



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO

“Sistema de riego por aspersión en pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*)”

AUTORA: Diana Carolina Zambrano Vélez

TUTOR: Ing. José Randy Cedeño Zambrano, PhD.

El Carmen, enero del 2026

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página II de 63

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

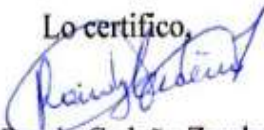
Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **Diana Carolina Zambrano Vélez**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025 (2), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es “**Sistema de riego por aspersión en pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*)**”

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 28 de enero del 2026.

Lo certifico,



Ing. José Randy Cedeño Zambrano, PhD.

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

“Sistema de riego por aspersión en pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*)”

AUTORA: Diana Carolina Zambrano Vélez

TUTOR: Ing. José Randy Cedeño Zambrano, PhD.

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN



Ec. Tito Alexander Cedeño Loo, Mg.



Ing. Vivas Cedeño Jorge Sifrido, Mg.



Ing. Jácome Gómez Janeth Del Rocío, PhD

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Diana Carolina Zambrano Vélez con cédula de ciudadanía 1755382635, estudiante de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión El Carmen, de la Carrera Ingeniería Agropecuaria, declaro que las opiniones, criterios y resultados encontrados en las aplicaciones de los diferentes instrumentos de investigación que están resumidos en las recomendaciones con el tema **“Sistema de riego por aspersión en pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*)”**, son información exclusiva de su autora, apoyados por el criterio de profesionales de diferentes indoles, presentados en la bibliografía que fundamenta este trabajo; al mismo tiempo declaro que el patrimonio intelectual del trabajo investigativo pertenece a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión El Carmen.

Atentamente,



Diana Carolina Zambrano Vélez

El Carmen, 08 de enero del 2026

DEDICATORIA

«Lo que sabemos es una gota de agua; lo que ignoramos es el océano.»— Isaac Newton

A Dios, fuente infinita de sabiduría y fortaleza, por ser la luz que iluminó mis pasos en los momentos de duda y la calma que sostuvo mi espíritu cuando el cansancio quiso vencerme. A Ti, Señor, entrego este logro que no me pertenece solo a mí, sino también a tu misericordia que me sostuvo en cada amanecer de esfuerzo y esperanza.

A mi familia, raíz y refugio de mi vida, por creer en mí incluso cuando el camino se tornó incierto. Sus palabras de aliento, su paciencia y amor incondicional fueron el impulso que me llevó a no rendirme.

A mi esposo, compañero fiel de mis días, por su comprensión, por caminar a mi lado en este sueño que hoy se hace realidad, por su apoyo constante y su fe silenciosa que fortaleció mis pasos cuando la carga se hizo pesada.

Y a mi hija amada, que habita en el cielo, mi más dulce inspiración... gracias por enseñarme que el amor trasciende toda distancia y todo tiempo. Aunque tus brazos no estén aquí, tu luz ha guiado mi camino y tu recuerdo ha sido mi fuerza más pura. Este logro es también tuyo, porque cada palabra escrita y cada meta alcanzada llevaron tu nombre en el corazón.

Hoy culmino mi carrera de Ingeniería Agropecuaria con el alma agradecida. Porque este triunfo no solo es un final, sino una ofrenda de amor, fe y perseverancia a quienes hicieron posible que mi sueño floreciera.

Diana Carolina Zambrano Vélez

AGRADECIMIENTO

«Los hombres construimos demasiados muros y no suficientes puentes.» — *Isaac Newton*

A mi familia, por ser el pilar que sostuvo cada paso de mi camino, por creer en mis sueños cuando aún eran solo anhelos y por acompañarme con amor, paciencia y fe inquebrantable. Su apoyo fue la raíz que me mantuvo firme en los momentos de dificultad y la luz que me guió hacia la meta que hoy se cumple.

A mi esposo, compañero de vida y de lucha, gracias por tu amor constante, por tu comprensión en los días de cansancio y por convertir cada desafío en una oportunidad para seguir adelante. Este logro también es tuyo, porque en cada palabra de aliento y en cada gesto de apoyo encontré la fuerza para no rendirme.

Este agradecimiento nace del corazón, con la profunda gratitud de quien sabe que ningún sueño se alcanza solo, y que detrás de cada triunfo existe el amor incondicional de quienes siempre estuvieron ahí, creyendo y sosteniendo.

Diana Carolina Zambrano Vélez

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE ANEXO	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
CAPITULO I.....	1
TÍTULO.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
Pregunta de investigación.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	4
HIPÓTESIS	4
CAPÍTULO I.....	5
METODOLOGÍA.....	5
1.1 Localización de la unidad experimental.....	5
1.2 Caracterización climatológica de la zona.....	5
1.3 Materiales y Equipos	6
1.4 Variables.....	6
1.4.1 Variables independientes.....	6
1.4.2 Variables dependientes.....	6
1.5 Métodos.....	7
1.5.1 Método empírico	7
1.5.2 Método experimental.....	7

1.6	Análisis estadístico.....	8
1.7	Tratamientos.....	8
1.8	Manejo del experimento.....	9
1.8.1	Aplicación de los tratamientos	9
1.8.2	Calendario operativo	10
1.8.3	Medición de variables	10
CAPÍTULO II.....		12
2. MARCO TEÓRICO		12
2.1	Riego	12
2.2	Riego por Aspersión.....	13
2.2.1	Evaluación de la eficiencia y uniformidad del riego por aspersión en sistemas agrícolas sostenibles.....	14
2.2.2	La eficiencia del riego	14
2.3	Agua	15
2.3.1	Eficiencia del uso del agua en la agricultura.....	15
2.4	Grama	15
2.5	Características del pasto San Agustín	16
2.5.1	Pasto San Agustín como cobertura vegetal	16
2.5.2	Descripción morfológica del pasto San Agustín (<i>Stenotaphrum americanum</i>)... ..	17
2.6	El policloruro de vinilo (PVC).....	18
2.7	Aspersores Automáticos Hunter Pgp (Professional Gear-driven Pop-up)	18
INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....		20
CAPITULO III		22
DESARROLLO DE LA PROPUESTA		22
3.1	Descripción del sistema.....	22
3.2	Diseño y selección de tecnologías a implementar.....	24
3.3	Descripción y pruebas de funcionamiento del equipo	28

3.4	Plan de implementación	30
3.5	Resultados	32
3.5.1	Cobertura verde (%)	32
3.5.2	Altura del pasto (cm)	33
3.5.3	Color de pasto (escala 1–3)	34
3.5.4	Longitud de raíz (cm)	35
3.5.5	Número de hojas	36
3.5.6	Número de raíces	36
CAPÍTULO IV		38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		38
CONCLUSIONES		38
RECOMENDACIONES		39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		XXXV
ANEXOS		XXXV

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características climatológicas de la localidad.....	5
Tabla 2. Variables agronómicas	6
Tabla 3. <i>Tratamiento de estudio</i>	9
Tabla 4. Tipos de riego.....	12
Tabla 5. Características botánicas y ecológicas del pasto San Agustín (<i>Stenotaphrum americanum</i>).....	17
Tabla 6. <i>Ventajas del sistema de riego por aspersión</i>	19
Tabla 7. Desglose de costos de adquisición e instalación del sistema de riego para el pasto	23
Tabla 8. Prueba t de Student para la variable Cobertura verde (%) en pasto San Agustín bajo los tratamientos T_1 (riego) y T_2 (riego + estiércol).....	32
Tabla 9. <i>Prueba t de Student para la variable altura del pasto (cm) en los tratamientos T_1 (riego) y T_2 (riego + estiércol sólido)</i>	33
Tabla 10. <i>Prueba t de Student para la variable color de pasto (escala 1–3) los tratamientos T_1 (riego) y T_2 (riego + estiércol sólido)</i>	34
Tabla 11. <i>Prueba t de Student para la variable longitud de la raíz (cm) los tratamientos T_1 (riego) y T_2 (riego + estiércol sólido)</i>	35
Tabla 12. <i>Prueba t de Student para la variable número de hojas en los tratamientos T_1 (riego) y T_2 (riego + estiércol sólido)</i>	36
Tabla 13. <i>Prueba t de Student para la variable número de raíces en los tratamientos T_1 (riego) y T_2 (riego + estiércol sólido)</i>	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de proyecto de investigación.....	5
Figura 2. Pasto San Agustín (<i>Stenotaphrum secundatum</i>).....	16
Figura 3. Sistema de riego por aspersión en césped de pasto San Agustín.....	19
Figura 4. Plano general del sistema de riego por aspersión para pasto San Agustín (<i>Stenotaphrum secundatum</i>) desde captación en laguna hasta el área de distribución	25
Figura 5. Bomba centrífuga de 4 HP utilizada para el suministro de agua del sistema de riego.	28
Figura 6. Rollos de manguera de polietileno de alta densidad (PEAD) utilizados en la red principal y secundaria del sistema de riego.....	28
Figura 7. Instalación del aspersor emergente POP-UP Hunter ¾” en la línea de distribución.	29
Figura 8. Válvulas y adaptadores de conexión empleados en la red de aspersión. Los componentes plásticos y metálicos se utilizaron para el control de caudal, mantenimiento sectorizado y acople de mangueras.	29
Figura 9. Estiércol seco de vaca (estiércol bovino solido) con el 10 % de humedad	30

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. Longitud de la Raíz	XXXV
Anexo 2. Longitud de la raíz.....	XXXV
Anexo 3. Número de raíces.....	XXXVI
Anexo 4. Aplicación de abono orgánico sólido en parcelas de pasto San Agustín bajo sistema de riego por aspersión	XXXVI
Anexo 5. <i>Manejo agronómico del pasto San Agustín mediante fertilización orgánica y riego por aspersión.....</i>	XXXVI
Anexo 6. Sistema de riego por aspersión en operación durante la aplicación de abono orgánico en pasto San Agustín	XXXVII
Anexo 7. <i>Certificado de originalidad</i>	XXXVIII

RESUMEN

El estudio tuvo como propósito evaluar la respuesta agronómica del pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*) bajo un sistema de riego por aspersión, los tratamientos fueron T1 riego por aspersión y T2 estiércol bovino sólido 8 kg m⁻² más riego por aspersión. El estiércol se aplicó en dos dosis de 4 kg m⁻², aplicadas a los 15 y 30 días, para un total de 8 kg m⁻². El análisis estadístico de todas las variables se realizó mediante la prueba t de Student para muestras independientes. Los resultados evidenciaron efectos positivos del biofertilizante en parámetros asociados al vigor superficial del cultivo. La altura del follaje fue superior en T₂, con 12,31 cm, frente a los 10,35 cm registrados en T₁ ($t = -9,04$; $p < 0,0001$). La intensidad del color también mostró un incremento bajo T₂, al alcanzar 2,33 en una escala de 1 a 3, mientras que T₁ obtuvo 1,53 ($p < 0,0001$). Asimismo, la cobertura verde aumentó en T₂, con 81,64 %, comparada con 70,76 % en T₁. En contraste, las variables estructurales no reflejaron efectos del estiércol. El número de hojas fue mayor en T₁ (3,49 vs. 1,43; $p < 0,0001$). La longitud de raíz presentó valores de 18,67 cm en T₁ y 15,23 cm en T₂ ($p = 0,1101$), mientras que el número de raíces fue similar entre tratamientos (4,97 vs. 4,85; $p = 0,6673$). En síntesis, el riego por aspersión aseguró un desarrollo uniforme del pasto, y su combinación con estiércol bovino sólido mejoró únicamente la cobertura, el color y la altura.

Palabras claves: pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*), eficiencia hídrica, fertilización orgánica, biomasa foliar.

ABSTRACT

The purpose of the study was to evaluate the agronomic response of St. Augustine grass (*Stenotaphrum secundatum*) under a sprinkler irrigation system. The treatments were T1 sprinkler irrigation and T2 solid cattle manure 8 kg m⁻² plus sprinkler irrigation. The manure was applied in two doses of 4 kg m⁻², applied at 15 and 30 days, for a total of 8 kg m⁻². Statistical analysis of all variables was performed using Student's t-test for independent samples. The results showed positive effects of the biofertilizer on parameters associated with the surface vigor of the crop. Foliage height was higher in T₂, at 12.31 cm, compared to 10.35 cm in T₁ ($t = -9.04$; $p < 0.0001$). Color intensity also showed an increase under T₂, reaching 2.33 on a scale of 1 to 3, while T₁ obtained 1.53 ($p < 0.0001$). Likewise, green coverage increased in T₂, with 81.64%, compared to 70.76% in T₁. In contrast, structural variables did not reflect the effects of manure. The number of leaves was higher in T₁ (3.49 vs. 1.43; $p < 0.0001$). Root length was 18.67 cm in T₁ and 15.23 cm in T₂ ($p = 0.1101$), while the number of roots was similar between treatments (4.97 vs. 4.85; $p = 0.6673$). In summary, sprinkler irrigation ensured uniform grass development, and its combination with solid cattle manure improved only coverage, color, and height.

