



## Producción de césped Bermuda (*Cynodon dactylon*) bajo sistema de tepes en sustratos provenientes del reciclaje de residuos urbanos e industriales

## Bermudagrass (*Cynodon dactylon*) sod production under sod system on urban and industrial waste recycled substrates

Liz Kelly Portocarrero Tantavilca<sup>1\*</sup>; José Palacios Vallejo<sup>1</sup>; Juan Carlos Jaulis Cancho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. Email: 20080946@lamolina.edu.pe; jpalacios@lamolina.edu.pe; jjaulis@lamolina.edu.pe

Recepción: 24/01/2019; Aceptación: 15/12/2019

### Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar el desarrollo del césped Bermuda (*Cynodon dactylon*) sobre diferentes sustratos, aislados del suelo por una manta de polietileno impermeable sola o combinada con malla raschel. Los sustratos, con espesor de 2 cm, fueron: S<sub>1</sub> (100% compost), S<sub>2</sub> (70% compost + 30% fibra de coco), S<sub>3</sub> (50% compost + 50% fibra de coco), S<sub>4</sub> (100% aserrín compostado), S<sub>5</sub> (70% aserrín compostado + 30% compost) y S<sub>6</sub> (50% aserrín compostado + 50% compost). Se evaluaron 12 tratamientos con tres repeticiones en un Diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo factorial. Los resultados mostraron que el césped del sustrato S<sub>3</sub> (50% compost + 50% fibra de coco) obtuvo el mayor porcentaje de cobertura, el mayor peso fresco foliar y la mejor calidad visual. Sin embargo, presentó un costo por metro cuadrado mayor al esperado, que podría ser reducido realizando ajustes en la cantidad de insumos empleados. Comparativamente a los tepes comerciales, todos los tratamientos estudiados tuvieron un menor peso por metro cuadrado. Asimismo, se comprobó que el uso de la malla raschel no fue necesaria, debido a que el entramado natural de las raíces fue suficiente para mantener al sustrato compacto.

**Palabras clave:** *Cynodon dactylon*; residuos orgánicos; cultivo sin suelo; sustratos orgánicos; alfombras de césped.

### Abstract

The objective of this experiment was to assess the development of Bermudagrass (*Cynodon dactylon*) on different growing media which were isolated from the ground, using a waterproof polyethylene or in combination with a raschel mesh. The substrates were 2 cm thick, and they were set as follows: S<sub>1</sub> (100% compost), S<sub>2</sub> (70% compost + 30% coconut fiber), S<sub>3</sub> (50%

**Forma de citar el artículo:** Portocarrero *et al.*, 2019. Producción de césped Bermuda (*Cynodon dactylon*) bajo sistema de tepes en sustratos provenientes del reciclaje de residuos urbanos e industriales. Anales Científicos 80 (2): 533-545(2019).

DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v80i2.1487>

Autor de correspondencia (\*): Liz Kelly Portocarrero Tantavilca. Email: 20080946@lamolina.edu.pe

© Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

compost + 50% coconut fiber), S<sub>4</sub> (100% composted sawdust), S<sub>5</sub> (70% compost sawdust + 30% compost) and S<sub>6</sub> (50% composted sawdust + 50% compost). Twelve treatments with three replications in a factorial experiment arranged in Randomized Complete Block Design (RCBD) were evaluated. Results showed that the grass grown on growing medium S<sub>3</sub> (50% compost + 50% coconut fiber) got the highest coverage percentage, the highest fresh foliar weight and the best visual quality. However, S<sub>3</sub> bore a higher cost per square meter than expected, which could be reduced if adjustments are made in the amount of inputs used. All treatments studied in this research project had a lower weight per square meter compared to the commercial sod. Finally, it was proved that the use of raschel mesh was not necessary because the natural arrangement of the roots was enough to keep the growing medium compact.

**Keywords:** *Cynodon dactylon*; organic waste; soilless cultivation; organic substrates; grass carpets.

## 1. Introducción

El césped está compuesto por especies de la familia Poaceae y es considerado la base de un jardín (Parracia, 2012; Burton, 2015). Su implementación otorga beneficios tanto ambientales como económicos y culturales, constituyendo una parte muy importante de cualquier espacio verde (Velarde, 2008; Parracia, 2012).

En la actualidad se puede encontrar una amplia gama de especies de césped, tanto de clima frío como de clima cálido. Las especies de clima frío están mejor adaptadas a temperaturas entre 18,3–23,9 °C, mientras que los céspedes de clima cálido a temperaturas entre 26,7–35,0 °C (Christians, 2004). En el país, se utilizan principalmente los siguientes céspedes de clima cálido: *Stenotaphrum secundatum* (grass americano), *Cynodon dactylon* (bermuda), *Zoysia japonica* (grass japonés) y *Paspalum vaginatum* (paspalum).

El césped Bermuda tiene una resistencia superior a la sequía en comparación con otras especies de césped de estación cálida (Carrow, 1995; Qian *et al.*, 1997). Este césped pertenece a la Subfamilia Chloridoideae y está adaptado al clima semitropical y tropical (Struhs y Santilla, 2002; Adkinson, 2009), con una tasa de

consumo de agua relativamente baja (6–7 mm/día) (Huang, 2008). Esto es importante pues la zona Metropolitana de Lima y Callao es la segunda más grande del mundo ubicada en un desierto, después del Cairo. Lluève solo 9 milímetros al año y la escasez de agua es una de las principales condicionantes ambientales que han acompañado el crecimiento de la ciudad durante su historia (Zucchetti *et al.*, 2012). Además de ello, el césped Bermuda se caracteriza por ser tolerante a un amplio rango de plagas y enfermedades (Christians, 2004).

En la actualidad, la demanda de los diversos tipos de césped está creciendo de forma acelerada, debido al gran desarrollo de proyectos arquitectónicos como complejos residenciales, parques públicos, campos deportivos, escuelas, jardines de casa, carreteras, centros comerciales y cementerios (Williams, 2011). Otra ventaja, es la venta de estas especies cespitosas durante todo el año, gracias a que pueden propagarse por medio de semillas, estolones, rizomas o tepes (Parracia, 2012).

