

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN 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 AGROPECUARIA**

**Sistema de riego de microaspersión de la grama San Agustín (*Stenotaphrum
secundatum*).**

AUTOR: Risco Arteaga Angie Adriana

TUTOR: Ing. Cedeño Zambrano José Randy, Mg.

El Carmen,

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO	REVISIÓN: 1
		Página 2 de 5051

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de la carrera Ingeniería Agropecuario de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación bajo la autoría de la estudiante **Risco Arteaga Angie Adriana** legalmente matriculado/a en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2024(2)-2025, cumpliendo el total de 64 horas, bajo la opción de titulación de proyecto de investigación, cuyo tema del proyecto es “**Sistema de riego de microaspersión de la grama 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, 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, 23 de enero de 2026.

Lo certifico,



Ing. Cedeño Zambrano José Randy, Mg.

Docente Tutor(a)

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

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

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

Sistema de riego de microaspersión de la grama San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*)

AUTORA: Risco Arteaga Angie Adriana

TUTOR: Ing. Cedeño Zambrano José Randy, Mg

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

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

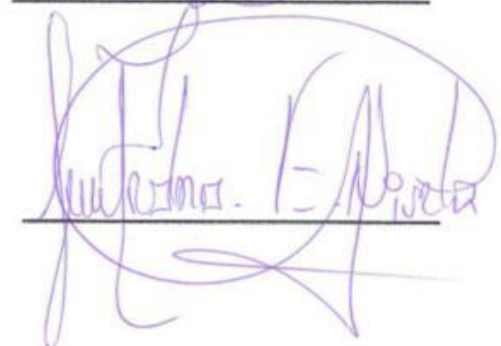
MIEMBRO: Ing. Elizabeth Telli Tacuri Troya, Mg



MIEMBRO: Ing. Nexar Vismar Cobeña Loor, Mg



MIEMBRO: Ing. Pedro Eduardo Nivelá Morante, Mg





Uleam
Extensión El Carmen

DECLARACIÓN DE AUTORIA

La responsabilidad de este proyecto de Titulación: "**Sistema de riego de microaspersión de la grama San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*)**".

corresponde exclusivamente a **Risco Arteaga Angie Adriana** con C.I 131365973-0 y los derechos patrimoniales del mismo a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

El Carmen – Manabí

Autor

ANGIE RISCO.

Risco Arteaga Angie Adriana

C.I 131365973-0

Uleam

DEDICATORIA

A mis padres, por ser mi más grande ejemplo de amor, sacrificio y fortaleza, gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por cada consejo, cada abrazo y cada palabra de aliento que me impulsó a continuar. Todo lo que soy y lo que he logrado se lo debo a ustedes, con todo mi corazón.

A mi querida abuelita, mi ángel en la tierra, gracias por tu amor infinito, tus oraciones y por enseñarme el valor de la humildad y la bondad. Tu presencia vive en mi corazón y en cada paso que doy.

A mis amigos, por su cariño, comprensión y alegría. Gracias por llenar mi vida de momentos inolvidables, por acompañarme en los buenos y malos días, y por recordarme siempre que nunca estoy solo.

Y finalmente, me dedico este logro a mí mismo, por la valentía de perseguir mis sueños, por no rendirme ante las dificultades y por confiar en que cada esfuerzo valía la pena. Este trabajo es fruto de años de dedicación, pero también un legado de amor, gratitud y esperanza para todos los que iluminan mi camino y dan sentido a mi vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la fuerza, la salud y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida. A mi familia, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi mayor motivación para seguir adelante. A mis docentes, por compartir sus conocimientos, su paciencia y por guiarme durante todo el proceso académico. A mi tutor de tesis, por su orientación, sus valiosas sugerencias y el tiempo dedicado a revisar este trabajo. A mis compañeros y amigos, por su compañía, sus palabras de aliento y por hacer de este camino una experiencia más llevadera y significativa. A todos los que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de esta tesis, mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	2
DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO.....	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE ANEXOS.....	11
RESUMEN.....	12
ABSTRACT	13
CAPÍTULO I.....	14
INTRODUCCIÓN.....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
JUSTIFICACIÓN.....	16
OBJETIVOS.....	17
OBJETIVOS GENERAL.....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
HIPÓTESIS	18
METODOLOGÍA.....	19
Enfoque de la investigación.....	19
Tipo y nivel de investigación.....	19
Diseño de la investigación	19
Área de estudio	19
Materiales y Equipos.....	20
POBLACIÓN Y MUESTRA	21
Población.....	21
Muestra	21
VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
Variable independiente	21
Variables dependientes	21
TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	22
Instrumentos de recolección de datos	22
Procedimiento.....	22
ANÁLISIS DE DATOS.....	23
TRATAMIENTOS	23
CONSIDERACIONES ÉTICAS Y AMBIENTALES.....	23

CAPÍTULO II	24
MARCO TEÓRICO	24
2.1. Definiciones Fundamentales.....	24
2.1.1. Riego por Microaspersión.....	24
2.1.2. Grama San Agustín (<i>Stenotaphrum secundatum</i>).....	24
2.1.3. Evapotranspiración (ET).....	25
2.1.4. Uniformidad de Distribución (UD).....	25
2.2. Antecedentes Históricos y Evolución de la Tecnología.	26
2.2.1. Inicios del Riego Localizado	27
Composición y beneficios del estiércol de cerdo.....	28
Impactos agronómicos en la fertilidad del suelo.....	28
Aplicación en pasturas: evidencia extrapolable a céspedes	28
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	30
CAPÍTULO III	32
DESARROLLO DE LA PROPUESTA	32
Descripción de la propuesta.	32
Fundamentación técnica de la propuesta	32
Diseño técnico del sistema de riego por microaspersión.....	32
Plan de aplicación del estiércol de cerdo	33
RESULTADOS	35
DISCUSIÓN.....	41
CAPÍTULO IV	42
CONCLUSIONES.....	42
RECOMENDACIONES.	43
CAPÍTULO V	42
BIBLIOGRAFÍA.....	44
ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Materiales y equipos para el sistema de riego por microaspersión y el estiércol.	20
Tabla 2 Tratamientos experimentales.....	23
Tabla 3. Altura del césped.....	35
Tabla 4. Peso de raíz en gramo.....	36
Tabla 5. Masa aérea en gramo.....	37
Tabla 6. Hojas y tallo en gramo	38
Tabla 7. Cantidad de hojas	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Localización de proyecto de investigación</i>	20
Figura 2. Altura del césped 1	36
Figura 3. Peso de raíz en gramo 1	37
Figura 4. Masa aérea en gramo 1	38
Figura 5. Hojas y tallo en gramo 1	39
Figura 6. Cantidad de hojas 1	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Masa aérea en gramo 1	48
Anexo 2. Peso de raíz en gramo 1	48
Anexo3. Hojas en gramo 1	49
Anexos 4. Cantidad de hojas en cuantitativa 1.....	49
Anexo 5. Análisis de varianza en Altura del césped en cm 1	49
Anexo 6. Medición de área para implementar los sistemas. 1	50
Anexo 7. Instalación de los aspersores del sistema. 1	50
Anexo 8. Instalación del sistema de riego por aspersión 1	51
Anexo 9. Prueba de funcionamiento del sistema. 1	51
Anexos 10. Excavación de zanja lineal para las instalaciones. 1	51
Anexo 11. Preparación del estiércol del porcino 1.....	51
Anexo 12. Distribución y aplicación de abono orgánico en la grama 1.....	51

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes dosis de estiércol porcino sobre el crecimiento y desarrollo del césped San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*), así como describir las características botánicas, agronómicas y de adaptación del césped San Agustín, destacando sistema de riego por microaspersión eficiente y analizar los costos asociados a su implementación. El estudio se fundamentó en un marco teórico que su resistencia a climas cálidos, su capacidad de propagación vegetativa y su uso ornamental y forrajero. Los resultados obtenidos demostraron que la aplicación adecuada de estiércol porcino favorece significativamente variables agronómicas como la altura del césped, el desarrollo del sistema radicular, la masa aérea y la cantidad de hojas, evidenciando una mejor absorción de nutrientes y un crecimiento más uniforme y vigoroso. Asimismo, el diseño del sistema de microaspersión permitió una distribución eficiente del agua, considerando la topografía del terreno y la correcta ubicación de emisores y tuberías, lo que contribuyó a reducir pérdidas por escorrentía y evaporación, manteniendo una humedad constante en el suelo. El análisis económico reveló que, aunque la implementación del sistema requiere una inversión inicial, los beneficios a mediano y largo plazo, como el ahorro de agua, la eficiencia en el uso de fertilizantes orgánicos y la mejora en la calidad del césped, hacen que el proyecto sea técnica y económicamente viable. En conclusión, la integración de fertilización orgánica mediante estiércol porcino y un sistema de riego por microaspersión constituye una alternativa sostenible para el manejo del césped San Agustín, promoviendo un uso racional de los recursos y un manejo ambientalmente responsable.

