

Láminas de riego y rendimiento de *Cenchrus ciliaris* L. en la zona semiárida, provincia de Santa Elena

Solís, L.A.[®]; Orrala, N.A.; León, A.A.; Valladolid, J.S y Marín, N.E.

Universidad Estatal Península de Sant Elena. Ecuador.

PALABRAS CLAVE

Biomasa.
Infiltración.
Evapotranspiración.
Necesidades hídricas.
Variables agronómicas.

ADDITIONAL KEYWORDS

Biomass.
Infiltration.
Evapotranspiration.
Water requirement.
Agronomic variables.

INFORMATION

Cronología del artículo.
Recibido/Received: 12.11.2022
Aceptado/Accepted: 10.01.2023
On-line: 15.01.2023
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:
solisluara@hotmail.com

RESUMEN

El presente proyecto se focalizó en evaluar el efecto de diferentes láminas de riego sobre el rendimiento del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) en la comuna Río Verde, provincia de Santa Elena, al no existir estudios sobre las necesidades hídricas en función de la producción de esta especie que podría ser una alternativa para el consumo nutricional de los rumiantes, puesto que podría mejorar los índices de productividad en la localidad. Para efectuar el ensayo se utilizó un diseño bloque completamente al azar (BCA) con tres tratamientos que correspondieron a las láminas de riego (80%, 100% y 120%) y 6 repeticiones, un total de 18 unidades experimentales. Los datos se tomaron cada semana durante un mes. Las variables medidas fueron: altura de la planta, longitud y ancho de la hoja medidos cada 7 días durante un mes y el rendimiento de biomasa a los 30 días. Los datos de las variables evaluadas al ser sometidos al análisis de la varianza y las medias comparadas con la prueba de Tukey ($p < 0.05$) mostraron diferencias significativas, con el T3 con la lámina al 120% que presenta mayor altura longitud y ancho de hoja con 52.82 cm, 29.52 cm 0.68 cm, El rendimiento de biomasa no presentó diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, el T3 con 39.25 t/ha-1 superó numéricamente a los otros tratamientos.

The irrigation and yield of *Cenchrus ciliaris* L. at semi-arid zone, of Santa Elena province Ecuador

SUMMARY

This project focused on evaluating the effect of different irrigation rates on the yield of buffer grass (*Cenchrus ciliaris* L.) in the commune of Río Verde, province of Santa Elena, since there are no studies on the water requirements for the production of this species, which could be an alternative for the nutritional intake of ruminants, since it could improve the productivity indexes in the locality. To carry out the trial, a completely randomized block design (BCA) was used with three treatments corresponding to the irrigation rates (80%, 100% and 120%) and 4 replications, a total of 12 experimental units. Data were collected every week for one month. The variables measured were: plant height, leaf length and leaf width measured every 7 days for one month and biomass yield at 30 days. The data of the evaluated variables when subjected to analysis of variance and the means compared with Tukey's test ($p < 0.05$) showed significant differences, with T3 with the 120% lamina presenting greater height length and leaf width with 52.82 cm, 29.52 cm 0.68 cm. The biomass yield did not present significant difference between treatments, however, T3 with 39.25 t/ha numerically surpassed the other treatments.

INTRODUCCIÓN

El rendimiento de los pastos varía de acuerdo al clima que presentan los trópicos y subtropicos; la escasez de las precipitaciones origina la necesidad de generar conocimientos adecuados con respecto al buen uso del agua y de los sistemas de riego (Ramírez *et al.*, 2017).

Los pastos en el trópico son la base de los sistemas de producción de los rumiantes (bovino caprino y ovino) y constituyen parte de la dieta básica. Sin embargo, el rendimiento de biomasa es irregular y la

calidad nutricional, dependen de la deficiencia hídrica (Perozo, 2013).

Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria, los pastos ocupan una superficie nacional de 1'985.494 hectáreas en el año 2019, con un descenso al 16,5% con respecto al año anterior; este descenso se da en los cultivos que no reciben labores culturales como riego, fertilización y técnicas fitosanitarias. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censo INEC (2019), la superficie agrícola se concentra en la Costa

con el 53,3%, en la Sierra el 27,3% y en la Amazonia el 17,2%.

En la provincia de Santa Elena, Ecuador, el promedio anual de las precipitaciones gira alrededor de 200 mm al año (INAMHI, 2022, en línea), lo que dificulta la implementación de pastos de calidad en su valor nutritivo y no permite una mayor capacidad de carga y altos rendimientos (MAG, 2017) Santa Elena: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). En este sentido el riego es necesario para compensar el déficit de transpiración del cultivo y evaporación del suelo; constituye una aplicación artificial que se distribuye uniformemente en las plantas, sin que reciban excesos de agua que puedan provocar años y pérdidas (Pereira *et al.*, 2010) y los pastos no son la excepción (Fernández, 2020).