Los tepes, son segmentos de tierra cubierta de césped, que en el Perú son conocidas como “champas”. Según el Ministerio de Cultura (2015), la palabra “champa” proviene del quechua ch’ampa, la

cual hace referencia a las raíces entrecruzadas de ichu y otros pastos silvestres.

Para la producción de tepes, los estolones, rizomas o semillas deben ser sembrados en campo tres a cuatro meses antes de su comercialización. Las siembras se realizan todo el año y una vez que el campo de producción está totalmente cubierto se efectúa la extracción de champas con una “cosechadora de césped”. Esta máquina corta bloques de 0,5 m de largo por 0,5 m de ancho y una profundidad promedio de 5 cm de suelo agrícola (Pessaraki, 2008), lo que hacen un peso aproximado de 40 kg/m<sup>2</sup> de césped.

Al cosechar el césped, se pierde la capa más orgánica del suelo, depreciándolo en forma significativa (Valenzuela, 2003; Millar *et al.*, 2010). El sistema actual de producción de césped, provoca la degradación del suelo lo que se traduce en una baja sustentabilidad de producción y de cualquier actividad agrícola posterior. Es por ello que muchos productores hacen uso de predios arrendados hasta que el suelo pierda sus capacidades y potencialidades productivas, tras lo cual trasladan la producción a nuevos terrenos (Casas, 2009).

En el Perú, esta es una práctica común para la producción de champas, a pesar de que en el mundo existe más de una metodología para la generación de césped en sustratos. A través de los años, diferentes investigadores (Loads, 1978; Heard, 1988; Cisar y Snyder, 1992; Roberts *et al.*, 2001a; Roberts *et al.*, 2001b; Williams, 2003; Casas, 2009) han utilizado materiales residuales o subproductos de nulo o escaso valor comercial como medio de cultivo para la producción de césped. El cultivo se realiza sobre láminas impermeables de polietileno que sirven de soporte cuando el césped es retirado y enrollado. Como resultado se obtienen alfombras de césped con el cien por

ciento de sus raíces intactas.

La recuperación, reutilización y/o transformación de los residuos orgánicos en insumos útiles al sector de la jardinería y otros sectores, es una opción con posibilidades de solución a la problemática ambiental urbana (Carrasco, 2009). Además, ofrece justificados y reconocidos beneficios tanto en el orden ecológico como económico y social (Opazo, 1991).

Un ejemplo basado en la recuperación y reciclaje de los desechos orgánicos es el caso del compost, el cual ha venido empleándose mayoritariamente en agricultura como abono y enmienda orgánica del suelo, aunque en los últimos años ha surgido un nuevo e importante campo de aplicación al utilizarse también como sustrato o componente de sustratos para el cultivo sin suelo (Moreno y Moral, 2008).

Así, una forma de evitar el uso de suelo agrícola en el cultivo de césped es aprovechar la gran cantidad de materiales residuales y subproductos que pueden ser utilizados como sustrato de cultivo (desechos y/o residuos orgánicos urbanos como los residuos de podas de árboles y céspedes, entre otros), los cuales pueden ser transformados en compost y utilizados como sustrato solo o en mezclas con otros materiales como la fibra de coco proveniente de explotaciones agrícolas, el aserrín compostado un subproducto proveniente de los residuos generados por la Industria maderera, etc. De este modo se le podría dar un valor agregado a estos residuos urbanos – industriales y generar mayor cantidad de puestos de trabajo (Burés, 1997; Abad y Noguera, 1998).

En ese contexto, el objetivo de este trabajo fue determinar el mejor sustrato y tipo de aislante, para producción de *Cynodon dactylon* bajo el sistema de tepes.

## 2. Materiales y métodos

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, región Lima a 243,7 m.s.n.m. El desarrollo del proyecto se dio entre los meses de octubre 2014 y marzo 2015 (Tabla 1).

En el establecimiento del experimento, se utilizó semillas de Bermuda, las cuales fueron sembradas en sustratos de 2 cm de espesor. Cada uno de los insumos para el medio de crecimiento, fue enviado en forma individual o en mezcla para su análisis en laboratorio (Tabla 2). En total se evaluaron 6 sustratos: S<sub>1</sub> (100% compost), S<sub>2</sub> (70% compost + 30% fibra de coco), S<sub>3</sub> (50% compost + 50% fibra de coco), S<sub>4</sub> (100% aserrín compostado), S<sub>5</sub> (70% aserrín

compostado + 30% compost) y S<sub>6</sub> (50% aserrín compostado + 50% compost).

Los sustratos fueron colocados en camas de 1 m x 4 m x 0,05 m en dos tipos de aislante: simple o mixto. El aislamiento simple consistió en una manta de polietileno negra de 6 micras de espesor para aislar el crecimiento de las raíces del césped del suelo y el aislamiento mixto consistió en una combinación de la manta de polietileno más malla de polipropileno 80% sombra. El objetivo del uso de la malla sombra fue dar soporte a las raíces al momento del enrollamiento de los tepes.

Los doce tratamientos fueron distribuidos en un Diseño Experimental de Bloques Completamente al Azar (DBCA) en arreglo factorial (dos factores) y tres bloques, lo cual implicó el uso de 36 parcelas para el desarrollo del experimento (Tabla 3).