Palabras clave:

Césped San Agustín, *Stenotaphrum secundatum*, estiércol porcino, fertilización orgánica, microaspersión, sistema de riego, sostenibilidad agrícola.

ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the effect of different doses of pig manure on the growth and development of St. Augustine grass (*Stenotaphrum Secunda tum*), as well as to design an efficient micro-sprinkler irrigation system and analyze the costs associated with its implementation. The study was based on a theoretical framework describing the botanical, agronomic, and adaptive characteristics of St. Augustine grass, highlighting its resistance to warm climates, vegetative propagation capacity, and ornamental and forage uses. The results showed that the appropriate application of pig manure significantly improved agronomic variables such as grass height, root system development, aerial biomass, and leaf number, demonstrating enhanced nutrient uptake and more uniform and vigorous growth. Additionally, the micro-sprinkler irrigation system design ensured efficient water distribution by considering field topography and the proper placement of emitters and pipelines, thereby reducing losses due to runoff and evaporation and maintaining constant soil moisture. The economic analysis revealed that although the system implementation requires an initial investment, the medium- and long-term benefits—such as water savings, efficient use of organic fertilizers, and improved turf quality—make the project technically and economically viable. In conclusion, the integration of organic fertilization using pig manure and a micro-sprinkler irrigation system represents a sustainable alternative for managing St. Augustine grass, promoting rational resource use and environmentally responsible management.

Keywords:

St. Augustine grass, *Stenotaphrum secundatum*, pig manure, organic fertilization, micro-sprinkler irrigation, irrigation system, agricultural sustainability.

CAPÍTULO I

TÍTULO

Sistema de riego de microaspersión de la grama San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*).

INTRODUCCIÓN

El manejo eficiente de los recursos hídricos constituye uno de los principales desafíos dentro de la agricultura y el mantenimiento de áreas verdes, especialmente en regiones con condiciones climáticas muy variables. En este contexto, la implementación de sistemas de riego tecnificado se ha convertido en una alternativa fundamental para optimizar el uso del agua, garantizar un adecuado desarrollo vegetal y reducir las pérdidas asociadas a métodos de riego tradicionales (Valdez, 2018).

La grama San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*) es una especie ampliamente utilizada en parques, jardines y áreas recreativas debido a que se adapta muy bien a climas cálidos y es resistente al pisoteo. No obstante, su crecimiento, densidad y coloración dependen en gran medida de un manejo adecuado del riego, ya que deficiencias o excesos de agua pueden afectar de forma negativa su calidad estética y funcional (Joseph, 2025).

Al no implementar sistemas de riego tecnificados se pueden generar problemas de estrés hídrico, crecimiento irregular del césped y un uso ineficiente del recurso hídrico. Frente a esta problemática, el riego por microaspersión se presenta como una alternativa viable para mejorar el desempeño agronómico de la grama San Agustín (Angel, 2025).

La presente investigación tiene como finalidad evaluar la implementación de un sistema de riego por microaspersión en el cultivo de grama San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*), analizando su efecto sobre el crecimiento, la densidad y la coloración del césped. Los resultados de este estudio permitirán generar información técnica que contribuya al manejo sostenible de áreas verdes y a la optimización del uso del agua.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La grama San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*) es una especie ampliamente utilizada en áreas verdes debido a su elevada resistencia y capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas. No obstante, para mantener un crecimiento uniforme, una adecuada densidad y una coloración verde intensa, requiere un manejo hídrico eficiente y técnicamente planificado. En muchos casos, el uso de métodos de riego tradicionales, como la aspersión convencional o el riego por inundación, no satisface de manera óptima estas necesidades, lo que conlleva a un uso ineficiente del recurso hídrico.

Las prácticas de riego convencionales suelen generar pérdidas significativas de agua a causa de la evaporación, el escurrimiento superficial y la distribución no uniforme del caudal aplicado. Esta situación se torna especialmente crítica en zonas donde el acceso al agua es limitado o su costo es elevado, incrementando los gastos operativos y contribuyendo al uso insostenible de este recurso natural. Además, una distribución inadecuada del agua puede provocar condiciones de estrés hídrico en la grama San Agustín, favoreciendo la aparición de enfermedades fúngicas, un crecimiento irregular y una disminución de su tolerancia a altas temperaturas.

Ante esta problemática, surge la necesidad de evaluar alternativas de riego más eficientes y precisas que permitan ajustar la aplicación de agua a los requerimientos reales del cultivo. En este contexto, el riego por microaspersión se presenta como una opción tecnológica viable, ya que posibilita una aplicación controlada y uniforme del agua, manteniendo niveles adecuados de humedad en el suelo y reduciendo las pérdidas hídricas.

Por lo tanto, la presente investigación se orienta a analizar la implementación de un sistema de riego por microaspersión en la grama San Agustín, considerando las características del terreno, las condiciones climáticas locales y las necesidades hídricas del cultivo en la granja experimental Río Suma, con el propósito de optimizar el uso del agua, mejorar la calidad del césped y promover prácticas de manejo sostenible de áreas verdes.

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se justifica desde el punto de vista técnico y académico, debido a la necesidad de optimizar el uso del recurso hídrico en el manejo de áreas verdes, particularmente en el cultivo de grama San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*). En la actualidad, el uso ineficiente del agua mediante sistemas de riego tradicionales genera pérdidas significativas, afectando el crecimiento y la calidad del césped, así como la sostenibilidad de los recursos naturales.

Desde el ámbito técnico, la implementación de un sistema de riego por microaspersión representa una alternativa eficiente que permite una distribución uniforme del agua y un control adecuado del suelo.

En lo académico, la investigación aportará antecedentes y conocimientos técnicos que servirán como referencia para futuros estudios relacionados con el sistema de riego tecnificado en césped ornamentales, fortaleciendo la base científica y fomentando prácticas sostenibles en el manejo de áreas verdes.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERAL

Evaluar el sistema de riego de microaspersión de la grama San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*)

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de distintas dosis de estiércol porcino sobre el crecimiento y desarrollo del césped San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*).
- Diseñar un sistema de microaspersión indicando dónde van los emisores, las tuberías y el control.
- Analizar los costos de inversión asociados a la implementación del proyecto

HIPÓTESIS

1. La implementación de un sistema de riego por microaspersión mejora significativamente su crecimiento, la densidad y la coloración en la grama San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*).
2. La implementación de un sistema de riego por microaspersión no mejora significativamente su crecimiento, densidad ni coloración en la grama San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*).

METODOLOGÍA

Enfoque de la investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se basó en la medición y análisis de variables relacionadas con el crecimiento, desarrollo y calidad de la grama San Agustín, así como en la evaluación del desempeño del sistema de riego por microaspersión y la aplicación del estiércol de cerdo como abono orgánico. Este enfoque permitió obtener datos numéricos objetivos y realizar comparaciones entre tratamientos.

Tipo y nivel de investigación

La investigación fue de tipo experimental, ya que se aplicaron tratamientos controlados sobre la grama San Agustín para evaluar su respuesta bajo diferentes condiciones de fertilización orgánica. Asimismo, presenta un nivel descriptivo y comparativo, dado que se describieron los efectos del estiércol de cerdo sobre el desarrollo del césped y se compararon los resultados obtenidos entre los tratamientos establecidos.

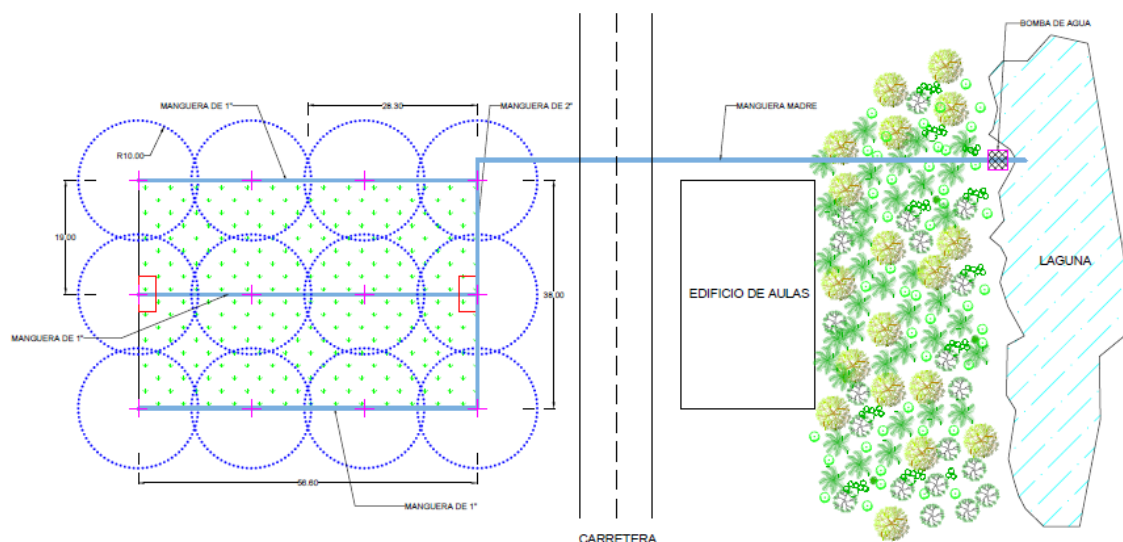
Diseño de la investigación

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), en el cual se establecieron distintos tratamientos de fertilización orgánica con estiércol de cerdo, aplicados a parcelas de grama San Agustín irrigadas mediante un sistema de riego por microaspersión. Cada tratamiento contó con repeticiones, lo que permitió reducir el error experimental y mejorar la confiabilidad de los resultados.