Keywords: San Augustine grass (*Stenotaphrum secundatum*), water efficiency, organic fertilization, foliar biomass

CAPITULO I

TÍTULO

“Sistema de riego por aspersión en pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*)”

INTRODUCCIÓN

La civilización Inca aportó importantes avances en las técnicas de riego a través de una gestión hídrica eficiente y sistemas hidráulicos bien diseñados (Liu et al., 2018). En este sentido, desarrollaron métodos para captar, almacenar y distribuir agua en terrenos difíciles, como las terrazas agrícolas andinas (Tran et al., 2021). Gracias a su profundo conocimiento del clima y de las necesidades hídricas, pudieron optimizar la producción agrícola. De este modo, este legado sigue influyendo en las técnicas modernas de riego (Reina Muñoz, 2024)

Basado en Arango et al., (2021) Lima, Perú, tiene un clima árido con solo 10 mm de precipitación anual y una evapotranspiración potencial de 827 mm por año, esta escasa lluvia subraya la importancia de gestionar adecuadamente el agua para el riego de áreas verdes urbanas y agrícolas. Es crucial implementar una propagación de riego adecuada y aprovechar las nuevas tecnologías para su monitoreo y control (Liu et al., 2018).

Stenotaphrum secundatum es una gramínea perenne de crecimiento rastrero o estolonífera de larga duración, perteneciente a la familia poaceae, se utiliza como césped en jardines áreas de juegos y como cobertura del suelo bajo árboles en zonas costeras, además de contribuir a la conservación del suelo en diversas regiones del mundo (Tran et al., 2021).

Como indicó Cáceres (2025), las áreas verdes son fundamentales para la calidad de vida por sus beneficios ambientales y recreativos, en Perú muchas áreas se riegan por inundación y es un método poco eficiente, esta situación requiere una mejor gestión del agua. Por ello, el ingeniero agrícola debe impulsar el uso del riego tecnificado.

Como lo plantea Clement & Galand (2024), el riego por aspersión en combinación con redes colectivas a presión ha logrado una importante expansión global en las últimas décadas este avance ha exigido el desarrollo de metodologías específicas para el diseño y análisis de proyectos cuya complejidad no debe limitar las decisiones esenciales del responsable técnico del sistema de riego.

De acuerdo con Sapir & Sneh (2005), el riego agrícola ha sido históricamente el mayor consumidor de agua por parte del ser humano, ya que permite elevar los rendimientos en zonas áridas. Desde tiempos antiguos las civilizaciones florecieron cerca de fuentes hídricas,

desarrollando complejas infraestructuras para el riego. estas obras aún admiradas, evidencia la importancia del agua en la seguridad alimentaria (Liu et al., 2018).

Según Japa & Rodríguez (2015), el riego representa una práctica clave en el manejo de los cultivos, ya que permite asegurar el aporte de agua necesario para su crecimiento y desarrollo vegetativo. No obstante, Jáuregui Vera (2017), indicó que, los céspedes, además de su valor estético, recreativo y deportivo, contribuyen al medio ambiente de manera significativa al prevenir la erosión del suelo como facilitar la recarga de acuíferos, capturar polvo en suspensión y enriquecer el suelo con materia orgánica y microorganismos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Ecuador, la gestión del recurso hídrico se ha convertido en un desafío creciente debido a la variabilidad climática y la distribución desigual de las lluvias. En zonas de clima tropical como El Carmen, provincia de Manabí, los periodos secos afectan directamente la vitalidad de las coberturas vegetales, especialmente del pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*), una especie ampliamente utilizada en áreas verdes, recreativas y deportivas por su resistencia y adaptabilidad (Trenholm et al., 2021).

El pasto San Agustín se ha consolidado como una de las especies preferidas para el establecimiento de canchas de fútbol, parques y jardines públicos, gracias a su textura fina, su color verde intenso y su tolerancia al pisoteo. Sin embargo, para mantener su vigor y uniformidad en superficies de alto tránsito, requiere un manejo hídrico constante y eficiente (Espíndola-Gonzalez et al., 2014). La carencia de un sistema de riego adecuado en estos espacios provoca deterioro progresivo del césped, formación de zonas desnudas y compactación del suelo, lo que disminuye su capacidad de regeneración y su funcionalidad como superficie deportiva (Crow & Welch, 2004).

Ante esta problemática, se plantea la implementación de un sistema de riego por aspersión, con el propósito de garantizar una distribución uniforme y controlada del agua, mejorar el aprovechamiento hídrico y mantener un crecimiento homogéneo del pasto durante todo el año.

Pregunta de investigación

¿De qué manera la implementación de un sistema de riego por aspersión influye en el desarrollo y la calidad del pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*) en condiciones climáticas de El Carmen, Manabí?

JUSTIFICACIÓN

En la zona de El Carmen, provincia de Manabí, las condiciones climáticas presentan una marcada variabilidad entre las épocas lluviosa y seca. Durante esta última, la escasez de precipitaciones afecta directamente el crecimiento del pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*), lo que compromete su uniformidad, cobertura y funcionalidad como césped, especialmente en espacios como canchas o jardines. La falta de agua durante estos meses limita el desarrollo óptimo del cultivo, genera pérdidas en calidad y dificulta su mantenimiento (Pablo-Raxón, 2019).

Ante esta problemática, se propone la implementación de un sistema de riego por aspersión en la Granja Experimental Río Suma de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen. Esta iniciativa surge de la necesidad de garantizar un suministro eficiente y controlado de agua en las épocas de sequía, permitiendo conservar la estabilidad del cultivo y optimizar el uso del recurso hídrico. A través de esta tecnología se busca no solo mantener el pasto en condiciones adecuadas durante todo el año, sino también fomentar prácticas agrícolas sostenibles y adaptadas a la realidad climática local.

Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2025), en las zonas costeras de la región litoral las precipitaciones durante la temporada seca muestran una notable disminución. En junio, la precipitación promedio es de 13,2 mm; en julio baja a 10,1 mm; y en agosto disminuye aún más a 6,2 mm. Esta reducción progresiva en las lluvias limita la disponibilidad de agua, afectando el desarrollo de cultivos y coberturas vegetales en la zona.

El pasto San Agustín es ampliamente utilizado en Ecuador por su resistencia al pisoteo, su textura suave y su color verde intenso, características que lo convierten en una opción preferida para campos deportivos, parques y jardines públicos (Casler & Duncan, 2003). Sin embargo, su mantenimiento requiere un equilibrio hídrico adecuado, ya que la deficiencia de agua reduce su densidad, retrasa su crecimiento y altera su coloración (Crow & Welch, 2004). La adopción de un sistema de riego por aspersión permitirá garantizar un desarrollo uniforme y vigoroso del césped, mejorando su calidad estética y funcional, especialmente en superficies sometidas a alto tránsito, como las canchas de fútbol.

Además, la aplicación de un sistema de riego tecnificado contribuye al uso racional y sostenible del agua, reduciendo pérdidas por escorrentía o evaporación y favoreciendo la eficiencia en la distribución del recurso. Desde el punto de vista académico y experimental, la implementación de este sistema en la Granja Río Suma proporcionará un modelo demostrativo

para futuros proyectos agropecuarios, fortaleciendo la formación práctica de los estudiantes y promoviendo la transferencia de tecnologías apropiadas para las condiciones climáticas del trópico ecuatoriano.

OBJETIVOS

i) Objetivo general

Evaluar un sistema de riego por aspersión en pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*) en la Granja Experimental Río Suma de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen.

ii) Objetivos específicos

- Describir el sistema de riego por aspersión implementado en el cultivo de pasto San Agustín en la Granja Experimental Río Suma.
- Evaluar la respuesta del cultivo de pasto San Agustín al sistema de riego por aspersión, considerando la aplicación de abono orgánico y variables de crecimiento y desarrollo.
- Determinar el costo de la implementación del sistema de riego por aspersión, considerando materiales, mano de obra y mantenimiento.

HIPÓTESIS

H_a (alternativa): La implementación del sistema de riego por aspersión mejora significativamente el desarrollo, la uniformidad y la calidad del pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*) en comparación con el manejo tradicional sin riego tecnificado.

CAPÍTULO I

METODOLOGÍA

1.1 Localización de la unidad experimental

El procedimiento metodológico del presente estudio se desarrolló en varias fases, alineada directamente a los objetivos específicos propuestos. Estas etapas permitieron llevar a cabo las instalaciones, medición y análisis del sistema de riego por la presión en el cultivo de pastos San Agustín en condiciones reales de campo, dentro de la Granja Experimental Río Suma, perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí, extensión El Carmen. Esta área se sitúa en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador, a aproximadamente dos kilómetros de la vía que conecta El Carmen con Santo Domingo (Andrade et al., 2025).

Figura 1. Localización de proyecto de investigación



Fuente: Tomado de Google Maps, (2025).

1.2 Caracterización climatológica de la zona

A continuación, algunas características agroclimáticas del cantón:

Tabla 1. Características climatológicas de la localidad

Características	El Carmen
Clima	Trópico Húmedo
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86
Heliofanía (Horas luz año ⁻¹)	1026,2
Precipitación media anual (mm)	2659
Altitud (msnm)	249

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2022)

1.3 Materiales y Equipos

Equipos de riego	Herramientas e instrumentos	Insumos de vivero forestales
Bomba centrífuga superficial	Palas y picos	Semilla de pasto
Manguera de succión	Cinta métrica y nivel	
Válvula de pie con colador	Llaves ajustables / cortatubos	
Válvula de retención (cheque)	Destornilladores y tenazas	
Filtro de malla	Manómetro	
Manguera/tubería principal	Recipientes graduados (5–10 L)	
Válvulas de corte	Cronómetro	
Derivaciones internas (tees, codos)	Multímetro	
Aspersores 360°	Cinta de teflón	
Soportes para aspersores (riser)	Abrazaderas metálicas	
Adaptadores y reductores	Acoples rápidos	
Acoples rápidos	Sierra/segueta para plástico	
Uniones y conectores		

1.4 Variables

1.4.1 Variables independientes

- Biofertilizante orgánico sólido.

1.4.2 Variables dependientes

Tabla 2. Variables agronómicas

Variable	Descripción	Unidad de medida
Altura del pasto	Longitud vertical del follaje desde la base al ápice	cm
Cobertura verde	Porcentaje de superficie cubierta por pasto vivo	%
Color del pasto	Intensidad de verdor según escala ordinal (1 bajo, 2 medio, 3 alto)	1–3
Longitud de raíz	Longitud total de las raíces medidas en cm	cm
Número de hojas	Total de hojas presentes en cada unidad experimental	Conteo
Número de raíces	Total de raíces principales por planta	Conteo

1.5 Métodos

1.5.1 Método empírico

Se empleó el método empírico para recolectar información mediante la observación directa del desarrollo del pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*) en la Granja Experimental Río Suma de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen.

Este método permitió registrar datos visuales y cuantificables sobre las respuestas morfológicas y fisiológicas del cultivo frente a la aplicación del sistema de riego por aspersión (Ruiz, 2017). Durante el proceso se observaron variables como altura del follaje, densidad de cobertura, color del césped y humedad del suelo, lo que facilitó la comprensión real del comportamiento agronómico del pasto bajo diferentes condiciones hídricas y climáticas propias de la zona (Gaire et al., 2024; Trenholm et al., 2021).

1.5.2 Método experimental

La investigación se fundamentó en un método experimental, basado en el control de factores y la medición de sus efectos sobre el desarrollo del pasto San Agustín. T₁: Pasto San Agustín con sistema de riego por aspersión instalado.

- T₂: Pasto San Agustín con riego tecnificado y Biofertilizante orgánico sólido.

Ambos tratamientos se establecieron bajo condiciones ambientales naturales en la Granja Experimental Río Suma, garantizando la uniformidad en el manejo y el registro de datos. En el tratamiento T₁ se controló la frecuencia, duración y distribución del riego de manera precisa mediante el sistema de aspersión, asegurando una humedad edáfica constante. En el tratamiento T₂, además del riego tecnificado, se aplicó un biofertilizante orgánico sólido que aportó materia orgánica y microorganismos benéficos, favoreciendo la retención de humedad y la actividad biológica del suelo.

Este enfoque permitió observar de forma integral la respuesta fisiológica y agronómica del césped, valorando variables como la altura del follaje, densidad de cobertura, coloración foliar, peso seco y contenido de humedad del suelo (Arias, 2012). De esta manera, fue posible determinar la eficiencia del sistema de riego por aspersión y su interacción con el biofertilizante en el mantenimiento de un césped vigoroso, uniforme y de alta calidad visual y funcional.

1.6 Análisis estadístico

El análisis de los datos obtenidos en el experimento se realizó mediante la prueba t de Student para muestras independientes, dado que el estudio contempló únicamente dos tratamientos.

Esta prueba permitió comparar las medias de las variables agronómicas altura del follaje (cm), densidad de cobertura (%), coloración foliar (escala visual), peso seco del follaje (g/m²) con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Antes de aplicar la prueba t, se verificaron los supuestos de normalidad de los residuales mediante la prueba de Shapiro–Wilk y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. En los casos en que no se cumplió el supuesto de igualdad de varianzas, se aplicó la corrección de Welch para ajustar los grados de libertad y evitar sesgos en la comparación.