En la provincia de Santa Elena se desconoce la demanda hídrica del pasto buffer *Cenchrus ciliaris L.*, a pesar de que es un recurso forrajero de gran potencial para el pastoreo extensivo; esta especie se caracteriza por poseer resistencia a condiciones de humedad deficientes en zonas semiáridas donde la cobertura de pasto no se ha explotado como fuente de alimentación para la producción ganadera (GCI, 2017). Es una gramínea adaptada completamente a las condiciones agroecológicas de zonas áridas y semiáridas, crece de manera espontánea y abundante con excelentes valores forrajeros; considerada muy apetecible para el ganado, es tolerante a la sequía y a la salinidad desarrollándose en suelos franco y francos arenosos (Bonifaz *et al.*, 2019), por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de láminas de riego sobre el rendimiento del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris L.*) en condiciones semiárida de Santa Elena, Ecuador.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Granja Experimental Río Verde de la Universidad Estatal Península de Santa Elena Ecuador, sita a 54 msnm, coordenadas: $x = 533197$ $y = 9744718$, provincia de Santa Elena, con precipitaciones de marzo a abril de 60 mm, temperatura máxima 29,2 °C y mínima 24 °C, humedad relativa 79 %, durante el experimento, según señala INAMHI (2021).

El análisis de suelo del área experimental presentó característica textural franco-arenosa, con nitrógeno medio, fósforo bajo y potasio alto (INIAP, 2019) y el agua de riego se clasifica como C2S1 (Agrolab, 2021).

El material biológico utilizado fue el pasto buffer (*Cenchrus ciliaris L.*), especie herbácea perenne, cespitosa, que bordea alturas de 1.3 m, con inflorescencia de una espiga densa, flores verdosas con setas purpura-oscuro y con rendimientos que alcanzan los 54 tha^{-1} (Borbor, 2021).

El experimento se ejecutó bajo un diseño bloques completamente al azar con 3 tratamientos (láminas de riego 80 %, 100% y 120 % de la tasa de evapotranspiración determinadas según los datos obtenidos en la tina de evapotranspiración clase A (Calvache, 2013) y 6 repeticiones; cada unidad experimental fue de 25

m^2 . A los 60 días después de sembrar se realizó el corte de igualación a todos los tratamientos del área experimental.

Previo al experimento propiamente dicho se realizaron los cálculos respectivos, como Capacidad de campo (CC), mediante el análisis estructural del suelo, valores que son el resultado del análisis de suelo expresadas en unidades de peso (Universidad de la República, 2020): $\text{CC}\%_{\text{ps}} = 0.023 (\% \text{ arena}) + 0.25 (\% \text{ limo}) + 0.61 (\% \text{ arcilla})$; Punto de marchitez permanente (PMP): calculado reemplazando los porcentajes de limo, arena y arcilla que presentó el análisis de suelo mediante la fórmula:

$$\text{PMP } \%_{\text{ps}} = 0.001(\% \text{ arena}) + 0.12 (\% \text{ limo}) + 0.57 (\% \text{ arcilla})$$

Infiltración del suelo: se obtuvo por medio del infiltrómetro minidisco con dimensiones de 32.7 cm de longitud, 3.1 cm de diámetro, volumen de área 135 ml, la evaluación consistió en colocar el agua en el depósito, se identificó en base a la textura de suelo la numeración del tubo de control de succión, de ahí se colocó el equipo sobre el nivel de suelo, a la vez se consideró el tiempo en minutos como se detalla en la **Tabla I** y **Figura 1**. Se determinó la conductividad hidráulica por dos métodos, el primero propuesto por (Zhang, 1997), ajustado a la función: $y = 0,0035x^2 + 0,0333x$.

Con los valores de infiltración, la conductividad hidráulica no saturada se calculó a partir de C_1 (m s^{-1}) y C_2 ($\text{m s}^{-1/2}$). C_1 está relacionado a la conductividad

Tabla I. Valores de infiltración del suelo (Soil infiltration values).