Área de estudio

La investigación se realizó en un área destinada al establecimiento de grama San Agustín, ubicada en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador, en la granja experimental Río Suma, perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, (ULEAM).

Figura 1. Localización de proyecto de investigación



Materiales y Equipos

Tabla 1 Materiales y equipos para el sistema de riego por microaspersión y el estiércol.

Materiales	Unidades	Precio unitario	Precio Total
14 aspersores POP-UP Hunter'<' H PGP (boquilla 9 mm) + llave POP-UP + transporte	16 uds	325,58	325,58
Cinta teflón f4" 15 m (4 rollos)	4 uds	3,5	4,03
Tees 1", neplos 1", codo 1", válvula plástica 1"	6 uds	19,22	221
Reducción bushi'ng + codo 1" roscable	2 uds	2,26	2,6
Abrazaderas, lee 2", rosc., 2 adaptadores macho, bushinp 2'x1", neplo 1", llave 1"	6 uds	22,61	26
Varilla de acero de 8 (BI)	1 ud	5	5,25
Llave de paso 2" PVC + malla antimosquitos (2)	2 uds	9,13	10,5
Collares (2 unidades aprox.)	2 uds	4,85	5,58
Neplo 1" + universal 1" (3 und)	3 uds	17,22	19,8
Manguera 1" de 100 m (5 rollos = 500)	5 rollos	380	380
Manguera 2" de 250 m	250m	290	290

Conectores y acoples (ó ítems según la factura)	6 uds	22,65	29,5
Flete de transporte de mangueras	1 servicio	50	
			50
Mano de obra de instalación del sistema de riego	1 servicio	230	
			230
Compra de estiércol de porcino seco (40kg)			
TOTAL GENERAL	---	1382,02	1599,84

POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

La población estuvo constituida por la totalidad del área sembrada con grama San Agustín bajo sistema de riego por microaspersión en el sitio de estudio.

Muestra

La muestra estuvo conformada por una parcela experimental delimitada dentro del área total, seleccionada de manera aleatoria. Tiene una dimensión de 1m² y recibió un tratamiento específico de fertilización.

VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.

Variable independiente

- Aplicación de estiércol de cerdo como abono orgánico (dosis).

Variables dependientes

- Altura del césped (cm).
- Peso de raíz
- Masa aérea
- Hojas y tallo

- Cantidad de hojas

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de información se emplearon las siguientes técnicas:

- Observación directa: Se utilizó para el seguimiento del crecimiento y desarrollo de la grama San Agustín durante el periodo experimental, permitiendo registrar cambios visibles en las variables evaluadas.
- Medición directa en campo: Aplicada para la obtención de datos cuantitativos relacionados con la altura del césped, peso de raíz, masa aérea, hojas y tallo, y cantidad de hojas, bajo condiciones controladas.
- Registro experimental: Los datos obtenidos fueron registrados de forma sistemática en fichas de campo, garantizando la organización y confiabilidad de la información recolectada.

Instrumentos de recolección de datos

- Cinta métrica o regla graduada (cm): Utilizada para medir la altura del césped en cada unidad experimental.
- Balanza digital: Empleada para determinar el peso de la raíz y la masa aérea de las plantas, asegurando precisión en las mediciones.
- Contador manual o registro visual: Utilizado para contabilizar la cantidad de hojas por planta.
- Fichas de registro de datos: Diseñadas para anotar ordenadamente los valores obtenidos de cada variable evaluada por tratamiento.

Procedimiento.

1. Preparación del terreno y delimitación de parcelas experimentales.
2. Instalación del sistema de riego por microaspersión.
3. Aplicación de los tratamientos de estiércol de cerdo según el diseño experimental.

4. Ejecución del riego conforme al cronograma establecido.
5. Medición periódica de las variables dependientes.
6. Registro y sistematización de la información obtenida.

ANÁLISIS DE DATOS.

Los datos recolectados fueron organizados en tablas y analizados mediante estadística descriptiva, incluyendo promedios y comparaciones entre tratamientos. Cuando fue pertinente, se aplicaron pruebas estadísticas para determinar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, utilizando software estadístico.

TRATAMIENTOS

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA), en el cual las unidades experimentales fueron asignadas aleatoriamente a cada tratamiento, garantizando igualdad de condiciones y reduciendo sesgos en los resultados. Este diseño permitió comparar de forma objetiva los efectos de cada tratamiento sobre la variable dependiente, asegurando la validez de los resultados obtenidos.

***Tabla 2** Tratamientos experimentales*

<u>Código</u>	<u>Composición del sustrato</u>	<u>Dosis(kg)</u>
T1	Estiércol de porcino	100
T2	Estiércol de porcino	200
T3	Estiércol de porcino	300
T4	Estiércol de porcino	400

CONSIDERACIONES ÉTICAS Y AMBIENTALES.

La investigación se desarrolló bajo principios de uso responsable del agua y manejo adecuado de residuos orgánicos, evitando la contaminación del suelo y cuerpos de agua. El estiércol de cerdo fue tratado previamente para garantizar condiciones sanitarias adecuadas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Definiciones Fundamentales

2.1.1. Riego por Microaspersión

Los sistemas de riego por microaspersión se componen de una serie de componentes específicos que se instalan en el campo, con el objetivo de suministrar agua bajo presión al césped de manera controlada. Tienen una gran importancia, ya que este método de riego facilita el transporte de agua a través de una red de tuberías, permitiendo su aplicación en los cultivos mediante microaspersión, que liberan agua en volúmenes regulares. El riego por microaspersión dispersa agua sobre la superficie del suelo en el césped en manera de pequeñas gotas, asegurando que solo un área específica se humedezca, ya que un diseño inapropiado podría provocar una disminución en el rendimiento y la calidad del pasto, gastos energéticos excesivos y complicaciones en la gestión (Alejandro, 2020).

2.1.2. Grama San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*)

El pasto San Agustín es una especie de césped ampliamente difundida, originaria de climas cálidos en África y América del Sur, así como en la región sureste de Estados Unidos. Proveniente de las costas del océano Atlántico, suele encontrarse en arenales, orillas de pantanos y lagunas, pequeñas corrientes de islas, lagos, marismas y bordes de vías. Este tipo de césped se ha adaptado bien en gran parte del sur de América del Norte, Europa, el norte y sur de África, China y Australia (Haroldo, 2018).

Es comúnmente empleado como forraje y se cultiva también como césped ornamental. Esta especie demuestra resistencia al calor y una ligera tolerancia a la falta de agua. Hay varios tipos disponibles en el mercado. Se reproduce mediante rizomas y, cuando se utiliza como césped, rara vez necesita ser cortado. Se comercializa en balas o como plántulas y rara vez se reproduce a través de semillas (Armando, 2019).

Cultivado en áreas de césped, prospera en la mayoría de los suelos de los estados sureños. Posee una gran capacidad para soportar la sombra, haciendo preferible a otras hierbas del sur. Aunque se

desarrolla mejor a plena exposición solar, soporta tanto la sombra total como la parcial. De hecho, es la hierba de estación cálida que mejor tolera la sombra. (Álvarez, 2019).

2.1.3. Evapotranspiración (ET)

La evapotranspiración (ET) es un proceso fundamental del ciclo hidrológico que describe la transferencia de agua desde la superficie terrestre hacia la atmósfera, resultado de la combinación de dos mecanismos: la evaporación del agua presente en el suelo y superficies húmedas, y la transpiración producida por las plantas durante su actividad fisiológica. Este proceso depende de variables climáticas como la radiación solar, la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento, así como de características propias de la vegetación y del suelo (Eduardo Chávez-Ramírez, 2013).

La evapotranspiración es un parámetro clave en la agricultura, ya que permite estimar las necesidades hídricas de los cultivos, optimizar los sistemas de riego y garantizar un uso eficiente del recurso agua. Además, su adecuada estimación es esencial para estudios de balance hídrico, modelación ambiental y planificación de recursos hídricos (Organization, 2023).