El procesamiento estadístico se llevó a cabo con el software InfoStat (versión 2022), el cual permitió realizar los contrastes de hipótesis y generar las tablas y gráficos comparativos que facilitaron la interpretación de los resultados.

1.7 Tratamientos

Cada unidad experimental correspondió a una parcela de 1 m² (1 m × 1 m), lo que equivale a 4 m² por tratamiento.

El tratamiento T₁ consistió en la implementación de un sistema de riego por aspersión diseñado para mantener una distribución uniforme del agua sobre la superficie del pasto San Agustín. Los aspersores fueron calibrados para alcanzar una presión de trabajo de 30 psi, simulando condiciones de lluvia ligera y controlada. La frecuencia y duración del riego se ajustaron según la demanda hídrica del cultivo y las condiciones climáticas diarias.

Por su parte, el tratamiento T₂ integró el uso del riego tecnificado por aspersión con la aplicación de biofertilizante orgánico sólido, lo que permitió combinar el manejo hídrico con la mejora de la fertilidad del suelo. El biofertilizante aportó materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y microorganismos que fortalecieron la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrientes. Esta combinación buscó incrementar la vitalidad del césped, promover un color verde intenso y mejorar su resistencia al estrés hídrico.

Ambos tratamientos se desarrollaron bajo condiciones ambientales naturales, manteniendo uniformidad en el manejo agronómico y en la toma de datos. Las variables evaluadas

incluyeron altura del follaje, densidad de cobertura, coloración foliar, peso seco del follaje y humedad volumétrica del suelo, con el propósito de determinar el efecto del riego y la nutrición orgánica en la calidad y uniformidad del pasto San Agustín.

Tabla 3. *Tratamiento de estudio*

Código	Descripción del tratamiento	Composición / manejo aplicado
T₁	Pasto San Agustín con sistema de riego por aspersión	Se aplicó riego un riego por semana con un caudal promedio de 8 L/min por aspersor, garantizando humedad edáfica constante.
T₂	Pasto San Agustín con riego tecnificado y biofertilizante orgánico sólido	Pasto San Agustín con riego tecnificado y aplicación de biofertilizante orgánico sólido (Estiércol bovino).

1.8 Manejo del experimento

1.8.1 Aplicación de los tratamientos

Las parcelas se distribuyeron de manera aleatoria dentro del área de estudio, manteniendo una separación de 1 m entre ellas para evitar la interferencia de agua o nutrientes entre tratamientos.

Esta distribución permitió garantizar la independencia de las repeticiones y asegurar la uniformidad en la aplicación del riego y del biofertilizante orgánico sólido. La dosis seleccionada de 8 kg m⁻² de estiércol bovino sólido compostado se consideró técnicamente adecuada para las condiciones del ensayo, al encontrarse dentro del rango de aplicación documentado para pastos de tipo tropical.

Wright et al. (2007), evaluaron enmiendas orgánicas derivadas de compost en céspedes de *Stenotaphrum secundatum* (pasto San Agustín) y *Cynodon dactylon* (Bermuda grass), con tasas de 80 y 160 Mg ha⁻¹, equivalentes a 8 y 16 kg m⁻², respectivamente, observando incrementos significativos en la disponibilidad de macronutrientes y en la cobertura foliar. En función de estos resultados, la dosis de 8 kg m⁻² adoptada en el presente estudio representa una aplicación intermedia y segura, que permite aportar materia orgánica suficiente para mejorar la estructura del suelo, la retención de humedad y la actividad biológica, sin riesgo de saturación de nutrientes ni pérdidas por lixiviación, considerando además la textura y capacidad de drenaje del suelo presente en la Granja Experimental Río Suma.

- **T₁: Riego por aspersión**

Se instaló una red fija con aspersores POP-UP 3/4" calibrados a 30 psi. Se verificó la uniformidad de aplicación con prueba de latas (separación 1 m), se calculó el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CU) y se ajustaron boquillas/alcances hasta alcanzar $CU \geq 80 \%$. La lámina objetivo por evento se fijó en 6–8 mm, con un riego por semana, y duración por sector ajustada al caudal medido (min/sector).

- **T₂: Riego por aspersión + biofertilizante orgánico sólido**

Se operó el mismo esquema de riego que en T₁. Además, se aplicó biofertilizante orgánico sólido (compost de estiércol bovino y residuos vegetales con MO activa) a 8 kg m^{-2} como capa superficial uniforme, con incorporación ligera (rastrillo) para favorecer contacto suelo enmienda. La dosis se aplicó al inicio (día 0) y se reforzó al día 30 con 8 kg m^{-2} . Se evitó la aplicación en suelo saturado y se regó inmediatamente para activar la mineralización inicial.

Condiciones comunes: Se mantuvo la altura de corte en 5 cm (cada 30 días), control manual de malezas, cero herbicidas y cero fertilizaciones químicas.

1.8.2 Calendario operativo

- **Día –3 a –1:** nivelación fina, verificación de drenaje, marcación de parcelas.
- **Día 0:** instalación hidráulica, **calibración de aspersores (CU)**, aplicación inicial de biofertilizante en T₂.
- **Días 1–60:** operación de riego (3/semana), corte (cada 30 días), lecturas de variables (cada 30 días).
- **Día 30:** refuerzo de biofertilizante en T₂ (8 kg m^{-2}).
- **Día 60:** evaluación final y cosecha destructiva para peso seco.

1.8.3 Medición de variables

La evaluación de las variables se realizó con el propósito de analizar la respuesta agronómica y fisiológica del pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*) ante la aplicación de los dos tratamientos experimentales. En todos los casos, las mediciones se efectuaron cada 30 días, tomando tres submuestras por parcela en puntos equidistantes, cuyos valores se promediaron para obtener un dato representativo por unidad experimental.

Las observaciones se llevaron a cabo durante un periodo total de 60 días, considerando las fases de crecimiento activo del césped y manteniendo condiciones ambientales homogéneas.

La altura del follaje (cm) se midió con una regla metálica o cinta graduada, registrando la longitud desde la base del tallo hasta la punta de la hoja más larga. Esta variable permitió determinar el ritmo de crecimiento vegetativo del pasto bajo cada tratamiento. Las mediciones se realizaron antes de cada corte programado, procurando mantener la uniformidad en la altura de medición para reducir el margen de error (Graham et al., 2022). Los datos obtenidos se expresaron en centímetros y se promediaron por parcela.

El número de brotes o macollos por metro cuadrado se determinó utilizando un marco de muestreo de 0,25 m² (50 × 50 cm). En cada submuestra se contaron todos los macollos presentes dentro del área delimitada, y el resultado se extrapoló a un metro cuadrado (×4). Esta variable permitió estimar la capacidad de regeneración y expansión lateral del césped, un indicador clave del vigor y la densidad del pasto San Agustín. Los conteos se efectuaron manualmente cada 30 días, bajo condiciones de iluminación natural y suelo a humedad de campo (Graham et al., 2022).

La longitud de raíces (cm) se evaluó mediante la extracción cuidadosa de muestras de suelo con raíces, empleando un barreno cilíndrico de 10 cm de diámetro y 15 cm de profundidad. Se seleccionaron tres puntos representativos por parcela y se lavaron las raíces con agua corriente para eliminar adherencias (McCarty & Gambrell, 2023). Posteriormente, se midió la longitud promedio de las raíces principales utilizando una regla metálica o vernier, expresando los resultados en centímetros (McCarty & Gambrell, 2023). Esta variable permitió analizar la profundidad y eficiencia del sistema radicular en la absorción de agua y nutrientes.

El peso fresco y seco del follaje (g/m²) se obtuvo mediante muestreos destructivos dentro de un marco de 0,25 m², cortando el material vegetal a 5 cm de altura. Las muestras frescas se pesaron inmediatamente en balanza electrónica para determinar el peso fresco. Luego, el material se secó en una estufa a 65 °C durante 48 a 72 horas, hasta alcanzar peso constante, registrándose el peso seco (McCarty & Gambrell, 2023). Esta variable reflejó el vigor del crecimiento y la capacidad fotosintética del césped, permitiendo comparar la acumulación de biomasa entre tratamientos. Los resultados se expresaron en gramos por metro cuadrado (g/m²).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Riego

Según Gurovich, (1985), el riegos por exceso de agua al regar con demasiada frecuencia. Además, debe emplearse una técnica que distribuya el agua de forma uniforme a lo largo de todo el perfil del riego adecuadamente es el que logra humedecer profundamente el suelo hasta alcanzar la zona donde se encuentra la mayoría de las raíces del cultivo, y no solo la superficie. Su aplicación de hacerse en el momento oportuno para evitar que las plantas sufran por falta de agua al espaciar demasiado al suelo, evitando que unas zonas reciban demasiada agua y otras muy poca.

Tabla 4. *Tipos de riego*

Tipo de riego	Descripción técnica	Ventajas principales
Riego por gravedad o superficial	Consiste en la conducción del agua por canales o surcos, aprovechando la pendiente natural del terreno. Es el método más tradicional y de bajo costo.	- Bajo costo de instalación. - Sencillo manejo y mantenimiento. - No requiere energía para su funcionamiento. - Adecuado para cultivos extensivos y suelos de buena infiltración.
Riego por aspersión	El agua se distribuye en forma de lluvia artificial mediante aspersores que pulverizan el flujo sobre el terreno, imitando la precipitación natural.	- Distribución homogénea del agua. - Favorece la oxigenación del suelo. - Permite aplicar fertilizantes disueltos (fertirriego). - Apto para casi todo tipo de suelos y cultivos. - Reduce la erosión en comparación con el riego por surcos.
Riego por goteo o localizado	El agua se aplica directamente en la zona radicular a través de emisores o goteros, con bajo caudal y alta frecuencia de aplicación.	- Alta eficiencia en el uso del agua (>90%). - Disminuye la evaporación y lixiviación de nutrientes. - Permite control preciso del suministro hídrico y fertilización. - Reduce incidencia de malezas al mantener seco el intersurco.
Riego por microaspersión	Similar al goteo, pero el agua se distribuye mediante microaspersores con alcance corto, que	- Ahorro significativo de agua. - Ideal para frutales y viveros. - Mantiene una humedad uniforme sin saturar el suelo. - Compatible con sistemas automatizados.

humedecen un área mayor
alrededor de la planta.

Riego subterráneo	El agua se aplica por debajo de la superficie del suelo mediante tuberías o emisores enterrados.	- Minimiza las pérdidas por evaporación. - Mantiene seca la superficie, reduciendo enfermedades foliares. - Mejora la eficiencia hídrica en suelos arenosos. - Requiere menor mano de obra una vez instalado.
Riego por exudación	Utiliza tubos porosos que liberan agua de forma continua por capilaridad directamente a las raíces.	- Distribución muy uniforme. - Eficiente para zonas áridas o con escasez de agua. - Compatible con fuentes de baja presión.

Fuente: tomado de Arango et al. (2021); Gurovich, (1985); Naroua et al. (2012); Palomo et al. (2016).

Mientras, Riera, (2023) afirma que el agua ha sido un tema de estudio importante en la antropología, especialmente en áreas que analizan cómo las sociedades interactúan con su entorno natural. La agricultura de regadío se define como la aplicación controlada de volúmenes significativo de agua a los cultivos mediante diversos métodos artificiales de riego.

Este sistema productivo implica una considerable inversión de capital y requieren una infraestructura hidráulica completa que puede incluir canales, acequias, redes de tuberías y sistemas de aspersión, lo cual demanda un elevado grado de especialización técnica para su diseño, implementación y mantenimiento (Analuisa & Akintiua, 2016).

2.2 Riego por Aspersión

El riego por aspersión es un método moderno que ha empezado a adoptarse con mayor regularidad en la actualidad, debido a la creciente mecanización de las explotaciones agrícolas. Su expansión se intensificó después de la Segunda Guerra mundial, cuando el aluminio se volvió más accesible. Esta técnica consiste en distribuir el agua en forma de lluvia fina, lo que se logra al hacerla circular a presión por tuberías que la liberan a través de pequeños orificios (Morábito et al., 2007).

La presión necesaria se genera comúnmente mediante una bomba, aunque en ciertos casos también puede aprovecharse la presión natural derivada de las diferencias de altura en el terreno (López, 2018).

2.2.1 Evaluación de la eficiencia y uniformidad del riego por aspersión en sistemas agrícolas sostenibles

El sector agrícola es, históricamente, el principal consumidor de agua dulce a nivel mundial, por lo que la eficiencia en los sistemas de irrigación se ha convertido en una prioridad para garantizar la sostenibilidad ambiental, económica y productiva (Flórez-Tuta et al., 2013). En este contexto, la uniformidad de aplicación del agua se reconoce como uno de los indicadores más determinantes del desempeño de un sistema de riego, pues condiciona la distribución del recurso hídrico en el suelo y, en consecuencia, el desarrollo homogéneo de los cultivos, la eficiencia en el uso del agua y los costos de operación del sistema (Martínez-Cob et al., 2010).