**Tabla 1.** Datos climatológicos de la zona experimental (2014 - 2015)

Variable promedio	Mes					
	oct.	nov.	dic.	en.	feb.	mar.
Temperatura (°C)	18,3	19,4	20,9	22,8	25,0	24,9
Humedad (%)	83,0	82,5	80,5	78,6	78,3	79,1

Fuente: Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt de la UNALM

**Tabla 2.** Resumen de las propiedades físicas y químicas de los seis diferentes sustratos

	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>
pH	7,29	6,97	6,77	5,53	6,51	6,82
CE(dS/m)	20,10	17,60	15,1	7,53	13,80	16,2
MO (%)	19,92	23,23	27,97	69,65	34,57	29,45
CIC (meq/100g)	32,28	33,98	37,73	25,70	32,26	33,91
Relación C/N	10,37	11,39	7,27	35,68	18,71	14,62
% Retención de humedad	53,57	43,57	35,00	44,29	45,00	52,86
% Capacidad de aireación	11,60	27,22	44,66	41,09	32,15	19,78
% Espacio poroso	65,17	70,79	79,66	85,36	77,15	72,64
Da (g/cm <sup>3</sup> )	0,78	0,60	0,42	0,24	0,45	0,52
N (g/m <sup>2</sup> )	122,06	87,28	102,84	27,75	59,14	81,34
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g/m <sup>2</sup> )	127,71	74,71	46,25	48,62	44,07	67,32
K <sub>2</sub> O (g/m <sup>2</sup> )	158,23	106,51	77,26	16,21	69,74	102,38

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) del Departamento de Agronomía de la UNALM (2014). CE= Conductividad Eléctrica, CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico, MO= Materia Orgánica, Da= Densidad aparente.

**Tabla 3.** Tratamientos

Tratamiento	Sustrato (código)	Tipo de aislante (código)
T <sub>1</sub>	100% compost	manta polietileno (m <sub>1</sub> )
T <sub>4</sub>	(S <sub>1</sub> )	manta polietileno + malla raschel (m <sub>2</sub> )
T <sub>2</sub>	70% compost	manta polietileno (m <sub>1</sub> )
T <sub>5</sub>	+ 30% fibra de coco (S <sub>2</sub> )	manta polietileno + malla raschel (m <sub>2</sub> )
T <sub>3</sub>	50% compost	manta polietileno (m <sub>1</sub> )
T <sub>6</sub>	+ 50% fibra de coco (S <sub>3</sub> )	manta polietileno + malla raschel (m <sub>2</sub> )
T <sub>7</sub>	100% aserrín compostado	manta polietileno (m <sub>1</sub> )
T <sub>10</sub>	(S <sub>4</sub> )	manta polietileno + malla raschel (m <sub>2</sub> )
T <sub>8</sub>	70% aserrín compostado	manta polietileno (m <sub>1</sub> )
T <sub>11</sub>	+ 30% compost (S <sub>5</sub> )	manta polietileno + malla raschel (m <sub>2</sub> )
T <sub>9</sub>	50% aserrín compostado	manta polietileno (m <sub>1</sub> )
T <sub>12</sub>	+ 50% compost (S <sub>6</sub> )	manta polietileno + malla raschel (m <sub>2</sub> )

Luego de la siembra y la germinación de las semillas de Bermuda, el crecimiento se dio a base de riegos diarios, podas y fertilizaciones foliares. El agua de riego fue analizada en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM y mostró un pH ligeramente alcalino (7,24), una salinidad media (0,72 dS/m) y una Relación de Absorción de Sodio (RAS) de 0,47.

Las variables evaluadas al final del cultivo fueron: Porcentaje de cobertura, evaluado a través del Programa SisCob, software para el análisis de cobertura del césped mediante fotografías (Embrapa, 2003). El software clasificó y separó la parte cubierta por el follaje y la parte sin cubrir, lo que permitió la cuantificación en porcentaje de los colores verde (plantas de Bermuda) y marrón (sustratos) en la alfombra de 4 m<sup>2</sup>. Peso por metro cuadrado de césped, calculado a través del peso del tepe al final del cultivo. Peso de parte aérea por metro cuadrado, evaluado a través del peso de la parte aérea del último corte de cada tratamiento, en un área de 30 cm x 30 cm completamente cubierto con césped. Peso de raíces por metro cuadrado, determinado por el peso de las raíces de cada tratamiento, en un área 30 cm x 30 cm completamente cubierto con césped. Porcentaje de enrollamiento, se determinó a través de una escala, donde el 0% significa que no se

puede enrollar, 50% que puede enrollarse, pero con ligero desmoronamiento y 100% que puede enrollarse sin ningún problema. Calidad visual, se determinó al final de los 4 meses de producción y se evaluó en una escala de 0 a 9, donde 0 significa coloración marrón de césped muerto, 5 significa césped mínimamente aceptable y 9 significa el ideal, césped sano verde (Vargas, 2010). Costo por metro cuadrado, consistió en evaluar los costos directos y costos indirectos para determinar el tratamiento que reporte menores costos de producción.

Las variables evaluadas se analizaron con Statistical Analysis System (SAS) versión 9,4. Para determinar la comparación de medias se utilizó la prueba de rango múltiple de DUNCAN considerando un nivel de significancia de 0,05.

### 3. Resultados y discusión

#### Porcentaje de cobertura

El mayor porcentaje de cobertura (Tabla 4a) se obtuvo con el sustrato S<sub>3</sub> (50% compost + 50% fibra de coco), el cual fue significativamente superior al resto, salvo con el S<sub>5</sub> (70% aserrín compostado + 30% compost) con quien no mostró diferencias.

El bajo porcentaje de cobertura en el sustrato S<sub>1</sub> (100% compost) fue atribuido a su alto contenido de sales (20,1 dS/m). Stoffella y Kahn (2001) menciona que un elevado



contenido de sales afecta la germinación de semillas. Dudeck y Peacock (1993) y Marcum y Pessarakli (2006) indican que se requiere de 40 dS/m de salinidad para reducir en 50% el crecimiento de brotes de algunos cultivares de Bermuda como el ‘Tifway’. El nivel de tolerancia a la salinidad del césped Bermuda está fuertemente asociado a su capacidad de excretar sales a través de unas glándulas incrustadas en dos células de la epidermis de las láminas foliares abaxiales y adaxiales (Marcum, 2000; Marcum y Pessarakli, 2006).