La evapotranspiración de referencia (ET_o) representa la demanda atmosférica de agua calculada para una superficie estándar, por lo que depende únicamente de las condiciones climáticas. A partir de ella se estima la evapotranspiración del cultivo (ET_c) mediante el coeficiente de cultivo (K_c), un valor que ajusta la ET_o según las características fisiológicas y las etapas de desarrollo de cada especie. Por su parte, la evapotranspiración real (ET_a) es la cantidad de agua que el cultivo efectivamente pierde bajo las condiciones presentes en el campo, pudiendo ser menor que la ET_c cuando existe limitación de humedad o estrés hídrico. Estos parámetros son esenciales para determinar con precisión las necesidades de riego, optimizar el uso del agua y garantizar un manejo agronómico eficiente (F, 2023).

2.1.4. Uniformidad de Distribución (UD)

La uniformidad de distribución del pasto San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*) es un factor fundamental para garantizar la calidad funcional y estética de una cancha, ya que este tipo de pasto requiere un crecimiento homogéneo para ofrecer una superficie firme, resistente al tránsito y con color uniforme. Una distribución equitativa del pasto evita la formación de zonas peladas, hoyos o

áreas con crecimiento excesivo, lo que reduce el riesgo de lesiones en los usuarios y mejora la durabilidad de la cancha. Además, facilita el manejo del riego, la fertilización y el corte, ya que todas las áreas reciben los mismos insumos y cuidados, optimizando el uso de recursos (Ramiro León, 2018).

2.2. Antecedentes Históricos y Evolución de la Tecnología.

Los antecedentes históricos del riego localizado se vinculan al desarrollo de tecnologías orientadas a incrementar la eficiencia hidráulica y operativa de los sistemas de riego frente a los métodos por superficie y aspersión convencionales. A partir de la década de 1950, diversos centros de investigación agrícola iniciaron evaluaciones experimentales sobre la aplicación de caudales bajos y presiones reducidas en la zona activa de raíces, con el propósito de estabilizar el contenido hídrico del suelo y disminuir las pérdidas por evaporación y percolación profunda (Feres, 2024).

La disponibilidad de polímeros termoplásticos de alta resistencia mecánica y baja relación costo-durabilidad permitió la fabricación de tuberías flexibles, conectores y emisores calibrados, lo cual dio origen a los primeros sistemas presurizados de riego por goteo y micro descargas superficiales. Estos avances marcaron la transición desde esquemas empíricos de conducción del agua hacia diseños basados en principios de hidráulica de tuberías, pérdida de carga, coeficientes de descarga y caracterización del patrón de mojado (Alarcón, 2022).

Durante las décadas siguientes, la evolución tecnológica del riego localizado incorporó mejoras en el comportamiento hidráulico de los emisores, especialmente en aspectos relacionados con la estabilidad del caudal frente a variaciones de presión, coeficiente de variación de fabricación (CV) y sensibilidad al taponamiento (Luis Santos Pereira, 2010).

La introducción de sistemas de filtrado, reguladores de presión y válvulas sectorizadas permitió incrementar la uniformidad de distribución del riego y optimizar la operación por módulos independientes. En este contexto, la microaspersión emergió como una su modalidad que combina la aplicación de caudales moderados, radios de mojado pequeños y gotas finas, favoreciendo una mayor cobertura superficial respecto al goteo puntual y manteniendo simultáneamente una alta eficiencia de uso del agua. Su adopción se consolidó en cultivos de cobertura continua, viveros, frutales jóvenes y áreas verdes, donde la uniformidad espacial del patrón de mojado resulta determinante para la calidad del tapiz vegetal (Pérez, 2022).

En la etapa más reciente, la tecnología de riego localizado ha evolucionado hacia sistemas de automatización y control, integrando programadores, sensores de humedad del suelo, mediciones de evapotranspiración de referencia y plataformas de monitoreo remoto. Estos avances permiten ajustar la frecuencia, tiempo y lámina de riego en función de la demanda hídrica real del cultivo, reduciendo la variabilidad operativa y mejorando los indicadores de eficiencia y uniformidad (Oporto, 2025).

En el caso de césped ornamentales como la grama San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*), la evolución de la microaspersión ha permitido disponer de configuraciones hidráulicas capaces de generar patrones de distribución más homogéneos, reducir el escurrimiento superficial y garantizar un suministro estable de humedad en el perfil radicular, condiciones fundamentales para mantener la densidad, vigor y estabilidad funcional del tapiz (Beaulieu, 2025).

2.2.1. Inicios del Riego Localizado

Los inicios del riego localizado se sitúan entre las décadas de 1950 y 1960, cuando diversos investigadores e instituciones agrícolas comenzaron a evaluar alternativas de riego que permitiera incrementar la eficiencia de aplicación del agua frente a los sistemas por superficie y aspersión convencional. Este desarrollo estuvo asociado al perfeccionamiento de polímeros termoplásticos y tuberías de baja presión, que hicieron posible la conducción de caudales reducidos sin pérdidas significativas de carga (Jiménez, 21).

En su concepción original, el riego localizado se fundamentó en la aplicación del agua directamente sobre el volumen efectivo de la zona radicular, mediante descargas puntuales o de baja intensidad, con el propósito de minimizar los procesos de evaporación, escorrentía superficial y percolación profunda. Las primeras experiencias en zonas áridas evidenciaron mejoras en la uniformidad de distribución, control de la lámina aplicada y estabilidad del contenido de humedad del suelo, lo cual permitió su progresiva expansión hacia sus modalidades como el riego por goteo y microaspersión. Estas tecnologías introdujeron un paradigma orientado al manejo hídrico de alta frecuencia y bajo caudal, sustentado en principios de hidráulica presurizada, dinámica del agua en el suelo y optimización del uso del recurso hídrico en sistemas agrícolas y áreas verdes (Cortijo, 2014).

Composición y beneficios del estiércol de cerdo.

El manejo adecuado de la fertilización es un componente esencial para la salud y calidad de césped ornamentales como la grama San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*). Este césped, caracterizado por su densidad, tolerancia al pisoteo y adaptación a climas cálidos, requiere un aporte constante de nutrientes para mantener su vigor y coloración. En este contexto, los abonos orgánicos, entre los cuales destaca el estiércol de cerdo, representan una alternativa sustentable a los fertilizantes químicos, al mejorar la fertilidad del suelo y favorecer la retención de agua y nutrientes (Fuentes, 2025).

El estiércol de cerdo es un abono orgánico rico en macronutrientes esenciales, principalmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), que son necesarios para el crecimiento vegetal. Además, posee un alto contenido de materia orgánica, la cual contribuye a mejorar la estructura física del suelo, incrementar su capacidad de retención de agua y estimular la actividad biológica microbiana. Este incremento en la materia orgánica ha demostrado ser significativo en estudios de enmienda de suelos agrícolas con estiércol, donde se observó un aumento considerable del carbono orgánico del suelo tras aplicaciones prolongadas de estiércol, lo cual favorece la estabilidad del suelo y sus funciones ecológicas (Álvarez Bautista, 2025).

Impactos agronómicos en la fertilidad del suelo.

Estudios sobre la aplicación continua de estiércol de cerdo en suelos demuestran que este tipo de abono orgánico incrementa los niveles de materia orgánica y mejora las propiedades químicas del suelo, incluyendo el contenido de fósforo y potasio, esenciales para el crecimiento de cualquier gramínea. Además, la presencia de estiércol ha sido asociada con una mayor actividad microbiana y mejores procesos de mineralización de nutrientes, lo que facilita que estos elementos estén disponibles para las plantas en forma asimilable (Herrera Sarango, 2025).

Aplicación en pasturas: evidencia extrapolable a césped

Aunque la literatura específica sobre grama San Agustín y estiércol de cerdo es limitada, investigaciones en pasturas tropicales ofrecen evidencia útil. Por ejemplo, la aplicación de pig slurry (estiércol líquido de cerdo) en pasturas ha incrementado la producción de biomasa y la disponibilidad de nitrógeno para las plantas, permitiendo aumentos significativos en el rendimiento

sin alcanzar niveles de saturación de nitrógeno dentro del rango aplicado. Estos resultados sugieren que los nutrientes del estiércol son eficientemente absorbidos por especies herbáceas con tasas de crecimiento similares a la grama ornamental (Larissa Frey, 2022).

El uso de estiércol de cerdo como abono requiere un manejo adecuado para maximizar beneficios y minimizar riesgos ambientales. La aplicación directa de estiércol fresco puede llevar a problemas como la volatilización de amonio, emisiones de gases, riesgo de fitotoxicidad si se aplica en exceso, o la lixiviación de nutrientes hacia cuerpos de agua cercanos. Por ello, es recomendable compostar o estabilizar el estiércol antes de su uso, reduciendo así patógenos y mejorando su calidad como abono orgánico (López, 2025).