Tiempo (s)	Simplificación de raíces cuadradas (t)	Volumen (mL)	Infiltración (cm)
0	0.00	75	0.00
60	7.75	74	0.06
120	10.95	73	0.13
180	13.42	72	0.19
240	15.49	71	0.25
300	17.32	70	0.31
360	18.97	68.5	0.41
420	20.49	66.5	0.53
480	21.91	65	0.63
540	23.24	65	0.63

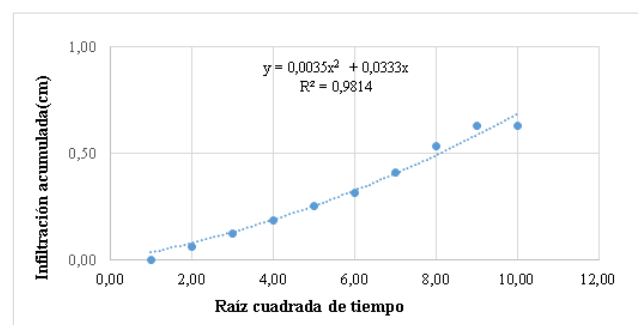


Figura 1. Curva de infiltración de agua acumulada en el suelo. (Accumulated water infiltration curve in the soil)

hidráulica y C_2 es la absorptividad del suelo. La conductividad hidráulica del suelo (k) se calcula sobre la base de:

$$I = C_1 t + C_2 \sqrt{t}$$

Donde C_1 es la pendiente de la curva de la infiltración acumulada vs. la raíz cuadrada del tiempo y A es un valor que relaciona el parámetro de van Genuchten para un tipo de suelo dado a la succión velocidad y radio del disco infiltrómetro:

$$K = C_1 / A$$

Donde n y α son los parámetros de van Genuchten para el suelo, r_0 es el radio del disco y h_0 es la succión en el disco superficie. El infiltrómetro Mini Disco se infiltra en agua a succión de -0,5 a -6 cm y tiene un radio de 2.25 cm. Los parámetros de van Genuchten para las 12 clases de textura fueron obtenidos de Carsel y Parrish (1988):

$$A = \frac{11.65(n^{0.1} - 1) \exp[2.92(n - 1.9)ah_0]}{(ar_0)^{0.91}} \quad n \geq 1.9$$

$$A = \frac{11.65(n^{0.1} - 1) \exp[7.5(n - 1.9)ah_0]}{(ar_0)^{0.91}} \quad n < 1.9$$

Se mide la conductividad hidráulica en un suelo con $n < 1.35$, cambios en la ecuación de Zhang (1997) propuesto por Dohnal *et al.* (2010) han mejorado las estimaciones de K comparadas con la ecuación anterior:

$$K = \frac{C_1(ar_0)^{0.6}}{11.65(n^{0.82} - 1) \exp[34.65(n - 1.19)ah_0]}$$

La evapotranspiración potencial (E_0) de determinó por el Método de PENMAN (Fao, 2009); la evapotranspiración de referencia (E_r) a través de la siguiente fórmula considerando características climáticas, para efectuar el diseño y operación del sistema de riego:

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T} + 273 \right) \mu_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 \mu_2)}$$

Donde:

E_{r0} : evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹).
 R_n : radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m⁻² día⁻¹).
 R_a : radiación extraterrestre (mm día⁻¹).
 G : flujo del calor de suelo (MJ m⁻² día⁻¹).
 T : temperatura media del aire a 2 m de altura (°C).
 u_2 : velocidad del viento a 2 m de altura (m s⁻¹).
 e_s : presión de vapor de saturación (Kpa).
 e_a : presión real de vapor (Kpa).
 $e_s - e_a$: déficit de presión de vapor (Kpa).
 Δ : pendiente de la curva de presión de vapor (Kpa °C⁻¹).
 Γ : constante psicrométrica (kPa °C⁻¹).

La evapotranspiración del cultivo se realizó a través de la siguiente fórmula considerando la evapotranspiración potencial y el coeficiente característico del cultivo.

$$ET(\text{cultivo}) = E_{T0} * K_c$$

Donde:

$ET(\text{cultivo})$ = Evapotranspiración de cultivo.
 E_{T0} = Evapotranspiración Potencial.
 K_c = Coeficiente característico del cultivo.

El cálculo de lámina neta consideró los parámetros de profundidad de raíces, la humedad disponible del suelo, el agotamiento de humedad disponible en el suelo.

$$D_n = 100 * H * D_a * (C_c - P_m) * f$$

Donde:

D_n = Lámina neta.
 H = Profundidad efectiva de la raíz del cultivo.
 D_a = Densidad aparente ciclo.
 C_c = Capacidad de campo.
 P_m = Punto de marchitez permanente.
 f = Factor de agotamiento.