Luego del periodo crítico de germinación se evidenció que la baja relación C/N (7,27) del sustrato S<sub>3</sub>, no impidió la movilización del nitrógeno. Además, la alta CIC del sustrato S<sub>3</sub> (37,73 meq/100g) supuso una mejor disponibilidad de nutrientes, lo cual fue aprovechado por la planta.

La evaluación del porcentaje de cobertura determinó que el efecto de la salinidad es mayor en la germinación que en una planta ya madura. La salinidad redujo la

germinación y el crecimiento temprano de las plántulas (AGCSA, 2011; Zhang *et al.*, 2011).

### a) Peso de tepe por metro cuadrado

Los tepes con menor peso por metro cuadrado (Tabla 4b), fueron los sustratos S<sub>4</sub> (100% aserrín compostado) y S<sub>5</sub> (70% aserrín compostado + 30% compost) con 14,99 kg/m<sup>2</sup> y 15,56 kg/m<sup>2</sup>, respectivamente. Ambos sustratos no mostraron diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, el sustrato S<sub>5</sub> no tuvo diferencias significativas con los sustratos S<sub>3</sub> (50% compost + 50% fibra de coco) y S<sub>6</sub> (50% aserrín compostado + 50%). Estos resultados están asociados a su densidad aparente (Da), siendo S<sub>4</sub> (0,24 g/cm<sup>3</sup>) el sustrato de menor densidad, seguido de S<sub>3</sub> (0,42 g/cm<sup>3</sup>), S<sub>5</sub> (0,45 g/cm<sup>3</sup>), S<sub>6</sub> (0,57 g/cm<sup>3</sup>), S<sub>2</sub> (0,6 g/cm<sup>3</sup>) y S<sub>1</sub> (0,78 g/cm<sup>3</sup>).

Comparativamente a los tepes comerciales (40 kg/m<sup>2</sup> en promedio), todos los tratamientos tuvieron aproximadamente un 50% menos de peso por metro cuadrado.

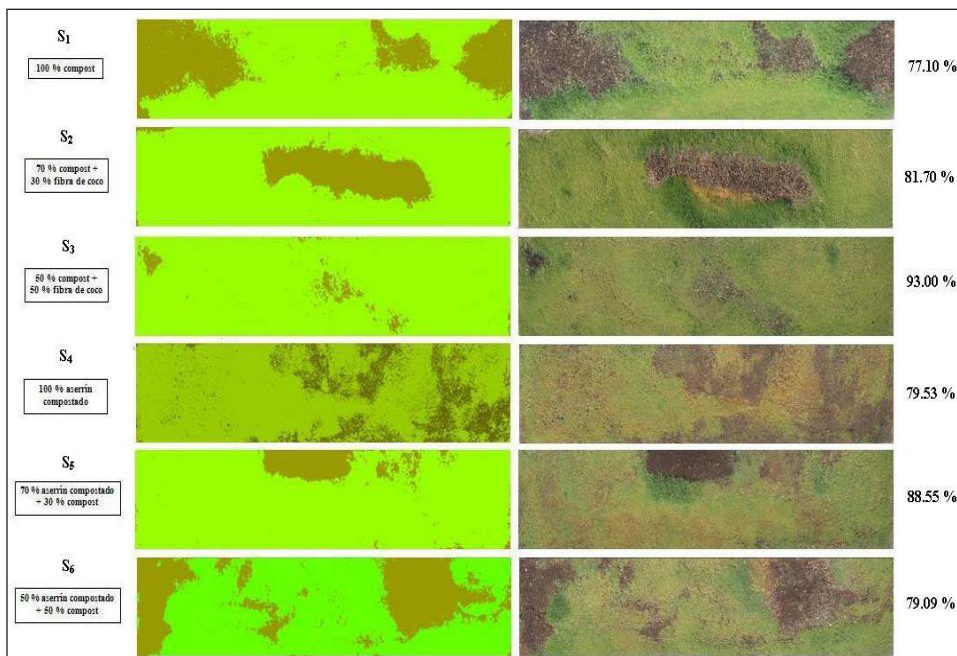


Figura 1. Porcentaje de Cobertura de Bermuda

### b) Peso de tepe por metro cuadrado

Los tepes con menor peso por metro cuadrado (Tabla 4b), fueron los sustratos  $S_4$  (100% aserrín compostado) y  $S_5$  (70% aserrín compostado + 30% compost) con 14,99 kg/m<sup>2</sup> y 15,56 kg/m<sup>2</sup>, respectivamente. Ambos sustratos no mostraron diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, el sustrato  $S_5$  no tuvo diferencias significativas con los sustratos  $S_3$  (50% compost + 50% fibra de coco) y  $S_6$  (50% aserrín compostado + 50% compost). Estos resultados están asociados a su densidad aparente (Da), siendo  $S_4$  (0,24 g/cm<sup>3</sup>) el sustrato de menor densidad, seguido de  $S_3$  (0,42 g/cm<sup>3</sup>),  $S_5$  (0,45 g/cm<sup>3</sup>),  $S_6$  (0,57 g/cm<sup>3</sup>),  $S_2$  (0,6 g/cm<sup>3</sup>) y  $S_1$  (0,78 g/cm<sup>3</sup>).

Comparativamente a los tepes comerciales (40 kg/m<sup>2</sup> en promedio), todos los tratamientos tuvieron aproximadamente un 50% menos de peso por metro cuadrado.

### c) Peso fresco de parte aérea por metro cuadrado

El sustrato  $S_3$  (50% compost + 50% fibra de coco) fue el tratamiento con mayor peso fresco foliar (0,98 g/m<sup>2</sup>), pero sin diferencias significativas con los sustratos  $S_1$  (100% compost),  $S_2$  (70% compost + 30% fibra de coco),  $S_5$  (70% aserrín compostado + 30% compost) y  $S_6$  (50% aserrín compostado + 50% compost). El  $S_4$  (100% de aserrín compostado) fue el de menor peso fresco foliar, sin diferencias significativas con el tratamiento  $S_5$  (Tabla 4c).