Cuando la distribución del agua no es uniforme, se generan zonas de déficit y exceso hídrico, afectando la productividad, la estructura del suelo y la rentabilidad del cultivo (Santacruz de León & Santacruz de León, 2020).

Una irrigación deficiente o irregular puede desencadenar problemas agronómicos severos. El exceso de agua favorece la lixiviación de nutrientes, reduce la aireación en la zona radicular y promueve la aparición de enfermedades, mientras que el déficit hídrico ocasiona estrés fisiológico, salinización y pérdida de biomasa vegetal (Naroua et al., 2012). La dinámica del movimiento del agua dentro del perfil del suelo es determinante: una infiltración eficiente permite mantener la humedad disponible en las capas activas, evitando la acumulación superficial y mejorando la calidad del riego (Santacruz de León & Santacruz de León, 2020).

Para evaluar el comportamiento hidráulico de los sistemas de aspersión, se han desarrollado indicadores de desempeño como el coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC) y el coeficiente de uniformidad de distribución (CUD), los cuales expresan el grado de homogeneidad con que el agua alcanza la superficie del suelo. Valores bajos de CUC y CUD suelen asociarse a deficiencias de diseño o calibración del sistema, provocando un uso ineficiente del recurso y pérdida de calidad en el riego (Cañas et al., 2010).

2.2.2 La eficiencia del riego

La eficiencia del riego es otro parámetro clave que vincula la cantidad de agua aplicada con la realmente aprovechada por el cultivo. Este concepto comprende distintas subcategorías: la eficiencia de aplicación (E_a), que determina la proporción de agua efectivamente infiltrada en la zona radicular; la eficiencia de almacenamiento (E_s), que refleja la cantidad de agua

retenida respecto a la requerida por el suelo; y las pérdidas por percolación profunda (Pp) o déficit de humedad (D), que permiten diagnosticar desequilibrios hídricos en el perfil (Olmedo-Vázquez et al., 2017). Una adecuada gestión de estos parámetros se traduce en una mayor productividad por unidad de agua aplicada, un menor riesgo de contaminación y una operación económicamente más sostenible (Morábito et al., 2007).

En la actualidad, la evaluación de la calidad del riego no se limita al análisis superficial de la lámina aplicada, sino que también incluye el estudio del movimiento del agua en el perfil del suelo (González et al., 2004). Para ello, se emplean modelos matemáticos que simulan el comportamiento del flujo en distintas condiciones de aspersión, permitiendo ajustar parámetros de diseño y manejo (Zermeño-González et al., 2014).

Una herramienta moderna de gran utilidad en este campo es la Reflectometría en el Dominio del Tiempo (TDR), la cual permite medir la humedad del suelo en tiempo real de forma no destructiva. Este método ofrece alta precisión y rapidez, y puede aplicarse tanto en laboratorio como en campo, facilitando el monitoreo de la dinámica hídrica durante y después del riego (Palomo et al., 2016).

2.3 Agua

El agua es un recurso indispensable no solo para la vida humana, sino también para el desarrollo de actividades productivas como la agricultura. Su disponibilidad y uso eficiente condicionan la viabilidad de los cultivos, especialmente en regiones con climas áridos o de lluvias irregulares. Por ello el diseño e implementación de sistemas de riego tecnificado se vuelven esencial para garantizar el rendimiento agrícola (Guerrero et al., 2021).

2.3.1 Eficiencia del uso del agua en la agricultura

Según Arzapalo et al., (2023) sostienen que la implementación de sistemas de riego eficientes es la clave para mejorar la productividad agrícola y optimizar el uso del agua. En un contexto donde la disponibilidad del recurso hídrico es cada vez más limitada, especialmente en regiones agrícolas, resulta fundamental adoptar técnicas y prácticas que aumenten la eficiencia en su uso. El riego tecnificado, como el sistema por aspersión y escurrimiento, mejorando la sostenibilidad del sistema productivo.

2.4 Grama

El césped está compuesto principalmente por especies de la familia de las gramíneas, que se distinguen por su crecimiento vertical hojas alargadas con nervaduras paralelas y un

sistema radicular fibroso y ramificado (Trenholm et al., 2021). En lugar de un tallo convencional, presenta una caña con nudos y entrenudos, rodeada por una vaina. Su punto de crecimiento llamado meristema se ubica en la base y define la altura a la que puedes cortar según la especie su floración puede adoptar la forma de espiga o panoja (Santiz, 2018).

Cuanta más vegetación haya en un terreno, menor será la erosión del suelo. ya que la cobertura vegetal reduce la velocidad del agua en las pendientes atenúa el impacto de las gotas de lluvia y funciona como barrera contra viento (Vera, 2022).

2.5 Características del pasto San Agustín

El pasto San Agustín es una especie perenne de clima cálido que se propaga rápidamente mediante estolones gruesos. Se utiliza comúnmente en jardines y parques por su resistencia y facilidad de establecimiento (Pérez-Rodríguez et al., 2024).

Aunque no tolera tráfico intenso, soporta bien la sombra moderada y es más adaptable que otras gramíneas en estas condiciones. Crece en suelos con Ph entre 6 y 8.5, y también tolera niveles moderados de salinidad (Pablo-Raxón, 2019). Debido a su baja fertilidad, se reproduce por esquejes o tepes. Su mantenimiento requiere riegos frecuentes al inicio, cortes entre 5 y 10 cm de altura y fertilización mensual para conservar su color y densidad (Santiz, 2018).

Figura 2. Pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*)



Fuente: Santiz, (2018)

2.5.1 Pasto San Agustín como cobertura vegetal

Las plantas de cobertura suelen estar conformadas por Especie pertenecientes a la familia *poaceae* o *fabaceae*. Estas se siembran principalmente con fines como la producción de semilla, la obtención de forraje, el control de la erosión y la mejora de las condiciones del suelo (Garrido et al., 1998). Un pastizal bien establecido ofrece múltiples beneficios entre ellos la protección contra la erosión, la mejora de la estructura del suelo el aumento de su fertilidad y

el estímulo de las actividades biológicas tanto en las raíces como las partes aéreas de la de esta planta, tallo, hojas y ramas juega un papel fundamental en la promoción de estas mejoras (Tijerino, 2016).

2.5.2 Descripción morfológica del pasto San Agustín (*Stenotaphrum americanum*)

El pasto San Agustín es una gramínea perenne, estolonífera y de crecimiento rastrero, perteneciente a la familia *Poaceae* (Crow & Welch, 2004). Se caracteriza por formar un césped compacto que se extiende mediante estolones vigorosos, los cuales enraízan en los nudos, facilitando una rápida colonización del terreno (Graham et al., 2022).

Los tallos son decumbentes, de textura media y color verde brillante, con una altura promedio entre 15 y 30 cm, aunque pueden alcanzar mayores longitudes en condiciones favorables de humedad y fertilidad (Young et al., 1999).

Las hojas son planas, de color verde intenso, con láminas que miden entre 10 y 20 cm de largo y 6 a 10 mm de ancho, terminando en una punta aguda. Poseen vaina abierta, lígula corta y membranosa, y carecen de aurículas (Gaire et al., 2024).

Esta morfología contribuye a una excelente cobertura del suelo, reduciendo la pérdida de humedad y limitando la germinación de malezas (Busey et al., 1982). El sistema radicular es fibroso y superficial, con una gran densidad de raíces finas que mejoran la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua. Esta característica le permite resistir periodos cortos de sequía y recuperarse rápidamente después de cortes o pastoreo (Crow & Welch, 2004).

La inflorescencia es una espiga digitada o comprimida, de color verde claro a amarillento, que mide entre 3 y 6 cm de longitud. Sus espiguillas se insertan de manera irregular en una espiga central robusta, característica distintiva del género *Stenotaphrum*. Las semillas son pequeñas, de forma ovalada y color pardo claro, con una capacidad de germinación moderada (M. Brecht et al., 2004).

El pasto San Agustín se adapta bien a climas cálidos y húmedos, con una temperatura óptima de crecimiento entre 25 y 35 °C (Gaire et al., 2024). Presenta buena tolerancia a la media sombra y crece en suelos franco-arenosos a arcillosos, con un pH ligeramente ácido a neutro (5,5–7,0). Su establecimiento es lento al inicio, pero una vez consolidado, forma un tapiz denso y persistente, capaz de resistir el pisoteo y la compactación del terreno (Crow & Welch, 2004).

Tabla 5. Características botánicas y ecológicas del pasto San Agustín (*Stenotaphrum americanum*)

Característica	Descripción
Nombre científico	<i>Stenotaphrum americanum</i> (L.) Schrank
Nombre común	Pasto San Agustín
Familia botánica	<i>Poaceae</i>
Tipo biológico	Gramínea perenne, estolonífera y rastrera
Altura promedio	15 – 30 cm
Tipo de tallo	Rastrero o decumbente, con estolones que enraízan en los nudos
Hojas	Planas, de color verde intenso, 10–20 cm de largo y 6–10 mm de ancho
Lígula	Corta, membranosa, translúcida
Inflorescencia	Espiga comprimida, 3–6 cm de longitud, con espiguillas alternas
Sistema radicular	Fibroso, superficial, denso y bien distribuido
Tipo de reproducción	Vegetativa (por estolones) y por semillas
Adaptación climática	Tropical y subtropical; óptimo entre 25 y 35 °C
Requerimiento hídrico	Medio; tolera cortos periodos de sequía y exceso de humedad
Tipo de suelo	Franco-arenoso a arcilloso; pH 5.5–7.0
Sombra	Buena tolerancia a media sombra
Usos principales	Césped ornamental, canchas deportivas, control de erosión, pastoreo moderado
Productividad forrajera	Media; excelente calidad nutricional (rica en proteína y digestibilidad)
Tolerancia al pisoteo	Alta, gracias a su hábito estolonífero y su rápido rebrote
Persistencia	Alta, cuando se maneja con riego y fertilización adecuados

Fuente: Brecht et al. (2004); Busey et al. (1982)

2.6 El policloruro de vinilo (PVC)

El PBC es un plástico de bajo costo y su uso extendido en diversas industrias por su resistencia, durabilidad, y versatilidad. Se elabora a partir del cloruro de vinilo, derivado de la sal y de fuentes como el gas natural es un material ligero aislante químicamente estable y difícil de incendiar lo que lo hace ideal para aplicaciones como tuberías y sistemas hidráulicos (Ramos, 2024).

2.7 Aspersores Automáticos Hunter Pgp (Professional Gear-driven Pop-up)

El aspersor Hunter automático PGP es un dispositivo de riego rotativo de tipo emergente, diseñado para operar de forma eficiente en sistemas automatizados. Este modelo se instala a nivel del suelo y se eleva únicamente cuando el sistema está en funcionamiento,

regresando a su posición original al finalizar el riego. Su diseño permite un alcance de cobertura ajustable entre 4.9 y 14.0 m con un caudal que varía entre 0.07 y 3.23 m³ por hora (Holzapfel et al., 2007).

Tabla 6. *Ventajas del sistema de riego por aspersión*

Aspecto técnico	Ventajas agronómicas y ambientales
Distribución del agua	Permite una aplicación homogénea, similar a la lluvia natural, garantizando una humedad uniforme en el suelo.
Eficiencia hídrica	Reduce las pérdidas por escurrimiento y evaporación superficial, optimizando el uso del agua en un 70–85 %.
Adaptabilidad	Se ajusta a diferentes tipos de suelos y cultivos, incluyendo el pasto San Agustín y otras especies de cobertura densa.
Conservación del suelo	Minimiza la erosión y el arrastre de partículas, favoreciendo la estabilidad estructural del terreno.
Control de humedad	Permite programar la frecuencia y duración del riego según la evapotranspiración y condiciones climáticas.
Compatibilidad con fertirriego	Posibilita la aplicación de fertilizantes líquidos o solubles junto con el agua de riego.
Menor compactación	Mantiene el suelo con humedad controlada, reduciendo el riesgo de compactación por pisoteo o maquinaria.
Mantenimiento del follaje	Contribuye a la uniformidad del color, densidad y textura del pasto, favoreciendo su uso ornamental o deportivo.
Automatización posible	Facilita la implementación de controladores, temporizadores o sensores de humedad para una gestión eficiente.
Sostenibilidad ambiental	Favorece el ahorro de agua y energía, reduciendo el impacto ambiental del manejo agrícola.

Fuente: Zermeño-González et al., (2014)

Dependiendo de la presión y configuración de las boquillas. Una de sus ventajas es el retorno automático del arco, lo cual garantiza que siempre vuelva a su posición inicial sin importar la dirección del giro. Además, puede operar en modo circular total o parcial, desde 50° hasta 360°, lo que lo convierte en un aspersor versátil para diversas aplicaciones agrícolas y jardinería (Hunter Industries, 2025).