Se determinó la lámina bruta (Dosis Totales) reemplazando los valores de la lámina neta entre la eficiencia de aplicación del sistema (Fuentes, 2003).

$$D_b = D_n / E_a$$

Donde:

D_b = Lámina bruta.
 D_n = Lámina neta.
 E_a = Eficiencia de aplicación.

Se determinó la fracción de lavado para controlar las sales en el suelo de acuerdo a la fórmula expresada por Tarjuelo (2005) se dividió la conductividad eléctrica del agua de riego sobre la multiplicación de tolerancia de salinidad restado de la conductividad eléctrica del agua de riego.

$$RL = CE_a / (5CE_e - CE_a)$$

Donde:

CE_a : Conductividad eléctrica del agua de riego (1.59 dS/m).
 CE_e : Tolerancia a la salinidad medido por la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (10 dS/m).

El intervalo de riego se el cálculo para indicar el número de riego por mes, para ello se emplea la fórmula en la cual se divide la lámina neta entre la eficiencia de aplicación (cultivo):

$$\text{Intervalo} = D_b / E_{Tc}$$

Donde:

D_b = Lámina neta.
 E_{Tc} = Eficiencia de aplicación.

Se determinó la pluviometría del aspersor a través de la fórmula, reemplazando el caudal del aspersor entre las distancias de aspersores y laterales considerando que la pluviometría no debe exceder a la infiltración obtenida (Tarjuelo, 2005).

$$P = (100 \times Q_e) / (S_a \times S_l)$$

Donde:

Q_a = Caudal del aspersor (l/h).
 S_a = Espaciamiento o distancia entre aspersores (m).
 S_l = Espaciamiento o distancia entre laterales (m).

El tiempo de riego se determinó a través de la división de la lámina total y la pluviometría del aspersor el tiempo de riego que es expresado en horas.

$$T_r = D_b / P$$

Donde:

T_r = Tiempo de riego

Db= Lámina total

P= Pluviometría.

Con los resultados de la infiltración de suelo se eligió el aspersor de impacto ½ amarillo eje acero, con radio ajustable, con las siguientes características: Salidas: 1; Tamaño de boquillas: 4mm; tipo de conexión: ½ M; Presión bar: 1.0 - 4.0; alcance m: 11.6 -12.1 y Caudal m³/h: 0.6 -1.2.

Se realizó la disposición de los aspersores en el terreno de acuerdo al alcance del aspersor, y la presión de la bomba colocando los aspersores cada 5 metros para que se produzca un traslape eficiente que distribuya uniformemente el agua.

Evaporación de la tina clase A (Etv): Se colocó la tina de evaporación clase A sobre una base de madera con una altura de 20 cm, se llenó de agua hasta 5 cm debajo del borde de la tina. Las lecturas se realizaron en la mañana a las 8:00 am, para poder determinar la cantidad de agua evaporada, para esto se contó con la ayuda de una regla metálica, expresando sus unidades de medida en centímetros.

El coeficiente del tanque evaporímetro se calculó en base a la fórmula que fue establecida por Allen *et al.*, (2006) que se encuentra en el manual FAO 56, para el respectivo cálculo se utilizó datos meteorológicos de velocidad de viento y humedad relativa.

$$K_p = 0.61 + 0.00341492 - 0.00016292 - 0.00000959210 + 0.003274 \ln(\text{BORDE}) - 0.00289 U_2 \ln(86.4 U_2) - 0.0106 \ln(86.4 U_2) \ln(\text{BORDE}) + 0.00063 [\ln(\text{BORDE})]^2 \ln(86.4 U_2)$$

Donde:

Kp: coeficiente de la tina.

u₂: velocidad promedio del viento a 2 m de altura.

HR: media humedad relativa media diaria.

BORDE: margen o distancia al borde de la superficie identificada.

Las variables agronómicas se evaluaron cada 7 días después del corte de igualación (altura de la planta, longitud de la hoja, ancho de la hoja).

Materia verde (MV): A los 28 días se realizó el corte del área útil, a una altura de 10 cm tomado desde la base del suelo, se pesó el forraje fresco utilizando una balanza cuyos datos fueron expresados en kg de MV y transformadas a t/ha⁻¹.