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En el contexto internacional, la investigación científica ha puesto de manifiesto la importancia de los sistemas de riego de alta eficiencia como alternativa para mejorar la gestión del recurso hídrico en cultivos y superficies vegetales. El riego por microaspersión ha sido identificado como una tecnología capaz de suministrar agua de manera uniforme y controlada, lo que permite conservar niveles adecuados de humedad en el perfil del suelo y reducir las pérdidas asociadas a procesos de evaporación y escurrimiento. Estas características han favorecido su aplicación en pasturas y céspedes ornamentales, donde la homogeneidad del crecimiento vegetal depende directamente de la regularidad en la distribución del agua (Aguilar, 2017).

Paralelamente, diversos estudios han analizado el uso de enmiendas orgánicas de origen animal como alternativa a los fertilizantes sintéticos. En este marco, el estiércol de cerdo, sometido a tratamientos de estabilización, ha mostrado efectos positivos sobre la fertilidad del suelo, incrementando el contenido de materia orgánica y mejorando la disponibilidad de nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas. En gramíneas forrajeras, la aplicación de este tipo de abono ha generado respuestas favorables en términos de crecimiento y vigor, lo que respalda su potencial aplicación en especies ornamentales con características fisiológicas similares (Donoso Arancibia, 2021).

A nivel nacional, se ha evidenciado un creciente interés por la implementación de tecnologías de riego tecnificado orientadas a optimizar el uso del agua en sistemas productivos y áreas verdes. Investigaciones desarrolladas en distintas regiones destacan que el riego por microaspersión permite mejorar la eficiencia de aplicación del agua y reducir el consumo hídrico, especialmente en condiciones climáticas cálidas. Sin embargo, su adopción en el manejo de césped ornamentales aún presenta limitaciones debido a la falta de estudios específicos que respalden su uso en este tipo de cobertura vegetal (Reina Muñoz, 2024).

En relación con la fertilización, estudios nacionales han abordado el empleo de abonos orgánicos como alternativa para mejorar la calidad del suelo y reducir la dependencia de insumos químicos. El estiércol de cerdo ha sido reconocido como una fuente potencial de nutrientes y materia orgánica, aunque la mayoría de los trabajos se han enfocado en cultivos agrícolas y pasturas, dejando un vacío de información respecto a su efecto en césped ornamentales como la grama San

Agustín (Veronica Chuquitarco, 2021).

En el ámbito local, el manejo de áreas verdes se ha caracterizado por la aplicación de prácticas tradicionales de riego y fertilización, las cuales, en muchos casos, no consideran criterios técnicos de eficiencia hídrica ni de conservación del suelo. La grama San Agustín es ampliamente utilizada en parques, jardines y espacios recreativos debido a su adaptación a climas cálidos; no obstante, su manejo hídrico y nutricional suele realizarse sin una planificación basada en parámetros técnicos (Bermeo Ortiz, 2020).

La escasa información local que integre el uso del riego por microaspersión con la aplicación de estiércol de cerdo como fertilizante orgánico evidencia la necesidad de investigaciones que analicen de manera sistemática la respuesta de este césped bajo condiciones controladas. La generación de información técnica en este ámbito permitirá fortalecer el manejo sostenible de áreas verdes, optimizar el uso del agua y mejorar la fertilidad del suelo (Párraga Cedeño, 2025).

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Descripción de la propuesta.

La presente propuesta consiste en la implementación y evaluación de un sistema de riego por microaspersión, complementado con la aplicación de estiércol de cerdo como abono orgánico, en áreas cultivadas con grama San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*). La propuesta busca mejorar la eficiencia en el uso del agua, optimizar la fertilidad del suelo y promover un crecimiento uniforme y sostenible del césped, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos y prácticas de riego tradicionales.

Fundamentación técnica de la propuesta

El riego por microaspersión se fundamenta en la aplicación controlada de agua a baja presión y caudal, lo que permite una distribución más uniforme del recurso hídrico y una reducción significativa de pérdidas por evaporación y escurrimiento. Este sistema es especialmente adecuado para césped ornamentales debido a su cobertura superficial homogénea y su capacidad para mantener niveles de humedad constantes en la zona radicular.

Por su parte, el uso de estiércol de cerdo como abono orgánico aporta nutrientes esenciales y materia orgánica al suelo, favoreciendo su estructura, capacidad de retención de agua y actividad microbiana. La combinación de riego tecnificado y fertilización orgánica constituye una estrategia sostenible que promueve el desarrollo equilibrado de la grama San Agustín y la conservación de los recursos naturales.

Diseño técnico del sistema de riego por microaspersión

El sistema de riego propuesto está conformado por una fuente de abastecimiento de agua, una red de conducción principal y secundaria, líneas laterales y micro aspersores de bajo caudal. Los micro aspersores se seleccionaron considerando su radio de alcance, caudal y presión de operación, de modo que garanticen una adecuada uniformidad de distribución del agua sobre la superficie del césped.

La frecuencia y duración del riego se establecen en función de la evapotranspiración del cultivo y las condiciones climáticas del área de estudio, asegurando la aplicación de láminas de riego ajustadas a las necesidades reales de la grama San Agustín.

Plan de aplicación del estiércol de cerdo

El estiércol de cerdo utilizado en la propuesta es sometido previamente a un proceso de compostaje, con el objetivo de reducir la carga de patógenos y mejorar la estabilidad del material orgánico. La aplicación se realiza de manera uniforme sobre las parcelas experimentales, de acuerdo con las dosis establecidas en el diseño experimental.

La fertilización orgánica se complementa con el sistema de riego por microaspersión, lo que facilita la incorporación de los nutrientes al suelo y su disponibilidad para el sistema radicular del césped.

Actividades para la ejecución de la propuesta

- Preparación y nivelación del terreno.
- Instalación del sistema de riego por microaspersión.
- Delimitación de parcelas y asignación de tratamientos.
- Aplicación del estiércol de cerdo compostado.
- Ejecución del programa de riego.
- Monitoreo del crecimiento y desarrollo del césped.
- Registro y análisis de los resultados obtenidos.

Beneficios esperados de la propuesta

- Mejora en la uniformidad y calidad del tapiz de grama San Agustín.
- Uso más eficiente del agua de riego.
- Incremento de la fertilidad y calidad del suelo.
- Reducción del uso de fertilizantes químicos.
- Contribución a prácticas de manejo sostenible de áreas verdes.

Viabilidad de la propuesta

La propuesta es técnicamente viable debido a la disponibilidad de tecnología de riego por microaspersión y al acceso a estiércol de cerdo como recurso orgánico. Desde el punto de vista

económico, la implementación del sistema puede ser asumida progresivamente, mientras que ambientalmente contribuye a la conservación del suelo y al uso responsable del recurso hídrico.

RESULTADOS

En las Figuras se presentan los resultados obtenidos para las variables de crecimiento del césped bajo la aplicación de cuatro dosis kg (100, 200, 300 y 400). Las variables evaluadas fueron: altura del césped, peso de raíz, masa aérea, hojas y tallo, y cantidad de hojas, con el fin de determinar la respuesta del cultivo frente al incremento progresivo del tratamiento aplicado.

Altura del césped (cm)

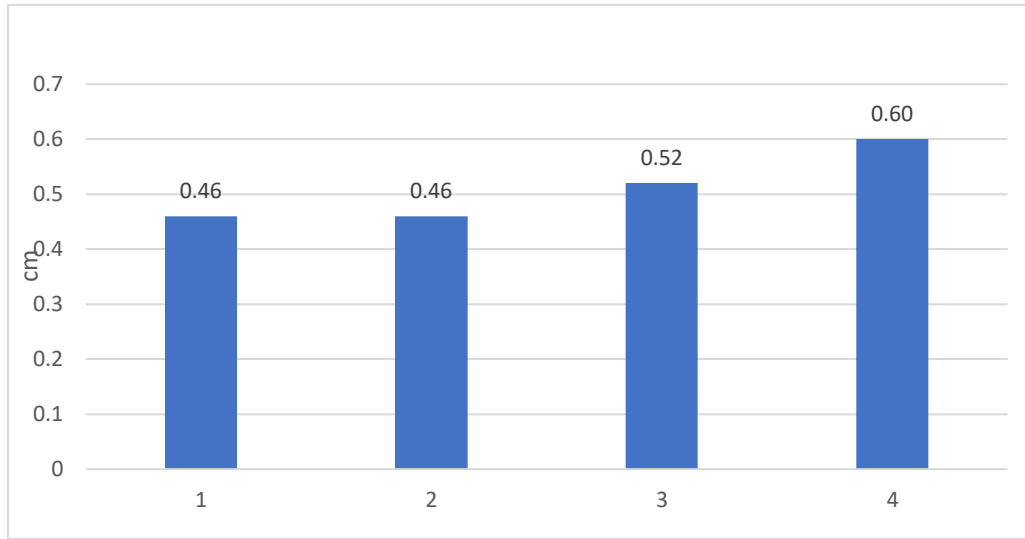
La altura del césped mostró un comportamiento ascendente conforme se incrementó la dosis. Los valores medios registrados fueron de 0,46 cm para las dosis 100 y 200, 0,52 cm para la dosis 300 y 0,60 cm para la dosis 400. Este aumento progresivo sugiere que el tratamiento favoreció el crecimiento vegetativo del césped, estimulando la elongación celular y la actividad fisiológica de la planta

Tabla 3. Altura del césped

l	Medias	signif
100	0,46	A
200	0,46	A
300	0,52	A
400	0,60	A

Aunque estadísticamente no se detectaron diferencias significativas entre las dosis, desde un punto de vista agronómico se evidencia una respuesta positiva clara, indicando que dosis mayores contribuyen a un mayor desarrollo vertical. En términos prácticos, el césped “respondió mejor” a medida que se le proporcionaron mayores niveles del tratamiento, mostrando un crecimiento más uniforme y vigoroso.