Figura 3. Sistema de riego por aspersión en césped de pasto San Agustín



INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El uso del riego por aspersión ha cobrado relevancia en los últimos años como consecuencia del avance en la mecanización agrícola la necesidad de aprovechar de forma eficiente los recursos hídricos. Según (López, 2018), Esta técnica comenzó a expandirse rápidamente después de la Segunda Guerra mundial, Cuando el aluminio se volvió más accesible y facilitó la construcción de sistemas más ligeros y portátiles. Guerrero et al., (2021) Destacan que el agua es un recurso esencial tanto para la vida como para la actividad productiva, especialmente en zonas con climas áridos o lluvias irregulares, donde el riego tecnificado es clave para garantizar la rendimiento agrícola.

Por otro lado, el desarrollo de materiales como el policloruro de vinilo (PVC) han permitido avances importantes en la infraestructura de riego. Quintana et al., (2007) señala que este material es resistente, durable y eficiente para sistemas hidráulicos como el riego por aspersión. Además, (Alva & Jhasmin, 2022) Explica que el PVC, al derivarse principalmente de la sal común y el gas natural, es una alternativa más sostenible frente a otros polímeros, con buena estabilidad frente a factores ambientales.

Respecto al tipo de cultivo, la grama San Agustín es una cobertura vegetal muy utilizada por sus propias propiedades ornamentales, su capacidad para embellecer espacios y su contribución a la reducción de la erosión del suelo. Sin embargo, su baja tolerancia al estrés hídrico la hace dependiente de un suministro constante de agua, especialmente en épocas de sequía prolongada (M. J. Garrido & Ferreira, 1998; Trenholm et al., 2018).

En estudios realizados durante los veranos de 2000 y 2001 en el sur de Florida, se evaluó el efecto del silicio aplicado como escoria de silicato de calcio (20 % Si) sobre el control de la mancha gris foliar, causada por *Magnaporthe grisea*, y sobre el desarrollo vegetativo del pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*). La aplicación de 1 000 kg Si/ha se efectuó en tres suelos tipo histosol deficientes en silicio, antes del establecimiento del cultivar Floratam. El tratamiento fue comparado con aspersiones foliares de clorotalonil, una combinación de silicato de calcio + clorotalonil y un control sin aplicación. Los resultados mostraron que el silicato de calcio redujo significativamente la severidad de la enfermedad, medida mediante el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), con reducciones de hasta 68 % respecto al control. En los sitios de evaluación, el tratamiento con silicato de calcio promovió además un mayor porcentaje de cobertura del suelo, incrementando entre 17 % y 34 % la densidad foliar del césped. Los análisis de tejido foliar evidenciaron un aumento del contenido de silicio en las

plantas tratadas (1,2–1,3 %) frente a los controles (0,6–0,7 %). Estos resultados demuestran que la enmienda con escoria de silicato de calcio puede ser una alternativa viable para mejorar la sanidad foliar y acelerar la cobertura del terreno en céspedes de *Stenotaphrum secundatum* establecidos sobre suelos pobres en silicio, contribuyendo al manejo sostenible del cultivo y a la reducción del uso de fungicidas sintéticos (Brecht et al., 2004).

El estudio comparó la escorrentía y lixiviación de nitrógeno (N) entre céspedes de pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*) y paisajes de especies mixtas en parcelas experimentales de 50 m². Se aplicaron dosis de 300 kg N ha⁻¹ año⁻¹ en el césped y 150 kg N ha⁻¹ año⁻¹ en el paisaje mixto, empleando una mezcla arenosa de 75 cm de profundidad. Durante el primer año, las pérdidas de N por escorrentía superficial fueron mínimas, pero las pérdidas por lixiviación fueron significativamente mayores en el paisaje de especies mixtas, con 48,3 kg N ha⁻¹ año⁻¹, frente a 4,1 kg N ha⁻¹ año⁻¹ en el pasto San Agustín. Estos resultados evidenciaron que el césped de *Stenotaphrum secundatum* posee mayor eficiencia en el uso del nitrógeno y una menor contribución potencial a la contaminación de aguas subterráneas. El estudio resalta la necesidad de ajustar las prácticas de manejo del N en paisajes alternativos para mitigar impactos ambientales y optimizar la sostenibilidad en zonas residenciales (Erickson et al., 2001).

CAPITULO III

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 Descripción del sistema

El sistema de riego implementado en el presente estudio fue del tipo aspersión fija de cobertura completa, diseñado para suministrar agua de forma uniforme sobre la superficie del pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*), garantizando una distribución controlada y eficiente. La instalación se realizó en la Granja Experimental Río Suma de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, considerando las condiciones edafoclimáticas de la zona y las necesidades hídricas del cultivo durante su fase de establecimiento y crecimiento activo.

El sistema estuvo compuesto por una bomba centrífuga superficial de 1,5 HP, encargada de impulsar el agua desde el reservorio principal hacia la red de conducción. La línea principal, construida con tubería de PVC de ¾", distribuía el caudal hacia derivaciones secundarias conectadas a aspersores emergentes POP-UP Hunter de ¾" equipados con boquillas de 9,0 mm. Estos aspersores fueron calibrados a una presión de 30 psi (2,1 bar), asegurando una lámina de riego promedio de 6–8 mm por evento, equivalente a la precipitación de una lluvia ligera.

El sistema se operó tres veces por semana con una duración promedio de 20 minutos por sector, ajustada según la demanda hídrica del cultivo y la evapotranspiración estimada para la zona. La uniformidad de aplicación se verificó mediante la prueba de latas, alcanzando un Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CU) $\geq 80 \%$, considerado técnicamente eficiente para sistemas de aspersión agrícola.

El diseño hidráulico contempló una separación de 1 m entre aspersores, logrando solapamiento de los patrones de aspersión y evitando zonas secas. Además, se instalaron válvulas de corte independientes por línea para facilitar el mantenimiento y control de caudal. La instalación incluyó válvulas de retención, filtros de malla de 120 μm para evitar obstrucciones, y un manómetro para el monitoreo constante de presión.

Durante la operación, se registraron datos de presión, caudal y volumen aplicado, a fin de mantener la consistencia en las condiciones de riego entre las repeticiones experimentales. Este sistema permitió asegurar una humedad edáfica constante en la zona radicular (0–10 cm), reduciendo el estrés hídrico y favoreciendo la uniformidad del crecimiento foliar y radicular del césped.

La selección de un sistema de aspersión se basó en su capacidad de simular la lluvia natural, su bajo impacto sobre la estructura del suelo y su eficiencia en la distribución del agua, características que lo convierten en una opción óptima para estudios experimentales de pastos finos y céspedes deportivos. Además, su funcionamiento permitió la incorporación del biofertilizante orgánico sólido mediante más el uso de ligeros riegos posteriores a la aplicación, facilitando su integración al suelo y potenciando la sinergia entre manejo hídrico y nutricional.

Tabla 7. Desglose de costos de adquisición e instalación del sistema de riego para el pasto

Detalle principal	Cantidad	Valor unitario	Total
14 aspersores POP-UP Hunter ¾" H PGP (boquilla 9 mm) + llave POP-UP + transporte	16 und	20,35	325,58
Cinta teflón ¾" × 15 m (4 rollos)	4 und	1,01	4,03
Tees 1", niplos 1", codo 1", válvula plástica 1"	6 und	3,68	22,10
Reducción <i>bushing</i> + codo 1" roscable	2 und	1,30	2,60
Abrazaderas, tee 2", rosca, 2 adaptadores macho, <i>bushing</i> 2"×1", niple 1", llave 1"	6 und	4,33	26,00
Varilla de acero de 8 (B1)	1 und	5,25	5,25
Llave de paso 2" PVC + malla antimosquito (2)	2 und	5,25	10,50
Collares (2 unidades aprox.)	2 und	2,79	5,58
Niple 1" + universal 1"	3 und	6,60	19,80
Manguera 1" de 100 m (5 rollos = 500 m)	5	76,00	380,00
Manguera 2" de 250 m	250 m	1,16	290,00
Conectores y acoples (6 ítems según factura)	6 und	4,92	29,50
Flete de transporte de mangueras	1	50,00	50,00
Compra de estiércol bovino seco	1	60,00	60,00
Mano de obra de instalación del sistema de riego	1 servicio	230,00	230,00
TOTAL GENERAL	—	—	1 480,94

El costo total correspondiente al sistema de riego por aspersión instalado para el establecimiento del pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*) alcanzó un valor de USD 1

480,94, monto que integra materiales, componentes hidráulicos, mano de obra y transporte. Las adquisiciones se realizaron entre agosto y septiembre de 2025 en distintos establecimientos del cantón El Carmen, provincia de Manabí, bajo control documental respaldado mediante facturas y proformas verificadas.

El componente de mayor inversión correspondió al módulo de aspersión, cuyo valor ascendió a USD 325,58, lo que equivale aproximadamente al 21,98 % del costo total. Este rubro incluyó catorce aspersores POP-UP Hunter de $\frac{3}{4}$ pulgada con boquilla de 9 mm, una llave POP-UP y el servicio de transporte. Dicho conjunto constituyó la base operativa del sistema, garantizando una distribución homogénea del caudal en el área de pastoreo.

En segundo lugar, se situó la adquisición de mangueras, con un monto combinado de USD 670,00, equivalente al 45,24 % del presupuesto. Se adquirieron cinco rollos de manguera de 1 pulgada (500 m en total) y 250 m de manguera de 2 pulgadas, destinadas a la conducción principal y secundaria del riego. Este componente representó la columna vertebral del sistema hidráulico, permitiendo una presión constante y una cobertura eficiente del terreno.

El tercer rubro en importancia fue la mano de obra para la instalación, con un valor de USD 230,00, correspondiente al 15,53 % del total. Este servicio comprendió la nivelación del terreno, el tendido de líneas, la instalación de aspersores y pruebas de funcionamiento, actividades ejecutadas por personal técnico especializado. La participación de mano de obra local contribuyó además al fortalecimiento económico del entorno rural.

El grupo de accesorios y conexiones hidráulicas representó una inversión conjunta de USD 106,11, lo que equivale al 7,16 % del costo general. Este conjunto incluyó tees, codos, válvulas, neplos, bushings, adaptadores, universales y collarines, empleados en el ensamblaje de la red de conducción. Estos elementos garantizaron la estanqueidad del sistema, reduciendo pérdidas por fuga y mejorando la durabilidad de la instalación.

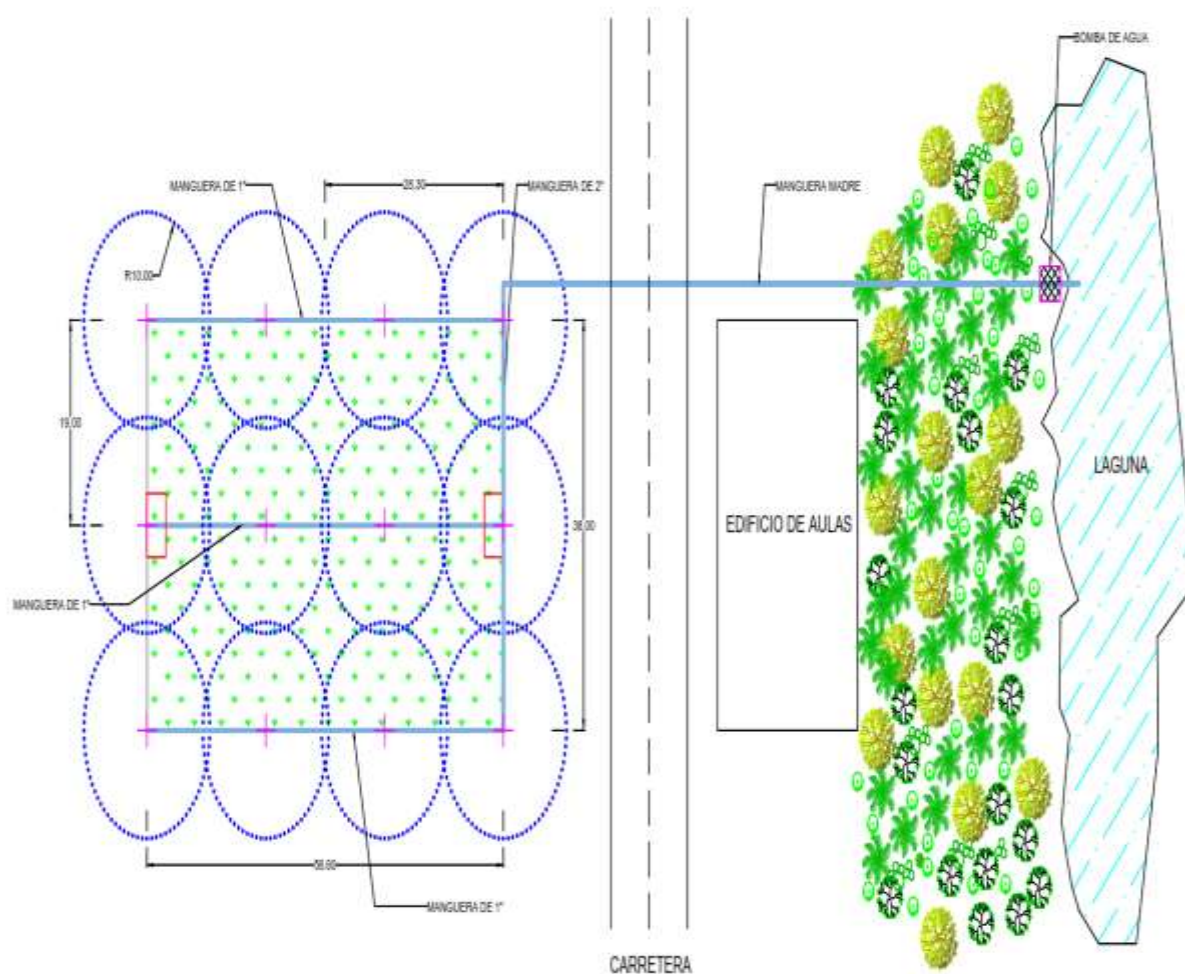
El flete de transporte de materiales se registró con un valor de USD 50,00 (3,37 % del total), mientras que la compra de estiércol bovino seco, utilizado como insumo orgánico complementario al sistema de riego, representó USD 60,00 (4,05 % del total). Ambos gastos, aunque menores en comparación con los rubros principales, resultaron indispensables para el funcionamiento y sostenibilidad del sistema.