Análisis estadístico: Cuando hubo diferencias significativas entre medias de los tratamientos se utilizó el test de Tukey (p<0,05) utilizando el software *INFOS-TAT* versión profesional para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PROGRAMACIÓN DE RIEGO

El primer riego se estableció con la lámina total de 25.26 mm determinada al inicio del experimento con datos de clima y condiciones edafológicas; para la reposición del riego se hizo la programación en función de los tratamientos con intervalo fijo cada 7 días y lámina variable de acuerdo con la evaporación medida en la tina de evaporación clase A. El valor del coeficiente de tina se estableció en 0.8 y el coeficiente del cultivo

fue de 1.1 a lo largo del desarrollo del experimento; la evaporación diaria máxima fue de 3.8 mm y los promedios semanales variaron entre 14.5 a 15.8 mm. Las láminas de riego aplicadas a lo largo del desarrollo del cultivo fueron de 73.7, 83 y 97.9 mm, según cada uno de los tratamientos. Por otra parte, se puede establecer la programación del riego para el pasto buffer en la zona de influencia del estudio en 120% de ETc.

VARIABLES AGRONÓMICAS DEL PASTO BUFFER (*CENCHRUS CILIARIS* L.)

Los resultados para las variables altura de la planta y longitud de hoja del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) mostraron significancia estadística para la tercera y cuarta semana de evaluación; el tratamiento 3 presentó los mayores promedios (**Tabla III**). Los promedios para la variable ancho de hoja mostraron valores homogéneos.

De la **Tabla III** se deduce que las aplicaciones de las láminas de riego tuvieron incidencias en la variable altura de planta a los 21 y 28 días con la aplicación de la lámina del 120% correspondiente al T₃. Condori *et al.* (2018) obtuvo promedios más elevados en el forraje maralfalfa (*Pennisetum sp*) con la aplicación de una lámina de riego al 75 % y una aplicación de biol de 20%, 40% y 60%.

Por otro lado, Santos (2015) señala que las láminas de riego no influyeron en la altura de la planta del maíz (*Zea mays* L.). Borbor (2020) señala que la aplicación de nitrógeno en el pasto buffer aumenta la altura de la planta con promedios de 69.40 a 84.80 cm a los 20 a 40 días, valores evidentemente superiores a los obtenidos en el presente ensayo, lo que probablemente se explica solo en la utilización de láminas de riego y no de fertilizantes.

La longitud de hoja 29.52 cm aplicando un porcentaje de lámina de riego de 120%, se asemeja a lo reportado por González (2001) quien expone que el comportamiento agronómico de los pastos al igual que otros cultivos requieren de riego para expresar su potencial de rendimiento según sus características genéticas. Coincide con Valle (2020), que utilizó fertilización nitrogenada, en el pasto *Brachiaria brizantha* cv. Marandú y obtuvo a los 30 días longitudes de 32.63 cm.

En lo que concierne a la variable ancho de hoja no existió un crecimiento desmesurado para esta variable, puesto que semanalmente esta variable en cada tratamiento obtenía un aumento de crecimiento de hasta 0.10 mm, sin embargo, sobresale el tratamiento T₃ como resultado de la aplicación de las cantidades volumétricas de agua aplicadas, que se corrobora con lo alcanzado por Paucar (2020) y Chavarría *et al.* (2017).

RENDIMIENTO DE BIOMASA DEL PASTO BUFFER (*CENCHRUS CILIARIS* L.)

En el rendimiento de biomasa (forraje verde tha⁻¹) existió diferencias significativas, con la media más alta para el tratamiento T₃, con 39.25 tha⁻¹ (**Tabla IV**).

El rendimiento del pasto buffer estuvo en función de la lámina de riego aplicada. La lámina al 120% representó un volumen de agua, equivalente a 726 m³ha⁻¹ (**Tabla V**). El porcentaje y la cantidad de agua proporcionada en este tratamiento se mostró como el más

Tabla II. Programación de riego pasto buffer, (*Cenchrus ciliaris* L.) (Irrigation programming buffer grass (*Cenchrus ciliaris* L.))