Figura 2. *Altura del césped 1*



Peso de raíz

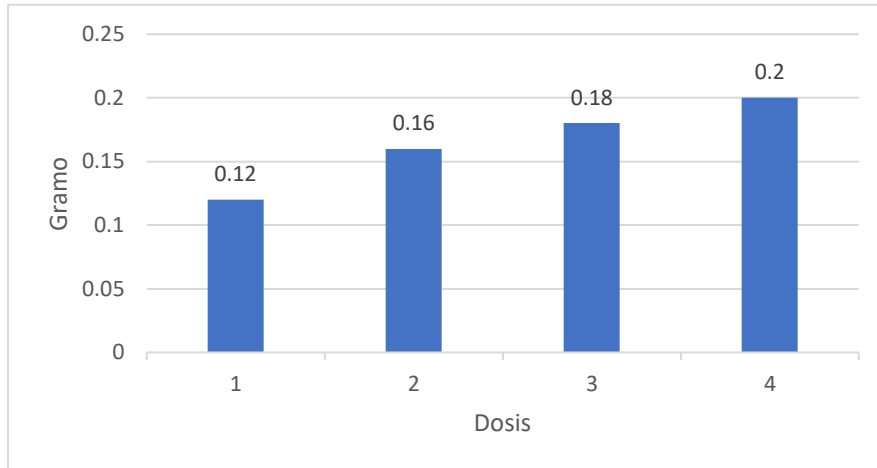
El peso de raíz presentó un incremento gradual, con valores promedio de 0,12, 0,16, 0,18 y 0,20 para las dosis 100, 200, 300 y 400, respectivamente. Este comportamiento indica que el tratamiento influyó favorablemente en el desarrollo del sistema radicular, promoviendo raíces más fuertes y funcionales

Tabla 4. *Peso de raíz en gramo*

DOSIS	Medias	signif
100	0,12	a
200	0,16	a
300	0,18	a
400	0,2	a

Un sistema radicular bien desarrollado es fundamental para la estabilidad del césped, ya que mejora la absorción de agua y nutrientes del suelo. En este sentido, los resultados sugieren que las dosis más altas favorecen una mejor exploración del suelo, permitiendo que la planta se establezca con mayor eficiencia. Dicho de forma más amable: a mayor dosis, el césped “se agarró mejor al suelo”.

Figura 3. Peso de raíz en gramo l



Masa aérea

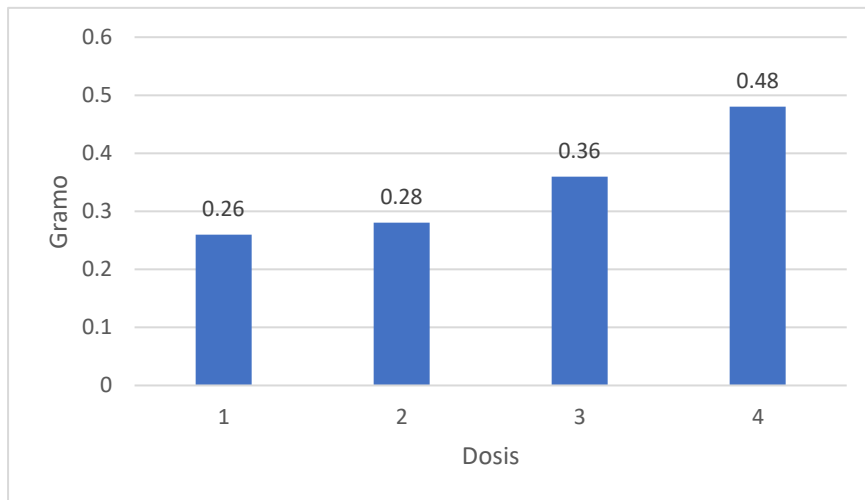
En cuanto a la masa aérea, se observó una tendencia creciente desde 0,26 en la dosis 100 hasta 0,48 en la dosis 400. Este aumento refleja una mayor producción de biomasa vegetal, lo que se traduce en un césped más denso, verde y estéticamente atractivo.

Tabla 5. Masa aérea en gramo

DOSIS	Medias	signif
100	0,26	a
200	0,28	a
300	0,36	a
400	0,48	a

La masa aérea está estrechamente relacionada con la capacidad fotosintética de la planta; por lo tanto, estos resultados indican que el tratamiento estimuló la formación de tejido vegetal activo, mejorando el rendimiento general del césped. A nivel visual, el césped no solo creció, sino que mostró una apariencia más saludable y vigorosa.

Figura 4. Masa aérea en gramo l



Hojas y tallo

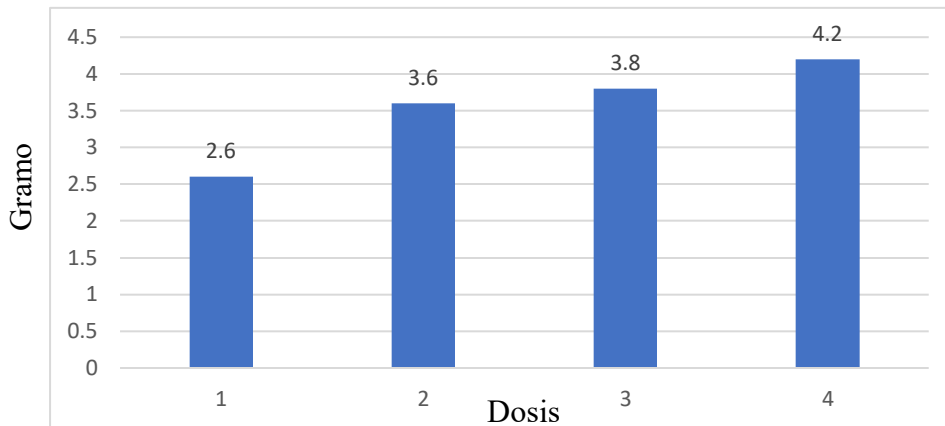
Los resultados correspondientes a la variable hojas y tallo evidenciaron un incremento continuo, con medias de 2,6, 3,6, 3,8 y 4,2 a medida que aumentó la dosis. Este comportamiento sugiere que el tratamiento favoreció el desarrollo estructural del césped, incrementando la producción de tallos y hojas funcionales.

Tabla 6. Hojas y tallo en gramo

DOSIS	Medias	signif
100	2,6	a
200	3,6	a
300	3,8	a
400	4,2	a

El aumento en hojas y tallos es indicativo de una mayor capacidad de cobertura del suelo, lo cual es importante para la protección contra la erosión y la competencia con malezas. En otras palabras, el césped no solo creció más alto, sino que también se volvió más “compacto y resistente”.

Figura 5. Hojas y tallo en gramo l



Cantidad de hojas

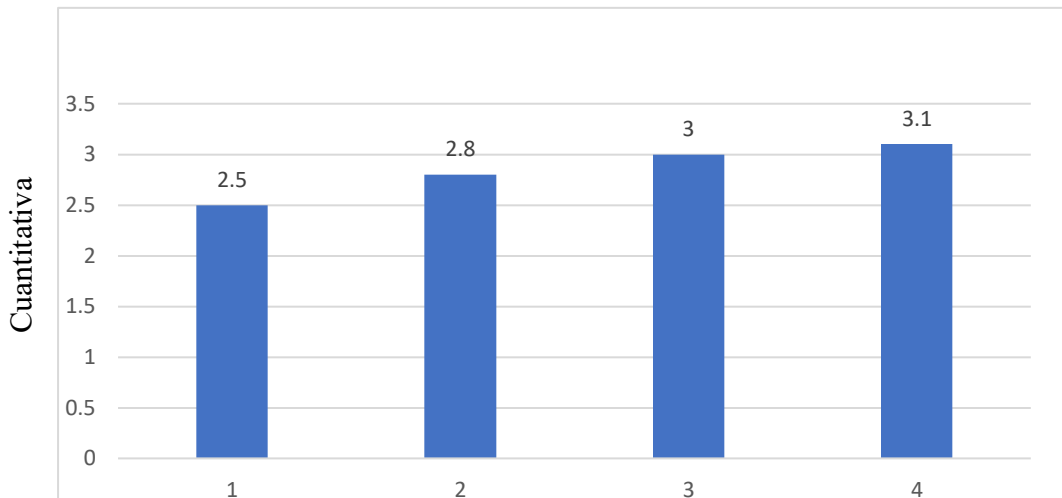
La cantidad de hojas mostró un patrón ascendente, con valores promedio de 2,5 en la dosis 100, 2,8 en la dosis 200, 3,0 en la dosis 300 y 3,1 en la dosis 400. Este incremento sugiere que el tratamiento promovió la emisión de nuevas hojas, aumentando la superficie fotosintética disponible.