3.2 Diseño y selección de tecnologías a implementar

El presente proyecto incorporó dos tecnologías complementarias orientadas a mejorar

la eficiencia hídrica y la fertilidad del suelo: el sistema de riego por aspersión y la aplicación de biofertilizante orgánico sólido bovino seco, seleccionadas por su compatibilidad agronómica con el cultivo de pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*) y su contribución a la sostenibilidad del manejo productivo (Wright et al., 2007).

Figura 4. Plano general del sistema de riego por aspersión para pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*) desde captación en laguna hasta el área de distribución



La Figura 4 muestra el esquema general del sistema de riego por aspersión diseñado para el área sembrada con pasto San Agustín. Se observa una unidad de bombeo ubicada en la laguna, fuente principal de captación de agua. Desde este punto se inicia la conducción mediante una manguera madre, representada en color azul, que transporta el caudal hacia la zona de riego. Esta línea principal atraviesa la franja de vegetación arbórea, el área externa del edificio de aulas y la carretera, hasta llegar al bloque productivo.

En el sector destinado al cultivo, el diseño contempla una red de distribución secundaria conformada por mangueras de 2 pulgadas y derivaciones con mangueras de 1 pulgada,

distribuidas perimetralmente alrededor del área del pasto. La disposición de los aspersores se representa mediante círculos punteados azules, cada uno con un radio de cobertura de 10 metros, lo que permite visualizar la superposición necesaria para asegurar uniformidad de aplicación.

El área de riego presenta un trazado rectangular de 56,60 m de longitud por 19,00 m de ancho, donde los aspersores están distribuidos en un patrón geométrico regular que garantiza la cobertura total del lote. El diseño muestra además la ubicación estratégica de dos unidades de control probablemente válvulas o hidrantes representadas en cuadros rojos, que permiten sectorizar o regular el flujo dentro del sistema.

La superposición de las áreas circulares indica una calibración adecuada para proyectos de aspersión, ya que evita zonas secas y minimiza pérdidas por viento. En el interior del rectángulo, la vegetación del pasto San Agustín se representa con símbolos verdes distribuidos homogéneamente, lo que refleja la intención del diseño de promover un crecimiento uniforme mediante una lámina de riego constante y bien administrada.

En conjunto, la imagen sintetiza la conexión entre la fuente de agua (laguna), el sistema de conducción principal, la red secundaria y la zona de aspersión, demostrando un diseño funcional y técnicamente estructurado para satisfacer los requerimientos hídricos del pasto San Agustín en condiciones de producción.

a) Selección del biofertilizante orgánico sólido bovino seco

El biofertilizante utilizado se elaboró a partir de estiércol bovino compostado, sometido a un proceso controlado de descomposición aeróbica durante 60 días, hasta alcanzar una humedad inferior al 10 %. Este proceso permitió reducir la carga microbiana patógena y estabilizar la materia orgánica, obteniéndose un material seco, de textura suelta y olor neutro, rico en nutrientes esenciales y microorganismos benéficos (Apraez et al., 2007).

Según Salazar-Sosa et al. (2009), El análisis químico del compost mostró contenidos promedio de 1,2 % de nitrógeno (N), 0,9 % de fósforo (P_2O_5), 1,4 % de potasio (K_2O) y un pH de 7,3, valores considerados adecuados para el mantenimiento de céspedes tropicales.

La selección de este tipo de biofertilizante se sustentó en su capacidad para mejorar la estructura del suelo, aumentar la retención de agua, favorecer la aireación radicular y estimular la microbiota edáfica, sin generar contaminación residual (Hartz et al., 2000).

Además, su uso reduce la dependencia de fertilizantes sintéticos, promoviendo una

fertilización sostenible y de liberación lenta, compatible con los principios de producción limpia y manejo ecológico de áreas verdes (Busey et al., 1982).

b) Diseño del esquema de aplicación

El esquema de fertilización se diseñó considerando la textura franco-arenosa del suelo y las condiciones agroclimáticas del cantón El Carmen, caracterizadas por una marcada estacionalidad de las lluvias y elevados índices de evapotranspiración potencial durante la época seca. Bajo estos parámetros, se determinó una dosis total equivalente a 8 kg m^{-2} de biofertilizante orgánico sólido compostado, formulado a partir de estiércol bovino estabilizado.

La estrategia de aplicación se estructuró en dos fracciones equivalentes de 4 kg m^{-2} , con un intervalo de 30 días entre cada una, a fin de asegurar una liberación gradual de nutrientes y una adecuada sincronización con la demanda fisiológica del césped San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*).

El biofertilizante se distribuyó de manera superficial y uniforme sobre la superficie del terreno, siguiendo una cuadrícula de cobertura homogénea que garantizara la uniformidad de dosis por metro cuadrado. Posteriormente, se realizó una incorporación ligera mediante rastrillado transversal, técnica que optimizó el contacto del material con la capa activa del suelo (0–5 cm) y redujo las pérdidas por escorrentía, volatilización y fotooxidación. Este manejo fraccionado permitió mantener una disponibilidad sostenida de nitrógeno mineralizable y mejorar la capacidad de intercambio catiónico del suelo, contribuyendo al vigor vegetativo, densidad foliar y recuperación post-corte del tapiz de césped en condiciones de uso deportivo intensivo (Hartz et al., 2000).

c) Tecnología de integración con el sistema de riego

La sincronización entre la aplicación del biofertilizante y el sistema de riego por aspersión fue fundamental para maximizar su eficacia. El riego permitió incorporar los nutrientes a la capa activa del suelo (0–10 cm), evitando pérdidas por volatilización y facilitando su absorción por el sistema radicular del pasto San Agustín. La tecnología empleada combinó un manejo hídrico programado (un riego por semana) con una fertilización orgánica superficial periódica, constituyendo un sistema mixto de biofertilización superficial, adaptado a las condiciones del trópico húmedo ecuatoriano (Erickson et al., 2001).

3.3 Descripción y pruebas de funcionamiento del equipo

- **La bomba centrífuga de 4 HP**

Se empleó como fuente principal de impulsión del agua en el sistema de riego. Su función consistió en generar la presión necesaria para abastecer uniformemente las líneas de conducción, garantizando un caudal constante de 8 L min^{-1} por aspersor. Este tipo de bomba, de combustión interna, permite operar de manera autónoma en campo, sin necesidad de energía eléctrica, y ofrece alta durabilidad frente al trabajo continuo en suelos de textura franco-arenosa y condiciones tropicales.

Figura 5. Bomba centrífuga de 4 HP utilizada para el suministro de agua del sistema de riego.



- **La manguera de polietileno de alta densidad (PEAD) de 2"**

Constituyó la línea principal de conducción. Su función fue transportar el caudal desde la bomba hasta los ramales secundarios, resistiendo la presión dinámica del flujo y evitando deformaciones por temperatura o presión. Su flexibilidad permitió un tendido eficiente en zanjas de 25 cm de profundidad, facilitando el mantenimiento del sistema.

Figura 6. Rollos de manguera de polietileno de alta densidad (PEAD) utilizados en la red principal y secundaria del sistema de riego.



- **Los aspersores emergentes POP-UP Hunter ¾" H PGP**

Fueron los emisores encargados de distribuir el agua sobre el césped San Agustín. Cada unidad, equipada con boquilla de 9,0 mm, permitió una cobertura circular de 180° a 360°, con una precipitación promedio de 10 mm h⁻¹. Su mecanismo retráctil impidió obstrucciones por partículas de suelo y evitó daños durante las labores de mantenimiento del área experimental.

Figura 7. Instalación del aspersor emergente POP-UP Hunter ¾" en la línea de distribución.



Las válvulas plásticas de 1" y los collarines de acople rápido

Se utilizaron como puntos de control y mantenimiento sectorizado del sistema. Estas piezas facilitaron el cierre parcial de líneas durante las pruebas de presión o reparaciones, reduciendo el riesgo de pérdidas de agua. Además, los collarines proporcionaron un anclaje firme de los aspersores a la tubería, evitando desprendimientos por variaciones de presión.

Figura 8. Válvulas y adaptadores de conexión empleados en la red de aspersión. Los componentes plásticos y metálicos se utilizaron para el control de caudal, mantenimiento sectorizado y acople de mangueras.



- **La cinta teflón de ¾"**

Cumplió una función de sellado en las uniones roscadas. Este material evitó filtraciones,

fugas y pérdidas de presión dentro de la red hidráulica. Su aplicación resultó esencial para mantener la eficiencia volumétrica del sistema durante la operación prolongada.

- **El biofertilizante sólido compostado (estiércol bovino seco)**

Se aplicó como fuente orgánica de macronutrientes (N, P, K) y materia orgánica. La dosis total fue de 8 kg m^{-2} , dividida en dos aplicaciones de 4 kg m^{-2} cada una, separadas por 30 días. Su incorporación superficial mediante rastrillado permitió mejorar la estructura del suelo, aumentar la retención hídrica y promover la actividad microbiana. Este manejo fraccionado favoreció la liberación progresiva de nitrógeno mineralizable, sincronizando la disponibilidad de nutrientes con el crecimiento vegetativo del césped.

Figura 9. *Estiércol seco de vaca (estiércol bovino solido) con el 10 % de humedad*



- **Las herramientas de instalación (palas, rastrillos y llaves de ajuste)**

Fueron empleadas para la apertura de zanjas, nivelación del terreno, montaje de componentes y calibración final de aspersores. Su uso garantizó precisión en la alineación de las líneas y en la profundidad de instalación, además de facilitar la manipulación manual durante la aplicación del biofertilizante.

3.4 Plan de implementación

Fase	Actividad ejecutada	Descripción técnica	Evidencia fotográfica
Fase 1	Delimitación del área	Se efectuó el trazado del perímetro y de las líneas principales de conducción utilizando cinta métrica y estacas de referencia (Imagen 1). Este procedimiento permitió establecer la distancia exacta entre los puntos de instalación de los aspersores y la orientación de las zanjas conforme al diseño	 <i>Imagen 1</i>

Fase	Actividad ejecutada	Descripción técnica	Evidencia fotográfica
		hidráulico.	
Fase 2	Apertura de zanj	Se realizaron cortes rectos sobre el césped con herramienta manual y se retiró el material vegetal superficial con carretilla y pala (Imagen 2). Las zanj	 Imagen 2  Imagen 3
Fase 3	Preparación del canal	Se perfiló el fondo de las zanj La preparación del terreno permitió que la tubería quedara asentada de forma estable, reduciendo la fricción hidráulica y mejorando la durabilidad del sistema.	 Imagen 4
Fase 4	Preparación del canal	Nivelación del fondo de zanja	 Imagen 5

Fase	Actividad ejecutada	Descripción técnica	Evidencia fotográfica
Fase 5	Colocación de mangueras y aspersores	Ensamble y calibración de unidades	 Imagen 6
Fase 6	Acople de accesorios	Unión de válvulas, codos con teflón	 Imagen 7
Fase 7	Instalación de bomba	Puesta en marcha del sistema de bombeo	 Imagen 8

3.5 Resultados

3.5.1 Cobertura verde (%)

El tratamiento T_1 (riego por aspersión) registró una cobertura promedio de 70,76 %, mientras que el tratamiento T_2 , que integró la aplicación de estiércol bovino sólido como biofertilizante y el riego tecnificado por aspersión, alcanzó un valor superior de 81,64 %. La diferencia absoluta de 10,87 puntos porcentuales demuestra que la combinación del riego con el aporte nutricional del fertilizante orgánico mejora de manera sustancial la expansión y uniformidad del césped.

El estadístico calculado ($t = -11,17$) con 28 grados de libertad, junto con un p -valor $< 0,0001$, confirma que la diferencia entre tratamientos es altamente significativa.