Nº	Fecha	Eva. de la línea (mm)	Coeficiente de línea Kp	Eva. Potencial Eto	Coeficiente de cultivo Kc	Etc	Intervalo de riego (días)	Fracción de lavado Rl	Tratamiento al 80%			Tratamiento al 100%			Tratamiento al 120%		
									Lamina aplicada mm	Tiempo de riego horas	Volumen a m3/ha	Lamina aplicada mm	Tiempo de riego horas	Volumen a m3/ha	Lamina aplicada mm	Tiempo de riego horas	Volumen a m3/ha
Riego calculado	15-21/03/2021	3,8							25,26	2,1	252,6	25,26	2,1	252,6	25,26	2,1	252,6
1	22/3/2021	2,0															
2	23/3/2021	1,5															
3	24/3/2021	2,0															
4	25/3/2021	2,0															
5	26/3/2021	3,0															
6	27/3/2021	2,0															
7	28/3/2021	2,0															
Primer riego		14,5	0,8	10,9	1,1	12,0	7,0	0,05	11,8	1,0	118,0	14,1	1,2	140,7	17,7	1,5	176,9
1	29/3/2021	2,0															
2	30/3/2021	2,5															
3	31/3/2021	1,5															
4	1/4/2021	2,7															
5	2/4/2021	2,5															
6	3/4/2021	2,0															
7	4/4/2021	2,0															
Segundo riego		15,2	0,8	11,4	1,1	12,5	7,0	0,05	12,36	1,0	123,6	14,8	1,2	147,5	18,5	1,6	185,5
1	5/4/2021	2,0															
2	6/4/2021	1,8															
3	7/4/2021	2,0															
4	8/4/2021	2,2															
5	9/4/2021	2,0															
6	10/4/2021	2,0															
7	11/4/2021	2,0															
Tercer riego		14,0	0,8	10,5	1,1	11,6	7,0	0,05	11,39	1,0	113,9	13,6	1,2	135,9	17,1	1,4	170,8
1	12/4/2021	2,0															
2	13/4/2021	2,0															
3	14/4/2021	2,5															
4	15/4/2021	2,3															
5	16/4/2021	2,5															
6	17/4/2021	2,5															
7	18/4/2021	2,0															
Cuarto riego		15,8	0,8	11,9	1,1	13,0	7,0	0,05	12,85	1,1	128,5	15,3	1,3	153,4	19,3	1,6	192,8
									73,7	6,2	736,6	83,0	7,0	830,1	97,9	8,3	978,6
Total																	

T: tratamiento; Eva: evaporación

Tabla III. Variables agronómicas evaluadas en el pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.), cm. (Agronomic variables evaluated in buffer grass *Cenchrus ciliaris* L.)

Variables	Días de evaluación	Tratamiento			CV (%)
		T ₁	T ₂	T ₃	
Altura de planta	7	23.94 a	22.19 a	22.28 a	4.10
	14	29.19 a	29.81 ^a	34.89 a	12.51
	21	36.58 b	29.15 a	46.11 c	9.90
	28	36.30a	37.42 a	52.78 b	9.45
Longitud de hoja	7	13.38 a	12.02 a	12.60 a	7.76
	14	19.31 a	20.76 a	24.02 a	12.73
	21	21.27 b	15.29 a	26.94 c	9.88
	28	21.23 a	21.04 b	29.52 b	8.23
Ancho de hoja	7	0.41 a	0.50 b	0.39 a	3.71
	14	0.50 a	0.56 a	0.56 a	7.6
	21	0.56 a	0.57 a	0.61 a	5.51
	28	0.63a	0.65a	0.68a	10.88

Medias con una letra común no significativamente diferentes según Tukey ($p > 0.05$).

T₁: lámina de riego 80%; T₂: lámina de riego 100%; T₃: lámina de riego 120%.

eficiente, esto se ve claramente reflejado en la cantidad de biomasa obtenida al tener el mayor rendimiento.

Lo antes mencionado concuerda con Vough y Marten (1971) quienes establecen que la producción de los forrajes disminuye significativamente al no tener suelos húmedos, este déficit se ve influenciado en las características agronómicas de todo pasto. Por otro lado, Vera *et al.* (2016) señalan que la lámina con mayor porcentaje obtuvo mayores rendimientos demostrando así que el agua cumple un papel preponderante en el desarrollo y productividad del pasto.

Vera y Fernández (2018) manifiestan que con el pasto estrella (*Cynodon dactylon*) bajo una lámina aplicada al 120% presentó rendimientos superiores, alcanzando 0.94 kg/m a los 28 días, por lo tanto, la eficiencia del uso del agua mostró un comportamiento inverso, es decir, que la depreciación de la lámina intensificó el uso eficiente del agua.

Los resultados obtenidos en esta investigación en relación a las variables volumen-producción que se muestran en la **Figura 2** señalan lo contrario a lo mencionado anteriormente, dado que el pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) obtuvo rendimientos eminentes, cuya relación fue de carácter proporcional, es decir, tal como

se exhibe en la representación gráfica a mayor lámina de riego (volumen de agua) mayor producción.

De igual forma, se observa que las láminas de riego aplicadas al pasto buffer influenciaron de manera positiva en el rendimiento del cultivo, tal como se aprecia en la curva de desempeño de los tratamientos, mismos que se ajustan de manera idónea una ecuación de regresión lineal con R² igual 0.98, dejando de manifiesto que la producción está influenciada directamente por las láminas de riego

La demanda de agua de riego para cada tratamiento varía en función de los porcentajes aplicados, es así que, el tratamiento de 80% obtiene un consumo de 736.6 m³ha⁻¹, el tratamiento con el 100% determinó un gasto de 830.1 m³ha⁻¹ y el tratamiento de 120% de ETc se aplicó un volumen de 978.6 m³ha⁻¹ (**Tabla V**).