El nitrógeno es el nutriente requerido en mayor cantidad por el césped, pues tiene una gran influencia sobre el crecimiento, densidad, color, tolerancia al frío y sequía (Baldi *et al.*, 2013). A pesar de que el sustrato  $S_1$  no presentó inmovilización del nitrógeno por su baja relación C/N (10,37), su elevado contenido de sales (20,1 dS/m) fue perjudicial para el crecimiento del césped Bermuda. Bajo esta misma premisa, el  $S_3$  con una relación C/N de 7,27 y un menor

contenido de sales (15,1 dS/m) mostró un mayor peso de follaje. Esto demuestra que a pesar de que  $S_3$  mostró un nivel de salinidad alto, el césped Bermuda fue lo suficientemente tolerante para permitir tener una mayor cobertura y un crecimiento más vigoroso del follaje.

A pesar de que el nitrógeno y los demás nutrientes fueron suministrados semanalmente a través de fertilizaciones foliares a todos los tratamientos, los sustratos  $S_4$  y  $S_5$  que mostraron una menor CE (7,53 dS/m y 13,8 dS/m, respectivamente) limitaron la disponibilidad de nitrógeno para las plantas debido a sus altos valores en la relación C/N (35,68 y 18,71) y por ende afectaron su crecimiento foliar.

### d) Peso fresco de raíces por metro cuadrado

En cuanto al peso radicular por metro cuadrado de tepe, se encontró que el sustrato  $S_4$  (100% de aserrín compostado) fue el que mostró un peso mayor (7,75 kg) que el resto, pero sin diferencias significativas con el  $S_1$  y  $S_2$ . Los demás tratamientos no mostraron diferencias significativas entre ellos (Tabla 4d).

El sustrato  $S_4$  fue el que menor CE tuvo dentro de todos los sustratos empleados en esta investigación (7,53 dS/m), los otros oscilaron entre 13,8 y 20,1 dS/m. Según Hu *et al.* (2012) la tolerancia a la sal del césped Bermuda se puede atribuir, en parte, al desarrollo y mantenimiento de un sistema de raíces más extenso en condiciones salinas. Así, en el genotipo "C43" de césped Bermuda, tolerante a la salinidad, el estrés por sales aumentó significativamente el peso fresco de la raíz.

Sin embargo, para Terry y Waldron (1984) y Riaz *et al.* (2010), la reducción del peso fresco radicular podría deberse a una disminución en la absorción de agua y del potencial osmótico bajo estrés salino, lo

que afectaría directamente el crecimiento y desarrollo de las plantas. En ese mismo sentido, [Nadeem et al. \(2012\)](#) encontró que en cultivares de Bermuda como Tifway, el peso seco de la raíz se redujo con el aumento en el nivel de salinidad.

### e) Porcentaje de enrollamiento

Los sustratos  $S_1$  (100% compost),  $S_2$  (70% compost + 30% fibra de coco),  $S_3$  (50% compost + 50% fibra de coco),  $S_5$  (70% aserrín compostado + 30% compost) y  $S_6$  (50% aserrín compostado + 50% compost) no presentaron diferencias significativas entre sí. ([Tabla 4e](#)). Sin embargo, todos ellos mostraron un porcentaje de enrollamiento significativamente mayor que el sustrato  $S_4$  (100% aserrín compostado) debido a sus mejores características físicas y químicas.

Los dos tipos de aislantes no mostraron diferencias significativas entre sí para la variable porcentaje de enrollamiento ([Tabla 5](#)), esto significó que no fuera necesario el uso de malla raschel, ya que con el entramado natural de las raíces fue suficiente.

Aunque los métodos convencionales de producción de tepes en suelo requieren tiempo y un gasto considerable, la producción de tepes en sustratos sobre polietileno puede llevarse a cabo de manera más eficiente y en mucho menos tiempo que la producción actual ([Decker, 1989](#)). Según [Casas \(2009\)](#), las láminas de polietileno sobre los cuales se han depositado el sustrato y las semillas impiden que las raíces se inserten en el terreno y las obligan a crecer horizontalmente donde a medida que se desarrollan van enredándose y formando una malla que le otorga alta resistencia a la alfombra de césped. El entramado de raíces bajo la capa de sustrato son raíces intactas, que no requieren recuperación, por lo que al momento de la cosecha estas no son dañadas y llegan completas al lugar de la instalación donde recuperan su posición vertical,

insertándose en el terreno de manera fácil y rápida. Asimismo, las ventajas de la producción de tepes en sustratos sobre polietileno son el fácil manipuleo de las alfombras, el menor peso por metro cuadrado y las cero degradaciones del suelo. [Roberts et al. \(2001b\)](#) menciona que la colocación de un revestimiento de polietileno en la base aumenta la masa radicular y la relación raíz: tallo.

Según [Decker \(1991\)](#), el césped aprovecha su gran capacidad de formar rápidamente un sistema de radicular fibroso, para desarrollarlo sobre polietileno en tan solo 7 a 10 semanas. Sin embargo, debido a los problemas iniciales de sales, el tiempo de producción que se tuvo en esta investigación se prolongó a 16 semanas.

Asimismo, la contradicción que existe entre el mayor peso por metro cuadrado de raíces (7,75 kg) que obtuvo el sustrato  $S_4$  (100% aserrín compostado) y su menor entrelazamiento de raíces (50%) corresponde a la calidad de raíces. A pesar de que  $S_4$  fue el de menor C.E., su alta relación C/N limitó el crecimiento de las plantas. Las raíces de Bermuda en este sustrato se mostraron débiles, muy finas y de un color oscuro, en comparación con las raíces de los sustratos con diferentes porcentajes de compost + fibra de coco y de compost + aserrín compostado, las cuales eran notoriamente más gruesas, mejor entrelazadas y de color claro.