Tabla 8. Prueba t de Student para la variable Cobertura verde (%) en pasto San Agustín bajo los tratamientos T_1 (riego) y T_2 (riego + estiércol)

	Grupo 1	Grupo 2
	T1: riego	T2: riego + estiércol
Media	70,76	81,64
Varianza	4,94	9,27
Media (1)-Media (2)	-10,87	
LI (95)	-12,87	
LS (95)	-8,88	
pHomVar	0,251	
T	-11,17	
gl	28	
p-valor		<0,0001

Baxter et al. (2024), reportaron que la cobertura verde en los genotipos de St. Augustinegrass evaluados bajo 73 % de sombra osciló entre 19,16 % y 71,35 %, con los valores más altos registrados en los genotipos NCS-150, NCS-153 y DALSA-1404.

3.5.2 Altura del pasto (cm)

El análisis estadístico realizado mediante la prueba t de Student para muestras independientes mostró diferencias significativas en la altura del pasto San Agustín entre los dos tratamientos evaluados. El tratamiento T₁ (riego) presentó una altura promedio de 10,35 cm, con una varianza de 0,40, mientras que el tratamiento T₂ (riego + estiércol sólido) alcanzó un promedio superior de 12,31 cm, con una varianza de 0,30.

La diferencia de medias (-1,96 cm) resultó estadísticamente significativa, respaldada por un valor del estadístico t = -9,04, con 28 grados de libertad y un p-valor < 0,0001, lo que confirma que la aplicación de estiércol bovino sólido incrementó de manera significativa la altura del follaje en comparación con el riego convencional

Tabla 9. Prueba t de Student para la variable altura del pasto (cm) en los tratamientos T₁ (riego) y T₂ (riego + estiércol sólido)

	Grupo 1	Grupo 2
	T: riego	T2: riego + estiércol
Media	10,35	12,31
Varianza	0,4	0,3
Media (1)-Media (2)	-1,96	
LI (95)	-2,4	
LS (95)	-1,51	
pHomVar	0,6085	
T	-9,04	
gl	28	
p-valor		<0,0001

Baxter et al. (2024), quien documentó alturas de follaje en *Stenotaphrum secundatum* entre 8,30 y 13,79 cm bajo condiciones de sombra del 73 %. En dicho estudio, los genotipos con mayor vigor alcanzaron alturas cercanas a 14 cm, mientras que los de menor desempeño no superaron los 10 cm.

Vivanco-Loaiza (2016), quien observó incrementos significativos en la altura del pasto San Agustín cuando se aplicaron fertilizantes orgánicos. En su investigación, la altura promedio del tratamiento con fertilización fue de 10,60 cm, mientras que el tratamiento sin fertilizante alcanzó 6,30 cm, resultando en un efecto altamente significativo a favor de la nutrición orgánica dichos valores van de la mano con lo encontrado.

3.5.3 Color de pasto (escala 1–3)

El análisis estadístico aplicado a la variable color del pasto, evaluada mediante una escala ordinal de 1 a 3 (1 = verde pálido; 2 = verde claro; 3 = verde oscuro), evidenció diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento T₁ (riego) obtuvo una media de 1,53, correspondiente a una coloración entre verde pálido y verde claro. Por su parte, el tratamiento T₂ (riego + estiércol sólido) alcanzó una media de 2,33, equivalente a un tono predominantemente verde claro con tendencia a verde oscuro.

La diferencia de medias (–0,80) resultó significativa según el estadístico $t = -3,48$, con 28 grados de libertad, y un p-valor = 0,0016, lo que confirma que la aplicación de estiércol sólido incrementó de manera notable la intensidad del verde en el pasto San Agustín.

Tabla 10. Prueba *t* de Student para la variable color de pasto (escala 1–3) los tratamientos T₁ (riego) y T₂ (riego + estiércol sólido)

	Grupo 1	Grupo 2
	T1: riego	T2: riego + estiércol
Media	1,53	2,33
Varianza	0,55	0,24
Media (1)-Media (2)	-0,8	
LI (95)	-1,27	
LS (95)	-0,33	
pHomVar	0,1273	
T	-3,48	
gl	28	
p-valor		0,0016

Baxter et al. (2024), quien reportó índices de color verde oscuro (Dark Green Color Index) entre 0,63 y 0,71 para los genotipos de *Stenotaphrum secundatum* más tolerantes. En este estudio, el tratamiento T₁ (1,53) se corresponde con tonalidades similares a las categorías de verde más claras reportadas por el autor, mientras que T₂ (2,33) se aproxima a un verdor más intenso, equivalente a los genotipos con mejor desempeño mencionados por Baxter.

3.5.4 Longitud de raíz (cm)

El análisis estadístico para la longitud de la raíz del pasto San Agustín mostró que el tratamiento T₁ (riego) registró una media de 18,67 cm, mientras que el tratamiento T₂ (riego + estiércol sólido) presentó un promedio de 15,23 cm. Las varianzas fueron similares entre ambos tratamientos (33,76 y 31,45 respectivamente), lo que indica homogeneidad en la dispersión de los datos, aspecto confirmado por el valor de pHomVar = 0,8965.

La diferencia entre las medias fue de 3,44 cm, y aunque el tratamiento T₁ mostró una mayor longitud de raíz, el valor del estadístico $t = 1,65$ con 28 grados de libertad arrojó un p-valor = 0,1101, lo que indica que la diferencia no fue estadísticamente significativa al 95 % de confianza.

Tabla 11. Prueba t de Student para la variable longitud de la raíz (cm) los tratamientos T₁ (riego) y T₂ (riego + estiércol sólido)

	T1: riego	T2: riego + estiércol
Media	18,67	15,23
Varianza	33,76	31,45
Media (1)-Media (2)	3,44	
LI (95)	-0,83	
LS (95)	7,71	
pHomVar	0,8965	
T	1,65	
gl	28	
p-valor		0,1101

Los valores obtenidos también fueron comparados con los rangos descritos por Baxter et al. (2024), quienes reportaron longitudes radiculares variables entre 11 y 24 cm dependiendo del genotipo de *Stenotaphrum secundatum* y de las condiciones de sombra. En dicho estudio, los genotipos más vigorosos presentaron longitudes cercanas a los 20 cm, mientras que los de menor desempeño no superaron los 14 cm.

3.5.5 Número de hojas

El análisis estadístico aplicado al número de hojas mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T₁ (riego) presentó un promedio de 3,49 hojas, con varianza de 0,60, mientras que el tratamiento T₂ (riego + estiércol sólido) registró un promedio notablemente menor de 1,43 hojas, con una varianza de 0,10.

La diferencia entre las medias (2,07 hojas) resultó significativa según el estadístico $t = 9,52$, con 19 grados de libertad, y un $p\text{-valor} < 0,0001$, evidenciando que la cantidad de hojas producidas difiere de manera clara entre tratamientos.

Tabla 12. Prueba t de Student para la variable número de hojas en los tratamientos T₁ (riego) y T₂ (riego + estiércol sólido)

	Grupo 1	Grupo 2
	T1: riego	T2: riego + estiércol
Media	3,49	1,43
Varianza	0,6	0,1
Media (1)- Media (2)	2,07	
LI (95)	1,61	
LS (95)	2,52	
pHomVar	0,002	
T	9,52	
gl	19	
p-valor		<0,0001

Vivanco-Loaiza (2016), observo un comportamiento inverso. En su investigación, el tratamiento con fertilizante orgánico presentó valores consistentemente superiores, con promedios individuales entre 3,2 y 4,8 hojas, mientras que el tratamiento sin fertilización registró valores más bajos, entre 1,0 y 2,0 hojas.

3.5.6 Número de raíces

El análisis estadístico aplicado al número de raíces del pasto San Agustín no mostró diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento T₁ (riego) registró una media de 4,97 raíces, con una varianza de 0,28, mientras que el tratamiento T₂ (riego + estiércol sólido) presentó un promedio muy similar de 4,85 raíces, con varianza de 0,85.

La diferencia entre las medias (0,12 raíces) fue mínima, y el intervalo de confianza del 95 % (-0,45 a 0,69) incluyó el valor cero, lo cual indica que ambos tratamientos generaron

cantidades estadísticamente equivalentes de raíces. El valor del estadístico $t = 0,44$, con 23 grados de libertad, junto al $p\text{-valor} = 0,6673$, confirmó que no existieron diferencias significativas entre los dos tipos de manejo evaluado

Vivanco-Loaiza (2016), se observa un comportamiento diferente. En su estudio, el tratamiento con fertilizante orgánico presentó valores superiores, con promedios entre 4,2 y 5,8 raíces, mientras que el tratamiento sin fertilizante registró valores menores, entre 3,0 y 4,6 raíces. Esto indica que, en su investigación, la fertilización orgánica sí estimuló el desarrollo radicular, produciendo un número de raíces significativamente mayor que el tratamiento sin fertilización.

Tabla 13. Prueba t de Student para la variable número de raíces en los tratamientos T_1 (riego) y T_2 (riego + estiércol sólido)

	Grupo 1	Grupo 2
	T1: riego	T2: riego + estiércol
Media	4,97	4,85
Varianza	0,28	0,85
Media (1)-Media (2)	0,12	
LI (95)	-0,45	
LS (95)	0,69	
pHomVar	0,0488	
T	0,44	
gl	23	
p-valor		0,6673

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La implementación del sistema de riego por aspersión en el pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*) permitió una distribución uniforme del agua y un funcionamiento estable durante el periodo experimental, evidenciando su viabilidad técnica para el manejo hídrico del cultivo y su adecuado establecimiento.
- El comportamiento agronómico del pasto mostró que el riego por aspersión mantuvo un desarrollo estable, mientras que su combinación con estiércol bovino sólido mejoró variables asociadas a la calidad visual, como la cobertura vegetal (81,64 %), la intensidad del color (2,33) y la altura del follaje (12,31 cm); no obstante, las variables estructurales no presentaron incrementos significativos.
- El costo total de implementación del sistema de riego por aspersión fue de USD 1 480,94, incluyendo materiales, componentes hidráulicos, mano de obra y transporte, lo que permitió concluir que el sistema constituye una alternativa económicamente viable para el manejo del pasto San Agustín en condiciones locales.

RECOMENDACIONES

- Emplear el sistema de riego por aspersión como manejo base, debido a que garantizó uniformidad hídrica y sostuvo un crecimiento estable del pasto San Agustín.
- Complementar el riego con aplicaciones moderadas de estiércol sólido, ya que mejoró la cobertura, el color y la altura, evitando excesos que puedan afectar la emisión de hojas o el desarrollo radicular.
- Realizar evaluaciones periódicas del estado del suelo y del follaje, para ajustar la fertilización orgánica según las necesidades reales del cultivo y optimizar su desempeño agronómico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva, B. A., & Jhasmin, D. (2022). *Linea De Investigación Institucional*:
- Analuisa, E. P., & AKINTIUA, H. R. (2016). “*Implementación De Un Sistema Automático Para Riego Y Fertilización De Zonas Verdes En El Área De Recreación De La Universidad Técnica De Cotopaxi*”. 61.
- Andrade, D. Y., Campi Liuba, R. I., Carrera Andrade, J. J., Sánchez Zorrilla, D. G., & Calixto Gutiérrez, B. J. (2025, invierno). Microorganismos Como Aceleradores En El Proceso De Pre-Compostaje Para Lombricultura. *22 abril 2025*, 9(2), 19.
- Apraez, E., Crespo, G., & Herrera, R. (2007). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos y mineral en el comportamiento de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechs) en el Departamento de Nariño, Colombia. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41(1), 75-79.
- Arango, A., Ascencios, D., Meza, K., Pino, E., Arango, A., Ascencios, D., Meza, K., & Pino, E. (2021). Efecto de la frecuencia de riego en la calidad del césped americano utilizando sistema de riego por goteo subterráneo controlado vía internet. *Idesia (Arica)*, 39(3), 21-31. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292021000300021>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (6ta ed.). Fideas G.
- Arzapalo, L. E. S., Sanchez, A. del P. M. A., Arzapalo, L. E. S., & Sanchez, A. del P. M. A. (2023). Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 7(20), 464-473. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.229>
- Baxter, L. L., Fox, J. L., Jespersen, D., Snider, J. L., Zhang, J., & Schwartz, B. M. (2024). Evaluating canopy morphology as predictive indicators of shade tolerance in three warm-season turfgrass species. *Crop Science*, 64(6), 3583-3593. <https://doi.org/10.1002/csc2.21331>
- Brecht, M., Datnoff, L., Kucharek, T., & Nagata, R. (2004). Influence of silicon and chlorothalonil on the suppression of gray leaf spot and increase plant growth in St. Augustinegrass. *Plant disease*, 88(4), 338-344.
- Brecht, M. O., Datnoff, L. E., Kucharek, T. A., & Nagata, R. T. (2004). Influence of Silicon and Chlorothalonil on the Suppression of Gray Leaf Spot and Increase Plant Growth in St. Augustinegrass. *Plant Disease*, 88(4), 338-344. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.4.338>