CONCLUSIONES

Se han obtenido los primeros resultados de la aplicación de láminas de riego en la especie forrajera *Cenchrus ciliaris* L., que permitirá calcular la carga animal con la que se podría alimentar a los rumiantes de la zona semiárida de la costa del Ecuador.

Tabla IV. Rendimiento del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) en forraje verde tha⁻¹ (Yield of buffer grass (*Cenchrus ciliaris* L.) in green forage tha⁻¹).

Tratamientos	Medias tha ⁻¹	C.V. (%)
T1	22.50a	14.30
T2	33.25a	
T3	39.25b	

Medias con una letra común no significativamente diferentes según Tukey ($p > 0.05$).

T₁: lámina de riego al 80%; T₂: lámina de riego al 100%; T₃: lámina de riego al 120%.

Tabla V. Dosis de agua aplicada al pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) (Dose of water applied to buffer grass, *Cenchrus ciliaris* L.).

Tratamiento	Volumen de agua aplicada m ³ /ha	Producción t/ha
T1 80%	736.6	22,50
T2 100%	830.1	33,25
T3 120%	978.6	39,25

T₁: lámina de riego al 80%; T₂: lámina de riego al 100%; T₃: lámina de riego al 120%.

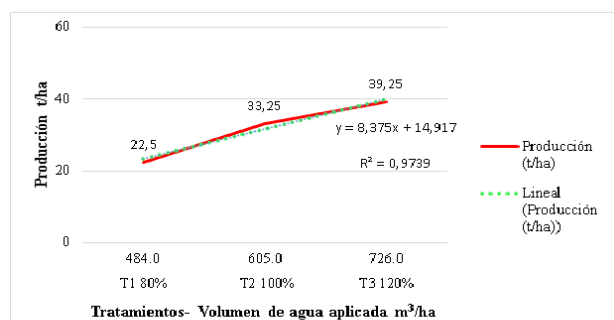


Figura 2. Curva de producción en relación con el volumen de agua aplicada de pasto buffer. (Production curve in relation to the volume of buffer grass water applied).

Los resultados permiten concluir que la aplicación de la lámina de riego al 120% de la tasa de evaporización mostró mayor incidencia en el desarrollo vegetativo en cuanto a las variables agronómicas: altura, longitud, ancho del pasto.

El rendimiento de biomasa del pasto buffer *Cenchrus ciliaris* L. se incrementó en función de la lámina de riego obteniendo el mejor rendimiento en el T₃ con una lámina al 120% de la tasa de evapotranspiración al obtener como resultado 39.25 t MV a los 28 días con un valor de 97.9 mm utilizando un volumen total de agua de 978.6 m³h⁻¹.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro sincero agradecimiento a todos quienes colaboran en el proyecto Mejoramiento de la producción caprina, especialmente al aporte económico de la Universidad Estatal Península de Santa Elena

BIBLIOGRAFÍA

- AGROLAB. (2021) Laboratorio de Análisis Químico Agropecuario. Santo Domingo, Ecuador.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D. y Smith, M. (2006) Evapotranspiración del cultivo: Guías para determinación los requerimientos de agua de los cultivos. Comida y agricultura orgánica.
- Bonifaz, N., León, R. y Gutiérrez, F. (2019) Pastos y Forrajes del Ecuador, siembra y producción de pasturas, Universidad Politécnica Salesiana - Ecuador. Disponible en: <https://www.ups.edu.ec/noticias?articleId=13282081>.
- Borbor, S. (2020) "Rendimiento y valor nutritivo del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) en Río Verde, Provincia de Santa Elena". Universidad Estatal Península de Santa Elena. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2075>.
- Cadena, V. (2016) Hablemos de riego. Segunda. Quito Ecuador: El telegrafo EP. Available at: <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/Hablemos-DeRiego-Low.pdf>.
- Calvache, A. (2013) *Riego andino tecnificado para fertirriego*. Primera Edición. Quito Ecuador: Universitaria (041831).
- Chavarría Párraga, J. E., Pilalao David, W. O., González Arteaga, C. E., & Párraga Muñoz, L. E. (2017). Restricción del riego en la producción de biomasa del pasto *Pennisetum sp.* *Ciencia Y Tecnología*, 10(2), pp.83-87. <https://doi.org/10.18779/cyt.v10i2.212>
- Carsel, R. F. y Parrish, R. S. (1988) "Developing joint probability distributions of soil water retention characteristics." *Water Resour. Res.* 24: 755-769.
- Condori Vargas, Sandra, Ruiz Huanca, Paulino, Ticona Guanto, Olga, & Chipana Mendoza, Dohnal, M., Dusek, J. y Vogel, T. (2010) 'Improving hydraulic conductivity estimates from Minidisk Infiltrometer measurements for soils with wide pore-size distributions.' *Soil Sci. Soc. Am. J.*