### f) Calidad visual

La calidad general se puede evaluar a través de estimaciones visuales ponderadas que integren el color, la uniformidad, la densidad y el hábito de crecimiento ([Neylan y Robinson, 1997](#)). La prueba de medias de Duncan ([Tabla 4f](#)) muestra que los sustratos  $S_3$  (50% compost + 50% fibra de coco),  $S_2$  (70% compost + 30% fibra de coco) y  $S_1$  (100% compost) tuvieron una calidad visual significativamente mayor que los sustratos  $S_6$ ,



(50% aserrín compostado + 50% compost), S<sub>5</sub> (70% aserrín compostado + 30% compost) y S<sub>4</sub> (100% aserrín compostado). Los sustratos S<sub>3</sub>, S<sub>2</sub> y S<sub>1</sub> se encontraron dentro del rango de céspedes ideales; mientras que los sustratos S<sub>6</sub> y S<sub>5</sub> fueron clasificados como céspedes aceptables. El sustrato S<sub>4</sub> fue considerado por debajo del mínimo, pero llegó a ser un césped aprovechable. Los céspedes que crecieron en sustrato a base de compost, fueron mejores en cuanto a calidad visual que los que crecieron en sustratos a base de aserrín compostado.

Los tratamientos S<sub>3</sub> (50%compost + 50%fibra de coco) y S<sub>5</sub> (70% de aserrín compostado y 30% de compost), que presentaron las mejores características físicas y químicas, tuvieron un costo de S/ 22,57/m<sup>2</sup> y S/. 14,00/m<sup>2</sup> respectivamente. Frente al costo de una producción tradicional (S/2,52/m<sup>2</sup>), estos tratamientos (S<sub>3</sub> y S<sub>5</sub>) fueron 9 y 5,5 veces más altos.

Los costos mayores estuvieron en el sustrato. En el cultivo tradicional esto representó solo el 5%, mientras que en los

**Tabla 4.** Efecto de los sustratos en el % cobertura, peso total, peso fresco foliar, peso fresco radicular, % enrollamiento y calidad visual en tepes de bermuda por m<sup>2</sup>

Código	Cobertura (%) (a)	Peso por m <sup>2</sup> de tepe (kg) (b)	Peso fresco foliar por m <sup>2</sup> (kg) (c)	Peso fresco radicular por m <sup>2</sup> (kg) (d)	Enrollamiento (%) (e)	Calidad visual (f)
S <sub>3</sub>	93,00 a	16,64 bc	0,98 a	5,34 b	100 a	9,00 a
S <sub>5</sub>	88,55 ab	15,56 ab	0,80 ab	5,43 b	100 a	5,75 c
S <sub>2</sub>	81,70 abc	19,81 d	0,90 a	6,75 ab	100 a	8,92 a
S <sub>4</sub>	79,53 bc	14,99 a	0,58 b	7,75 a	50 b	4,58 d
S <sub>6</sub>	79,09 bc	17,36 b	0,92 a	5,78 b	100 a	7,83 b
S <sub>1</sub>	77,10 c	21,61 e	0,91 a	6,82 ab	100 a	8,75 a

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), según prueba de Duncan.

**Tabla 5.** Efecto del tipo de aislante en el porcentaje dellamiento de tepes de bermuda (%)

Código	% Enrollamiento de bermuda
m <sub>2</sub>	94,44 a
m <sub>1</sub>	88,89 a

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), según prueba de Duncan.

### g) Costos por metro cuadrado

Caso (2001), señala que la elección de un sustrato está determinada por su disponibilidad, bajo costo, tipo de cultivo y características físicas y químicas (Caso, 2001). En la presente investigación, los costos de producción en Bermuda (Tabla 6) mostraron ser muy superiores a los alcanzados con la producción tradicional.

tratamientos S<sub>3</sub> (50% de fibra de coco + 50% compost) y S<sub>5</sub> (70% de aserrín compostado + 30% de compost) representaron el 53,2% y el 24,6% respectivamente. Otra diferencia en el costo de producción fue el agua, en la producción convencional los costos considerados para el agua fueron muy bajos en comparación a los utilizados en este experimento. En la producción convencional, este costo representó solo el 2,3% del total, mientras que en el césped con sustrato S<sub>3</sub> (50% de fibra de coco + 50% de compost) fue de 18,4% y en el sustrato S<sub>5</sub> (70% de aserrín compostado + compost) fue de 29,8%. Esto debido a que se tuvo que comprar agua potable a un costo mayor. Asimismo, el uso del fertilizante líquido nitrogenado de liberación controlada (Coron

25%N) también elevó el costo de producción, tanto en producto como en mano de obra.

En la **Tabla 6** se puede evidenciar las modificaciones necesarias tanto en agua, mano de obra y productos químicos para obtener costos de producción más competitivos.

Es necesario mencionar que la fibra de coco es aún un insumo costoso y para utilizarlo deberá mostrar precios significativamente menores. Todo lo contrario, ocurre con el compost, que está disponible en cantidades considerables a muy bajo costo, pero

**Tabla 6.** Costo de producción actual (a) y modificado (m) por metro cuadrado de bermuda (s/) para una campaña

	Riego (S/)	Sustrato por m <sup>2</sup> (S/)	Semilla (S/)	Mano de obra (S/)	Productos químicos* (S/)	Costo total por m <sup>2</sup> (S/)
S <sub>3a</sub>	4,17	12,00	1,67	1,04	3,69	22,56
S <sub>5a</sub>	4,17	3,44	1,67	1,04	3,69	14,01
S <sub>3m</sub>	0,06	12,00	1,67	0,96	2,13	16,82
S <sub>5m</sub>	0,06	3,44	1,67	0,96	2,13	5,83
Cultivo tradicional	0,06	0,13	1,67	0,52	0,14	2,52

\*Los productos químicos están referidos a pesticidas y fertilizantes.