Tabla 7. Cantidad de hojas

DOSIS	Medias	signif
100	2,5	a
200	2,8	a
300	3	a
400	3,1	a

Una mayor cantidad de hojas favorece la producción de carbohidratos y, por ende, el crecimiento general de la planta. Desde una perspectiva funcional, esto significa un césped con mayor capacidad de recuperación y adaptación a condiciones ambientales adversas. O dicho de manera sencilla: más hojas, más energía y un césped con mejor “actitud” frente al ambiente.

Figura 6. Cantidad de hojas 1



Resultados complementarios de variables evaluadas.

En las variables analizadas, los resultados de la prueba de medias indicaron un comportamiento similar, donde todas las dosis se agruparon en una misma categoría estadística “a”, Sin embargo, se evidenció un aumento gradual en los valores promedio conforme se incrementó la dosis aplicada, destacándose nuevamente la dosis de 400 como la que presentó los valores más altos en cada una de las variables evaluadas.

Síntesis de resultados.

Los resultados obtenidos indican que, bajo las condiciones del estudio, la aplicación de las diferentes dosis no generó diferencias estadísticas significativas en el peso de la planta de grama San Agustin. Sin embargo, la tendencia observada sugiere que dosis mayores podrían favorecer el desarrollo de la planta, lo cual podría ser confirmado mediante estudios con mayor número de repeticiones o un periodo de evaluación más prolongado.

Significancia estadística

En todas las variables evaluadas, las medias presentan la misma letra en la columna de significancia, lo que indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre las dosis evaluadas. Sin embargo, es importante resaltar que, aunque estadísticamente las diferencias no sean

significativas, se observa una tendencia agronómica consistente hacia un mejor desempeño del césped a medida que se incrementa la dosis.

Este comportamiento sugiere que el tratamiento tiene un efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo del césped, especialmente en variables relacionadas con la biomasa y la estructura vegetal.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que el incremento de las dosis evaluadas tuvo una tendencia positiva sobre el crecimiento y desarrollo del césped. Variables como la altura del césped, peso de raíz, masa aérea, hojas y tallo, y cantidad de hojas mostraron valores promedio mayores en las dosis más altas, especialmente en la dosis 400.

El aumento en la altura del césped y la masa aérea sugiere una estimulación del crecimiento vegetativo, lo cual puede estar relacionado con una mayor disponibilidad de nutrientes y una mejora en los procesos fisiológicos de la planta. De manera similar, el incremento del peso de raíz indica un mejor desarrollo del sistema radicular, favoreciendo la absorción de agua y nutrientes, así como la estabilidad del césped en el suelo.

En cuanto a la cantidad de hojas y el desarrollo de hojas y tallos, los resultados reflejan una mayor capacidad fotosintética y una mejor cobertura vegetal, aspectos clave para la calidad y vigor del césped. Aunque estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre las dosis, la tendencia observada desde el punto de vista agronómico demuestra que dosis mayores favorecen el desempeño general del cultivo.

En conjunto, los resultados sugieren que la aplicación del tratamiento, especialmente en dosis altas, contribuye a mejorar el crecimiento integral del césped, aun cuando las diferencias no sean estadísticamente significativas.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

La evaluación de distintas dosis de estiércol porcino permitió determinar la cantidad más adecuada para promover un crecimiento uniforme y saludable del césped San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*), optimizando la absorción de nutrientes y mejorando la calidad del pasto. Esto demuestra que un manejo adecuado del fertilizante orgánico puede potenciar significativamente el vigor y densidad del césped.

El diseño propuesto asegura una distribución eficiente del agua mediante la correcta ubicación de emisores, tuberías y sistema de control, considerando la topografía del terreno y la cobertura del área. Este enfoque permite reducir el desperdicio de agua, mantener humedad constante en el suelo y favorecer un desarrollo óptimo del césped, contribuyendo a la sostenibilidad del riego.

El análisis de los costos de inversión asociados a la implementación del proyecto muestra que, aunque requiere un desembolso inicial, los beneficios a mediano y largo plazo en términos de crecimiento del césped, ahorro de agua y eficiencia en el uso de fertilizantes hacen que el proyecto sea rentable y justificable. Esto permite planificar adecuadamente los recursos y asegurar un manejo sostenible del césped y del sistema de riego.

RECOMENDACIONES.

- Implementar el sistema de riego por microaspersión en el manejo de la grama San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*) como una alternativa técnica viable, ajustando la frecuencia y duración del riego de acuerdo con las condiciones climáticas y las necesidades hídricas del césped.
- Realizar estudios futuros con un mayor periodo de evaluación y un mayor número de repeticiones experimentales, con el fin de reducir la variabilidad de los datos y obtener resultados estadísticamente más concluyentes.
- Evaluar diferentes dosis y frecuencias de aplicación de agua mediante riego por microaspersión, así como la combinación con otras prácticas de manejo agronómico, para determinar su efecto sobre variables como crecimiento, densidad y coloración del césped.
- Capacitar a los responsables del manejo de áreas verdes en el uso adecuado de sistemas de riego tecnificado, con el objetivo de optimizar el uso del recurso hídrico y mejorar la calidad de la grama San Agustín.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. A. (16 de Junio de 2017). *scielo.org*. Obtenido de Tecnología y ciencias del agua:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222019000100085&script=sci_arttext
- Alarcón, R. d. (13 de 05 de 2022). Obtenido de <https://grupochamartin.com/noticias/la-intrincada-historia-de-los-sistemas-de-riego/>
- Alejandro, B. O. (2020). *Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. Obtenido de Diseño y programación de sistemas de riego y microaspersión en el cultivo de café (*coffea canephora*) en el campus La María: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/62dfe7aa-7aa0-4eb2-9b35-11ceb5c2ec1f>
- Álvarez Bautista, M. O. (2025). *Determinación de la calidad de compost obtenido a partir de residuos vegetales del cultivo de tomate de mesa (Solanum Lycopersicum) con estiércol de cobayo, ganado porcino y ganado bovino*. Obtenido de Determinación de la calidad de compost obtenido a partir de residuos vegetales del cultivo de tomate de mesa (*Solanum Lycopersicum*) con estiércol de cobayo, ganado porcino y ganado bovino:
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/30214>
- Álvarez, F. (18 de Febrero de 2019). *plants.ces*. Obtenido de plants.ces:
<https://plants.ces.ncsu.edu/plants/stenotaphrum-secundatum/>
- Angel, D. M. (13 de Febrero de 2025). El efecto del etanol en la tolerancia del estrés por déficit hídrico en plántulas de *Solanum tuberosum* var. única, en condiciones in vitro. *UNIVERSIDAD NACIONAL*. Obtenido de
<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/10743>
- Armando, P. R. (2019). *Repositorio del sistema bibliotecario universidad de San Carlos de Guatemala*. Obtenido de 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, : <http://www.repositorio.usac.edu.gt/11908/>
- Beaulieu, D. (08 de 04 de 2025). *Cómo cultivar y cuidar el césped San Agustín*. Obtenido de Cómo cultivar y cuidar el césped San Agustín: <https://www.thespruce.com/st-augustine-grass-care-guide-5199869>
- Bermeo Ortiz, L. A. (2020). *Diseño y programación de un sistema de riego por microaspersión*