- Busey, P., Broschat, T. K., & Center, B. J. (1982). Classification of St. Augustinegrass 1. *Crop Science*, 22(3), 469-473.
- Cáceres, D. M. (s. f.). *UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA*.
- Cañas, J. R., Jiménez, M. D., Arellano, R. P., & Pérez, M. F. M. (2010). Mejora de la gestión del agua de riego mediante el uso de indicadores de riego. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 42(1), 107-124.
- Casler, M. D., & Duncan, R. R. (2003). *Turfgrass Biology, Genetics, and Breeding* (Copyright, Vol. 1). John Wiley & Sons.
- Clement, R., & Galand, A. (2024). *El riego por aspersión: Y las redes colectivas de distribución a presión*. Reverte.
- Crow, W., & Welch, J. (2004). Root reductions of St. Augustinegrass (*Stenotaphrum secundatum*) and hybrid bermudagrass (*Cynodon dactylon* × *C. transvaalensis*) induced by *Trichodorus obtusus* and *Paratrichodorus minor*. *Nematropica*, 31-38.
- Erickson, J. E., Cisar, J. L., Volin, J. C., & Snyder, G. H. (2001). Comparing Nitrogen Runoff and Leaching between Newly Established St. Augustinegrass Turf and an Alternative Residential Landscape. *Crop Science*, 41(6), 1889-1895. <https://doi.org/10.2135/cropsci2001.1889>
- Espíndola-Gonzalez, A., Fuentes-Ramirez, R., Martínez-Hernández, A., Castaño, V., & Velasco-Santos, C. (2014). Structural characterization of silica particles extracted from grass *Stenotaphrum secundatum*: Biotransformation via annelids. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2014(1), 956945.
- Flórez-Tuta, N., Zution-Gonçalves, I., Feitosa, D. R.-C., Agnellos-Barbosa, E. A., Deus, F. P., Diego-Ribeiro, M., & Eiji-Matsura, E. (2013). Eficiencia de aplicación de agua en la superficie y en el perfil del suelo en un sistema de riego por aspersión. *Agrociencia*, 47(2), 107-119.
- Gaire, S., Yu, X., & Milla-Lewis, S. R. (2024). Molecular advances in St. Augustinegrass: From DNA markers to genome sequencing. *Grass Research*, 4(1).
- Garrido, M., Ferreira, I., & de Uzcátegui, R. C. (1998). Identificación de la raza D del virus del mosaico de la caña de azúcar infectando grama San Agustín en Venezuela. *Interciencia*, 23(2), 107-112.
- Garrido, M. J., & Ferreira, I. C. (1998). *Identificación De La Raza D Del Virus Del Mosaico De La Caña De Azúcar Infectando Grama San Agustín En Venezuela*. 23.
- González, P. A., Cisneros, E., Placeres, Z., & Quintana, E. (2004). La eficiencia institucional: Factor de gran peso en la eficiencia global de los sistemas de riego y drenaje. *Revista*

- Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(4), 0.
- Google Maps. (2025). 0°15'35.0"N 79°25'35.0"W. https://www.google.com.ec/maps/@-0.2621007,-79.443577,2416m/data=!3m1!1e3?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D
- Graham, S. E., Tome Gouveia, B., Carbajal, E. M., Van der Laat, R., & Milla-Lewis, S. R. (2022). Using base index for selection of St. Augustinegrass breeding lines evaluated in multienvironment trials for turfgrass quality traits and stress tolerance in North Carolina. *Crop Science*, 62(5), 2011-2023.
- Guerrero, J., Hernández Tabaco, B., & Castellanos, L. (2021). *Calidad Del Agua Para Sistemas De Riego En Colombia*. 12, 11.
- Gurovich, L. A. (1985). *Fundamentos y diseño de sistemas de riego*. IICA.
- Hartz, T., Mitchell, J., & Giannini, C. (2000a). Nitrogen and carbon mineralization dynamics of manures and composts. *HortScience*, 35(2), 209-212.
- Hartz, T., Mitchell, J., & Giannini, C. (2000b). Nitrogen and carbon mineralization dynamics of manures and composts. *HortScience*, 35(2), 209-212.
- Holzapfel, E. A., Pardo, X. M., Paz, V. P. da S., Rodrigues, A., Orrego, X. C., & Lopez, M. A. (2007). Análisis técnico-económico para selección de aspersores. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11, 557-563.
- Hunter Industries. (2025). *Aspersores Hunter: PGP, PGP-Ultra y I-20* | Hunter Industries. <https://www.hunterirrigation.com/es/videos/aspersores-hunter-pgp-pgp-ultra-y-i-20>
- INAMHI. (2022, abril 16). *Anuario meteorológico*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf.
- INAMHI. (2025). *Clima – INAMHI*. <https://servicios.inamhi.gob.ec/clima/>
- Japa Cornelio, N. S. & Rodríguez Ylanzo. (2015). *Para Optar El Título De: Ingeniero Agrónomo*.
- Jáuregui Vera, M. Á. (2017). *Factores de riego en tres especies de césped en las áreas verdes de la UNALM*. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3365>
- Liu, T., Chen, D., Liu, Z., Wang, Z., & Hu, J. (2018). First report of Pyricularia leaf spot on St. Augustine grass (*Stenotaphrum secundatum*) in China. *Plant Disease*, 102(8), 1666-1666.
- López, J. (2018). Riego por aspersion. 6/12/18, 28.

- Martínez-Cob, A., Zapata Ruiz, N., & Sánchez Marcos, I. (2010). *Viento y riego: La variabilidad del viento en Aragón y su influencia en el riego por aspersión*. Institución Fernando el Católico. <https://digital.csic.es/handle/10261/23680>
- McCarty, Al. B., & Gambrell, N. J. (2023). Evaluating St. Augustinegrass (*Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze) Cultivars To Reduced Light Environments. *Journal of Agronomy Re-search-5* (2), 01-09.
- McCarty, L., & Gambrell, N. (2023). Screening Cold Tolerance in St. Augustinegrass (*Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze) for USDA Hardiness Zone 7. *Int J Agri Res Env Sci*, 4(1), 1-4.
- Morábito, J., Miráble, C., & Salatino, S. (2007). Eficiencia del riego superficial, actual y potencial, en el área de regadío del río Mendoza (Argentina). *Ingeniería del agua*, 14(3), 199-214.
- Naroua, I., Rodríguez Sinobas, L., & Sánchez Calvo, R. (2012). *Evaluación de los sistemas de riego por aspersión en la Comunidad de Regantes " Río Adaja" y propuestas para la mejora del manejo del riego*. 1(2).
- Olmedo Vázquez, V. M., Minjares Lugo, J. L., Camacho Poyato, E., Hernández Hernández, M. L., & Rodríguez Díaz, J. A. (2017). Uso del Análisis Envolvente de Datos (DEA) para evaluar la eficiencia de riego en los Módulos del Distrito de Riego No. 041, Río Yaqui (Sonora, México). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 49(2), 127-148.
- Pablo-Raxón, L. A. (2019). *Adaptación del césped San Agustín (Stenotaphrum secundatum W.) en función de profundidades y uso de sustrato nutritivo compost para el recubrimiento de criptas, diagnóstico y servicio en el Cementerio Las Flores, Municipio De Mixco, Guatemala, Guatemala, C.A.* [Other, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/11908/>
- Palomo, J. B. H., López, C. T., Ayala, C. R., Ordaz, A. L., Mortera, E. U., & Rangel, P. P. (2016). Eficiencia de uso de agua en chile en un sistema con déficit de riego y drenaje cero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 17, 3623-3632.
- Pérez-Rodríguez, G., Ortiz-Solorio, C. A., del Carmen Gutiérrez-Castorena, M., Ordaz-Chaparro, V. M., & Licona-Vargas, A. L. (2024). Estudio Etnoedafológico del Ejido San Juan y San Agustín en Jocotitlán, Estado de México Ethnopedological Study of the Ejido San Juan and San Agustín in Jocotitlán, State of Mexico. *Terra Latinoamericana*, 42, e2062.
- Quintana, H. A. R., Rincón, E. R., & Anselmi, L. Á. M. (2007). Resistencia mecánica evaluada

- en el ensayo marshall de mezclas densas en caliente elaboradas con asfaltos modificados con desechos de policloruro de vinilo (PVC) polietileno de alta densidad (PEAD) y poliestireno (PS). *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 6(11), 91-104.
- Ramos, M. P. (2024). *Evaluación toxicológica de las nanopartículas de policloruro de vinilo (PVC) en pericitos vasculares del cerebro humano*. 109.
- Reina Muñoz, V. J. (2024). *Evolución de las técnicas de riego agrícola en Ecuador desde la civilización Inca hasta la actualidad*. 33.
- Riera, C. (2023). Agua, Agricultura y Antropología: La organización social de los sistemas de riego y su estudio en Argentina. 2023, 44, 101-118.
- Ruiz, F. A. Z. (2017). Método de resolución de problemas y rendimiento académico en lógica matemática. *Opción: Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, 84, 440-470.
- Salazar-Sosa, E., Trejo-Escareño, H. I., Vázquez-Vázquez, C., López-Martínez, J. D., Fortis-Hernández, M., Zuñiga-Tarango, R., & Amado-Álvarez, J. P. (2009). Distribución de nitrógeno disponible en suelo abonado con estiércol bovino en maíz forrajero. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 373-382.
- Santacruz de León, G., & Santacruz de León, E. E. (2020). Evaluación del desempeño del riego por aspersión en lotes con cultivo de banana en Chiapas, México. *Siembra*, 7(2), 1-13.
- Santiz, J. H. (2018). Evaluación de cuatro especies de grama bajo condiciones de sol, sombra y pisoteo con fines ornamentales en Granja docente productiva Zahorí, Cuyotenango, Suchitepéquez. 9, 71.
- Sapir, E., & Sneh, M. (2005). *RIEGO POR ASPERSION*. https://matc.mfa.gov.il/sites/default/files/2025-03/sapir_e._sneh_m._riego_por_aspersion.pdf
- Tijerino, E. (2016). Evaluar la adaptación de cuatro especies de Coberturas en terraplenes de Mina La Libertad, Chontales, 2015. 21/4/17, 43. <https://repositorio.una.edu.ni/3465/1/tnp36t568.pdf>
- Tran, N. T., Teo, A. C., Crew, K. S., Campbell, P. R., Thomas, J. E., & Geering, A. D. W. (2021). Secuencia genómica y distribución geográfica de un nuevo nepovirus que infecta a *Stenotaphrum secundatum* en Australia. *Virus Research*, 305, 198554. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2021.198554>
- Trenholm, L., Schiavon, M., Unruh, J., Shaddox, T., Kenworthy, K., Balerdi, C. F., & Mayer, H. (2021a). La Grama St. Augustine Para Patios de Florida: EP552/ENH1288, 9/2021. *EDIS*, 2021(5).
- Trenholm, L., Schiavon, M., Unruh, J., Shaddox, T., Kenworthy, K., Balerdi, C. F., & Mayer,

- H. (2021b). La Grama St. Augustine Para Patios de Florida: EP552/ENH1288, 9/2021. *EDIS*, 2021(5).
- Trenholm, L., Unruh, J. B., Shaddox, T. W., Balerdi, C. F., & Mayer, H. (2018). La Grama St. Augustine para Patios de Florida: ENH1288/EP552, 1/2018. *EDIS*, 2018(1), Article 1. <https://doi.org/10.32473/edis-ep552-2018>
- Vera Zambrano, Y. D. (2022). *EL CARMEN – MANABI – ECUADOR ABRIL - 2022*. 44.
- Vivanco-Loaiza. (2016). *Evaluación de dos niveles de fertilización en pasto San Agustín (Stenotaphrum secundatum) en huertos verticales en Machala—Ecuador* [Tesis de Grado, Universidad Católica De Santiago De Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5492/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-72.pdf>
- Wright, A. L., Provin, T. L., Hons, F. M., Zuberer, D. A., & White, R. H. (2007). Compost Source and Rate Effects on Soil Macronutrient Availability Under Saint Augustine Grass and Bermuda Grass Turf. *Compost Science & Utilization*, 15(1), 22-28. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2007.10702306>
- Young, N., Cisar, J., Erickson, J., Snyder, G., Sartain, J., & Williams, K. (1999). St. Augustinegrass response to nitrogen sources under contrasting application rates and frequency. *Int. Turf. Soc. Res. J*, 11, 121-136.
- Zermeño González, A., Cruz Santes, C. I., Munguía López, J. P., Catalán Valencia, E. A., Campos Magaña, S. G., & Cortés Bracho, J. de J. (2014). Efecto del sistema de riego y clima en la eficiencia del uso de agua de nogal pecanero. *Terra Latinoamericana*, 32(1), 23-33.

ANEXOS

Anexo 1. *Longitud de la Raíz*



Anexo 2. *Longitud de la raíz*



Anexo 3. *Número de raíces*



Anexo 4. *Aplicación de abono orgánico sólido en parcelas de pasto San Agustín bajo sistema de riego por aspersión*



Anexo 5. *Manejo agronómico del pasto San Agustín mediante fertilización orgánica y riego por aspersión*



Anexo 6. Sistema de riego por aspersión en operación durante la aplicación de abono orgánico en pasto San Agustín



Anexo 7. Certificado de originalidad