#### h) Interacción de variables evaluadas

El sustrato S<sub>3</sub> (50% compost + 50% fibra de coco) fue escogido como el mejor sustrato para el crecimiento de césped debido a su alta relación entre la parte aérea y la parte radicular (0,186), evidenciando que los nutrientes no estuvieron limitados en este medio. La fibra de coco presentó características favorables gracias a su baja densidad aparente (0,12 g/cm<sup>3</sup>), poca concentración de partículas sólidas, alto porcentaje de espacio poroso (90,38%), alto nivel de aireación (55,38%) y capacidad de infiltración. Este insumo en mezcla proporcional con el compost, mejoró sus características físicas y químicas; obteniéndose en el sustrato S<sub>3</sub> una densidad aparente de 0,42 g/cm<sup>3</sup>, un espacio poroso total de 79,66 %, alta capacidad de aireación (44,66%), una conductividad eléctrica tolerable para el crecimiento de Bermuda (15,1 dS/m) y un alto CIC (37,73 meq/100 g) lo que permitió un buen desarrollo foliar y radicular. [Añaños et al. \(2004\)](#) menciona que en general, los nutrientes en el compost se encuentran en forma orgánica entonces se liberan lentamente cuando se descompone.

presenta desventajas por su alto contenido de sales, el cual deberá ser tratado antes de ser utilizado.

A pesar de las características óptimas de S<sub>3</sub> (50% compost + 50% fibra de coco) para el crecimiento de Bermuda en tepes, esta mezcla fue una de las más altas en costo por metro cuadrado. Una alternativa a S<sub>3</sub> con similares características fue S<sub>5</sub> (70% aserrín compostado + 30% compost) quien no mostró diferencias significativas en cuanto a las variables de porcentaje de cobertura (93% y 88,55%, respectivamente), peso de tepe por metro cuadrado (16,64 kg/m<sup>2</sup> y 15,56 kg/m<sup>2</sup>), peso fresco por metro cuadrado (0,98 kg/m<sup>2</sup> y 0,80 kg/m<sup>2</sup>), peso fresco radicular por metro cuadrado (5,34 kg/m<sup>2</sup> y 5,43 kg/m<sup>2</sup>), porcentaje de enrollamiento (100% y 100%); sin embargo, en cuanto a la calidad visual S<sub>3</sub> fue superior, llegando a ser un césped ideal, con una calidad de 9 y S<sub>5</sub> solo llegó a ser un césped aceptable, con una puntaje de calidad de 5,75.

El sustrato S<sub>3</sub> se caracterizó por presentar algunas características físicas y químicas ideales para el crecimiento del

césped Bermuda como una CE aceptable de 13,8 dS/m, un %MO de 34,57, una CIC de 32,26 meq/100g, una relación C/N de 18,71, una retención de humedad de 45%, una capacidad de aireación de 32,15 %, un espacio poroso de 77,15% y una Da de 0,45 g/cm<sup>3</sup>; sin embargo, algunas características químicas limitaron el crecimiento de esta planta y no potenciaron su calidad visual.

#### 4. Conclusiones

Del estudio se concluye que, la mejor alternativa de producción para Bermuda es la mezcla 50% compost + 50% fibra de coco; por mejorar las características físicas y químicas del suelo y brindar las condiciones óptimas para un mejor desarrollo foliar y radicular del césped, así como una mejor calidad visual, un mayor porcentaje de cubrimiento y enrollamiento, además de un bajo peso por metro cuadrado. Otra alternativa es la mezcla 70% aserrín compostado + 30% compost. La diferencia en entre ambos tratamientos es el costo de producción. Finalmente, la producción de césped en sustrato bajo sistema de tepes puede ser tomada como una nueva metodología de producción para Perú.

#### 5. Literatura citada

- AGCSA [Australian Golf Course Superintendents Association]. 2011. Disponible en: <http://water.agcsa.com.au/turfgrass-tolerance-salinity>
- Añaños, R.; Lozano, O.; Santa Cruz, Y. 2004. Elaboración de criterios técnicos de calidad para la producción de compost. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú. 165 pp.
- Baldí, A; Lenzi, A. Nannicini, M. Pardini, A.; Tesi, R. 2013. Growth and Nutrient Content of Hybrid Bermudagrass Grown for Nursery Purposes at Different Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Rates. *HortTechnology* 23(3): 347-355.
- Burton, L. 2015. *Agriscience: Fundamentals and Applications*. 6th Edition. Cengage Learning. United States of America. 841 pp.
- Carrasco, N. 2009. Evaluación de tres diferentes tipos de sustratos (bagacillo, aserrín e ichu picado) en la producción de EM-Compost. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú. 77 pp.
- Carrow, R. 1995. Drought resistance aspects of turfgrasses in the southeast: Evapotranspiration and crop coefficients. *Crop Sci.* 35:1685–1690.
- Casas, M. 2009. Un método para el cultivo, conservación, mantención e instalación de prado express en invernaderos o recintos cerrados, para obtener una alfombra de césped natural. World Intellectual Property Organization-WO 2009150551 A2. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/WO2009150551A2/es>
- Caso, C. 2001. Evaluación de sustratos sobre el crecimiento de fresas hidropónicas. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú. 107 pp.
- Christians, N. 2004. *Fundamentals of Turfgrass Management*. 2nd Edition. John Wiley&Sons, United States of America. 359 pp.
- Cisar, J; Snyder, G. 1992. Sod Production on a Solid-waste Compost over Plastic. *HortScience* 27(3): 219-222.
- Decker, H. 1989. Growing sod over plastic: turf in five weeks. *Landscape Management* 28: 68–70.
- Decker, H. 1991. Compost use in sod production. *BioCycle*: 64-65.
- Dudeck, A.; Peacock, C. 1993. Salinity effects on growth and nutrient uptake of selected warm-season turf. *Inter. Turf. Soc. Res. J.* 7:680-686.