- FAO (2009) 'Guía de la Descripción del suelo'. Formato PDF. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>.
- Estudio y desarrollo de modelo de eficiencia hídrica de riego basado en agricultura Tesis. Universidad Andrés Bello. Disponible en: <http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/15527>.
- Fuentes, J. (2003) *Técnicas de riego*. Cuarta Edición Ministerio de Agricultura y Pesca. Madrid-España: Mundi-Prensa Libros.
- González, A. (2001) 'El riego en cuatro pastos en la planicie huasteca'. Disponible en: <https://www.biopasos.com/documentos/2/033.pdf>.
- INHAMI, 2022. <https://sedc.fonag.org.ec/reportes/inamhi>.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo INEC (2019) Manual del encuestador y supervisor "Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC" 2019. Quito. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac2019/Boletin%20Tecnico%20ESPAC_2019.pdf.
- MAG (2017) *Ganadería Clímicamente Inteligente, Integrando la Reversión de Degradación de Tierras y Reducción del Riesgo de Desertificación en Provincias Vulnerables, Santa Elena: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)*. Disponible en: <http://www.fao.org/aquastat/es/data-analysis/irrig-water-use/irrig-water-requiremen>.
- Paucar, J. (2020) "Evaluación de niveles de fertilización en pasto jameiro (*Eriochloa polystachya*) irradiado a 52 Gy bajo las condiciones edafoclimáticas del cantón Babahoyo". Universidad Técnica de Babahoyo. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/7993/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000242.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Pereira, L.S.; de Juan, J.A.; Picornell, M.A.; Tarjuelo, J.M *El riego y sus Tecnología* Centro Regional de Estudios del Agua, Universidad de Castilla-La Mancha Albeceta, España, 2010; 296p, Disponible en: <http://crea.uclm.es/crea2/sp/index.php>.
- Perozo, A. (2013) *Manejo de Pastos y Forrajes Tropicales*. Ali David Perozo Bravo.
- Porta, J., López, M. y Poch, R. (2019) *Edafología: uso y protección de suelos*. Mundi-Prensa Libros.
- Ramírez de la Ribera, J. L.; Zambrano Burgos, D. A.; Campuzano, Janeth; Verdecia Acosta, D.M; Chacón Marcheco, E.; Arceo Benítez, Y.; Labrada Ching, Jaine; Uvidia Cabadiana, H (2017) 'El clima y su influencia en la producción de los pastos', Málaga, España. pp. 1-12.
- Tarjuelo, M. (2005) *El riego por aspersión y su tecnología*. tercera edición. Mundi Prensa Madrid - España 581 pp. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/130642>.
- Universidad de la Republica (2020) 'Agua en el Suelo'. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/hidrologia/paisajismo/AGUA%20EN%20EL%20SUELO.pdf>.
- Valle, D. (2020) "Rendimiento y valor nutritivo del pasto *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, en Río Verde, provincia De Santa Elena". Universidad Estatal Península De Santa Elena. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2075>.
- Vera, C. M. Á. y Fernández, R. R. D. (2018) 'Efecto del riego deficitario mediante riego por aspersión en el rendimiento del pasto *Cynodon dactylon*'. *Revista ESPAMCIENCIA* ISSN 1390-8103, 9(2), pp. 91-95.
- Vera, E., Vivas, W. y Rivera, R. (2016) 'Respuesta del pasto alemán (*Echinochloa polystachya* L.) a tres láminas de riego', *Revista ESPAMCIENCIA* ISSN 1390-8103, 7(2), pp. 153-157.
- Vough, L. R. y Marten, G. C. (1971) 'Influencia de la humedad del suelo y la temperatura ambiente en el rendimiento y la calidad del forraje de alfalfa', *Agronomy Journal*, 63(1), pp. 40-42. Disponible en: <https://doi.org/10.2134/agronj1971.00021962006300010014x>.
- Zhang, R. (1997) 'Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer.' *Soil Sci. Soc. Am. J.*