, size=3.5) +
geom_bar(stat="identity") + xlab("") + ylim(0,60) +
ylab("Pendiente de Peso Seco (%)")
```

```

#COBERTURA
md1 <- lm((b1_COB+100)~TRAT+BLOQ,data=coeficiente)
anova(md1)

## Analysis of Variance Table
##
## Response: (b1_COB + 100)
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## TRAT      4 2448.1  612.01  2.6415 0.08614 .
## BLOQ      3 1433.1  477.69  2.0618 0.15893
## Residuals 12 2780.2  231.69
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

compd<-duncan.test(aov(b1_COB~TRAT+BLOQ,data=coeficiente),"TRAT",group =
TRUE) #Agricolae
compd$groups

##           b1_COB groups
## T2 25.469075      a
## T4 23.037026      a
## T1 15.377607     ab
## T3 12.027520     ab
## T5 -5.824706      b

ggplot(data=compd$groups, aes(x=rownames(compd$groups), y=abs(b1_COB)))
+
  geom_text(aes(label=groups), vjust=-0.3, size=3.5) +
  geom_bar(stat="identity") + xlab("")+ ylim(0,30) +
  ylab("Pendiente de Cobertura (%)")

```

- **Comparación de variables edáficas**

```

df$CE <- df$CE*2

##### Variable pH del suelo
md1 <- lm(pH ~ TRAT + BLOQ, data=df)
anova(md1)

## Analysis of Variance Table
##
## Response: pH
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## TRAT      4 0.17683 0.044208  2.5003 0.09813 .
## BLOQ      3 0.23028 0.076760  4.3414 0.02733 *
## Residuals 12 0.21217 0.017681
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv.model(md1)

## [1] 1.797854

```

```

nortest::ad.test(rstandard(md1)) # Ho: La variable es Normal

##
## Anderson-Darling normality test
##
## data:  rstandard(md1)
## A = 0.27522, p-value = 0.6216

car::ncvTest(md1) # Ho: La varianza del error es constante

## Non-constant Variance Score Test
## Variance formula: ~ fitted.values
## Chisquare = 0.5729321, Df = 1, p = 0.4491

lmtest::dwtest(md1,alternative="two.sided")

##
## Durbin-Watson test
##
## data:  md1
## DW = 1.9208, p-value = 0.3188
## alternative hypothesis: true autocorrelation is not 0

pHdt<-duncan.test(aov(pH~TRAT+BLOQ,data=df),"TRAT",group = TRUE)
pHdt$groups

##          pH groups
## T1 7.5150      a
## T4 7.4850      a
## T2 7.3775     ab
## T3 7.3450     ab
## T5 7.2575      b

ggplot(data=pHdt$groups, aes(x=rownames(pHdt$groups), y=pH)) +
  geom_text(aes(label=groups), vjust=-0.3, size=3.5) +
  geom_bar(stat="identity") + xlab("")+ ylim(0,9) +
  ylab("pH del suelo")

##### Variable CE
md2 <- lm(CE ~ TRAT + BLOQ, data=df)
anova(md2)

## Analysis of Variance Table
##
## Response: CE
##          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## TRAT      4 10.1612  2.54031  2.7570 0.07756 .
## BLOQ      3  2.7925  0.93084  1.0102 0.42202
## Residuals 12 11.0568  0.92140
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv.model(md2)

## [1] 24.53655

```

```

nortest::ad.test(rstandard(md2)) # Ho: La variable es Normal

##
## Anderson-Darling normality test
##
## data:  rstandard(md2)
## A = 0.30591, p-value = 0.5346

car::ncvTest(md2) # Ho: La varianza del error es constante

## Non-constant Variance Score Test
## Variance formula: ~ fitted.values
## Chisquare = 0.04270903, Df = 1, p = 0.83627

lmtest::dwtest(md2,alternative="two.sided")

##
## Durbin-Watson test
##
## data:  md2
## DW = 2.5237, p-value = 0.756
## alternative hypothesis: true autocorrelation is not 0

CEdt<-duncan.test(aov(CE~TRAT+BLOQ,data=df),"TRAT",group = TRUE)
CEdt$groups

##          CE groups
## T3 4.7550      a
## T4 4.2850      a
## T5 4.2300     ab
## T1 3.6000     ab
## T2 2.6905      b

ggplot(data=CEdt$groups, aes(x=rownames(CEdt$groups), y=CE)) +
  geom_text(aes(label=groups), vjust=-0.3, size=3.5) +
  geom_bar(stat="identity") + xlab("")+ ylim(0,6) +
  ylab("Conductividad Eléctrica del suelo (CE 1:1 x 2)")

```