- Embrapa [Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária]. 2003. Disponible en: <http://labimagem.cnpdia.embrapa.br/Ferramentas.aspx?ferramenta=3>
- Adkinson, N. 2009. Middleton's Allergy: Principles and Practice. 7 th Edition. Elsevier, 1924 pp.
- Heard, R. 1988. Pre-grown lawn turf product and method of growing. United States of America Patent 4,716,679.
- Hu, L.; Huang, Z.; Liu, S.; Fu, J. 2012. Growth Response and Gene Expression in Antioxidant-related Enzymes in Two Bermudagrass Genotypes Differing in Salt Tolerance. Journal of the American Society for Horticultural Science. 137:134-143.
- Huang, B. 2008. Turfgrass water requirements and factors affecting water usage, p.193–205. En: J.B. Beard and M.P. Kenna (eds.). Water quality and quantity issues for turfgrass in urban landscapes. Council Agr. Sci. Technol. Spec. Publ. 27.
- Loads, F. 1978. Production of turf. Brookhouse, Near Lancaster, England. United States Patent 4,099,345
- Marcum, K. 2000. Growth and physiological adaptations of grasses to salinity stress. En Pessaraki, M. (ed.) Handbook of plant and crop physiology. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Marcum, K.; Pessaraki, M. 2006. Salinity tolerance and salt gland excretion of bermudagrass turf cultivars. Crop Science 46: 2571-2574.
- Millar, D.; Stolt, M.; Amador, J. 2010. Quantification and Implications of Soil Losses from Commercial Sod Production. Soil Sci. Soc. Am. J. 74:892-897.
- Ministerio de Cultura. 2015. Gaceta Cultural N° 51, Lima. Perú. 44 pp.
- Moreno, J.; Moral, R. 2008. Compostaje. Ediciones Mundi-Prensa, España. 570 pp.
- Nadeem, M.; Adnan Younis; Riaz, A.; Qasim, M. 2012. Growth response of some cultivars of bermuda grass (*Cynodon dactylon* L.) to salt stress. Pakistan Journal of Botany 44(4)
- Neylan, J.; Robinson, M. 1997. Sand amendments for the turf construction. Int. Turfgras Soc. Res. J. 8:133-147.
- Opazo, G. 1991. Manual para tratamiento integral de basuras: Producción de abono orgánico (compost) a partir de desechos sólidos domésticos. Fondo rotatorio Editorial Tecnología Apropriada y Participación Comunitaria, Bogotá. Colombia, 58 pp.
- Parracia, A. 2012. Césped: principales especies, manejo y métodos de propagación usados en parques y jardines. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Universidad Católica de Argentina. Argentina. 84 pp.
- Pessaraki, M. 2008. Handbook of Turfgrass Management and Physiology. CRC Press Taylor & Francis Group. Arizona, United States of America. 720 pp.
- Qian, Y., Fry, J. and Upham, W. 1997. Rooting and drought avoidance of warm-season turfgrasses and tall fescue in Kansas. Crop Sci. 37:905–910.
- Riaz, A.; Younis, A.; Hameed, M.; Kiran, S. 2010. Morphological and biochemical responses of turf grasses to water deficit conditions. Pak. J. Bot. 42: 3441-3448.
- Roberts, B.; Decker, H.; Ganahl, L.; Yarmark, E. 2001a. Biosolid Residues as Soilless Media for Growing Creeping Bentgrass Sod. HortTechnology 11(3): 451-455.
- Roberts, B.; Decker, H.; Bagstad, K.; Peterson, K. 2001b. Biosolid Residues as Soilless Media for Growing Wildflower Sod. HortTechnology 11(2): 194-199

- Stoffella, P.; Kahn, B. 2001. Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems. CRC Press Taylor & Francis Group. Washington D.C., United States of America. 430 pp.
- Struhs, D.; Santilla, E. 2002. Industrias en Áreas Verdes de Florida. Las prácticas más adecuadas para la conservación del agua en Florida. Gainesville, United States of America. Disponible en: [http://international\\_extension.ifas.ufl.edu/Ecuador\\_Hort\\_2009/SpanishBMPbook08\\_04.pdf](http://international_extension.ifas.ufl.edu/Ecuador_Hort_2009/SpanishBMPbook08_04.pdf)
- Terry, N.; Waldron, L. 1984. Salinity, photosynthesis and leaf growth. *California Agri.* 38: 38-39.
- Valenzuela, P. 2003. Elaboración de sustratos especializados para uso agrícola, a partir de residuos orgánicos bioprocesados. XI Concurso Nacional de Proyectos de I+D. Universidad de Chile. Disponible en: [https://www.conicyt.cl/wp-content/themes/fondef/encuentra\\_proyectos/PROYECTO/03/I/D03I1063.html](https://www.conicyt.cl/wp-content/themes/fondef/encuentra_proyectos/PROYECTO/03/I/D03I1063.html)
- Vargas, I. 2010. Comparative maintenance of Paspalum and Bermuda grasses. Thesis Master of science. University of Florida. United States of America. 78 pp.
- Velarde, G. 2008. Manual técnico de jardinería II: Mantenimiento. 2da Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 336 pp.
- Williams, D. 2011. Turfgrass Sod Production. University of Kentucky. 3 pp.
- Williams, P. 2003. Alternativas Productivas: Césped en Rollos. Proyecto FAO - TCP/ARG-2802 (A). Jujuy, Argentina. Disponible en: [http://www.cofema.gob.ar/archivos/web/PNBM/File/TCP/cartilla\\_5.pdf](http://www.cofema.gob.ar/archivos/web/PNBM/File/TCP/cartilla_5.pdf)
- Zhang, Q.; Wang, S.; Rue, K. 2011. Salinity Tolerance of 12 Turfgrasses in Three Germination Media. *Hortscience* 46(4):651-654
- Zucchetti, A; Arévalo, D; Bleeker, S. 2012. Aquafondo: Fondo del agua para Lima y Callao. Una herramienta financiera para la gestión integral del agua. En: Hajeck y Martínez (eds.) ¿Gratis? Los Servicios de la Naturaleza y cómo Sostenerlos en el Perú. Lima, Perú. Capítulo 7: 135-148.