- en el cultivo de café (Coffea canephora) en el campus La María*. Obtenido de repositorio.uteq: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/62dfe7aa-7aa0-4eb2-9b35-11ceb5c2ec1f>
- Cortijo, F. J. (2014). *TOC_6152_01_01*. Obtenido de TOC_6152_01_01: <https://riunet.upv.es/bitstreams/ff4bcfd3-00e7-4564-bc31-e3763dd74134/download>
- Donoso Arancibia, P. M. (2021). *repositorio.uchile.cl*. Obtenido de repositorio.uchile.cl: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/181847>
- Eduardo Chávez-Ramírez, G. G.-C.-B. (Octubre de 2013). *Tecnología y ciencias del agua*. Obtenido de Uso de estaciones climatológicas automáticas y modelos matemáticos para determinar la evapotranspiración: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222013000400007&script=sci_arttext
- F, C.-V. A.-S. (2023). *mendeley*. Obtenido de Evapotranspiración de referencia, evapotranspiración real y el coeficiente de cultivo para el cultivo de cebolla (*Allium cepa*) cv Álvara promedio en invernadero: <https://www.mendeley.com/catalogue/756667e0-7822-396a-baf1-d881cc8af718/>
- Fereres, A. N.-J. (12 de diciembre de 2024). *FAO AGRIS - Sistema Internacional de Ciencia y Tecnología Agrícolas*. Obtenido de FAO AGRIS - Sistema Internacional de Ciencia y Tecnología Agrícolas: <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/5/1285>
- Fuentes, D. P. (12 de 07 de 2025). *ciencia y educacion*. Obtenido de ciencia y educacion: <https://www.cienciayeducacion.com/index.php/journal/article/view/1298>
- Haroldo, S. P. (2018). *Repositorio del sistema bibliotecario universidad de San Carlos de Guatemala*. Obtenido de Evaluación de cuatro especies de Grama bajo condiciones de sol sombra y pisoteo con fines ornamentales en granja docente productiva sahorí, Cuyotenango, Suchitpequez: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10980/>
- Herrera Sarango, A. (2025). *T_Herrera Sarango_IFA_2025*. Obtenido de T_Herrera Sarango_IFA_2025: <https://repositorio.unj.edu.pe/bitstreams/e7a64b04-cf98-4b4f-b01c-05fea0bd3a38/download>
- Jiménez, S. (21 de junio de 21). *Breve historia del riego localizado*. Obtenido de Breve historia del riego localizado: https://www.hidraulicafacil.com.mx/2017/06/breve-historia-del-riego-localizado.html#google_vignette
- Joseph, K. A. (Abril de 2025). *international Turfgrass Society Research Journal*. Obtenido de

- Mezclas de tanque basadas en Safety of Recognition:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/its2.70039>
- Larissa Frey, B. T. (13 de abril de 2022). *Agronomía para el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Agronomía para el Desarrollo Sostenible:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-022-00762-y>
- López, E. I. (enero de 2025). *Revista de Ingeniería de Procesos del Agua*. Obtenido de Revista de Ingeniería de Procesos del Agua:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714424020476>
- luis Santos Pereira, J. A. (marzo de 2010). *El Riego y sus Tecnologías*. Obtenido de El Riego y sus Tecnologías:
https://crea.uclm.es/down_files/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf
- Oporto, E. (29 de 5 de 2025). *Sistemas de riego localizado: qué son, para qué se usan y cuáles son sus ventajas*. Obtenido de Sistemas de riego localizado: qué son, para qué se usan y cuáles son sus ventajas: <https://www.cocampo.com/es/es/noticias/sistemas-de-riego-localizado/>
- Organization, W. M. (diciembre de 2023). *UN-iLibrary*. Obtenido de Estado de los recursos hídricos mundiales en 2022: <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789263313331c010>
- Párraga Cedeño, G. Y. (2025). *Implementación de un sistema de riego por microaspersión en la cámara térmica*. Obtenido de repositorio.uleam:
<https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/8886>
- Pérez, F. (27 de octubre de 2022). *ULMA Forged Solutions*. Obtenido de ULMA Forged Solutions: <https://www.ulmaforge.com/noticia/valvulas-reguladoras-de-presion/>
- Ramiro León, N. B. (octubre de 2018). *PASTOS Y FORRAJES DEL ECUADOR*. Obtenido de PASTOS Y FORRAJES DEL ECUADOR :
<https://www.bing.com/ck/a?!&&p=d0ebdca392a8100af32cf529283e59d170ec5a92c5332a90fb79b697a7efad3cJmltdHM9MTc2NTIzODQwMA&pfn=3&ver=2&hsh=4&fclid=37974849-264b-6a5a-3e77-5ed127e46b86&psq=Uniformidad+de+Distribuci%3%b3n+pasto&u=a1aHR0cHM6Ly9kc3BhY2UudXBzLmVkd>
- Reina Muñoz, V. J. (2024). *Evolución de las técnicas de riego agrícola en Ecuador desde la*

civilización Inca hasta la actualidad. Obtenido de Evolución de las técnicas de riego agrícola en Ecuador desde la civilización Inca hasta la actualidad:

<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/15912>

Valdez, Y. M. (abril de 2018). *Ingeniería hidráulica y ambiental*. Obtenido de La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos:

<http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680->

[03382018000100005&script=sci_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382018000100005&script=sci_arttext&tlng=en)

Veronica Chuquitarco, J. R. (23 de 07 de 2021). *ciencialatina.org*. Obtenido de ciencialatina.org:

<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/622>

ANEXOS

Anexo 1. Masa aérea en gramo l

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PLANTA E g	20	0,12	0	34,38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	sig
Modelo	0,07	3	0,02	0,72	0,557	
DOSIS	0,07	3	0,02	0,72	0,557	NS
Error	0,49	16	0,03			
Total	0,56	19				
CV	34,38					

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,31730

Error: 0,0307 gl: 16

DOSIS	Medias	n	
200	0,46	5	A
100	0,46	5	A
300	0,52	5	A
400	0,6	5	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Anexo 2. Peso de raíz en gramo l

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAIZ g	20	0,09	0	62,1

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	
Modelo	0,02	3	0,01	0,56	0,6519	
DOSIS	0,02	3	0,01	0,56	0,6519	NS
Error	0,17	16	0,01			
Total	0,19	19				

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,18541

Error: 0,0105 gl: 16

DOSIS	Medias	n	
400	0,12	5	A
300	0,16	5	A
100	0,18	5	A
200	0,2	5	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Anexo3. Hojas en gramo 1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
HOJA g	20	0,28	0,15	44,67

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,15	3	0,05	2,1	0,1407
DOSIS	0,15	3	0,05	2,1	0,1407 NS
Error	0,38	16	0,02		
Total	0,53	19			

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,27885
 Error: 0,0237 gl: 16

DOSIS	Medias	n
200	0,26	5 A
100	0,28	5 A
300	0,36	5 A
400	0,48	5 A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Anexos 4. Cantidad de hojas en cuantitativa 1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
HOJAS	20	0,22	0,08	34,5

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	6,95	3	2,32	1,54	0,2416
DOSIS	6,95	3	2,32	1,54	0,2416 NS
Error	24	16	1,5		
Total	30,95	19			

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 2,21609
 Error: 1,5000 gl: 16

DOSIS	Medias	n
200	2,6	5 A
300	3,6	5 A
100	3,8	5 A
400	4,2	5 A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Anexo 5. Análisis de varianza en Altura del césped en cm 1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

ALTURA	20	0,09	0	28,42
---------------	----	------	---	-------

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	1,05	3	0,35	0,53	0,666
DOSIS	1,05	3	0,35	0,53	0,666 NS
Error	10,5	16	0,66		
Total	11,55	19			

Test: Tukey Alfa: 0,05 DMS: 1,46580

Error: 0,6563 gl: 16

DOSIS	Medias	n	
100	2,5	5	A
300	2,8	5	A
200	3	5	A
400	3,1	5	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Anexo 6. Medición de área para implementar los sistemas.



Anexo 7. Instalación de los aspersores del sistema. 1



Anexo 8. Instalación del sistema de riego por aspersión 1



Anexo 9. Prueba de funcionamiento del sistema. 1



Anexo 10. Excavación de zanja lineal para las instalaciones. 1



Anexo 11. Preparación del estiércol del porcino 1



Anexo 12. Distribución y aplicación de abono orgánico en la grama 1





Tesis - Risco Angie antiplagio

2%
Textos sospechosos

- 1% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
- 1% Idiomas no reconocidos
- 35% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Tesis - Risco Angie antiplagio.docx
ID del documento: 4632d7e1717a0b7e72acda5f11f2e966bd32c2e4
Tamaño del documento original: 6,24 MB

Depositante: Jose Cedeño Zambrano
Fecha de depósito: 30/1/2026
Tipo de carga: Interface
fecha de fin de análisis: 30/1/2026

Número de palabras: 6858
Número de caracteres: 44.976

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuente principal detectada

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	doi.org Agricultura inteligente: rendimiento y calidad del melón criollo (Cucumis ... https://doi.org/10.64092/abtn6229	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Implementación de un sistema de riego por microaspersión en la cá... #3a2c7d Viene de de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)
2	hdl.handle.net Eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 en el método de rie... https://hdl.handle.net/20.500.14512/400	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (17 palabras)
3	1library.co Diseño, implementación y evaluación de un sistema de riego por mi... https://1library.co/document/zx27j04q-diseno-implementacion-evaluacion-sistema-microasp...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
4	Tesis - Diana Zambrano antiplagio.docx Tesis - Diana Zambrano antip... #39aa32 Viene de de mi biblioteca	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)

Raúl Zambrano