



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE
MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays*) BAJO DOS MÉTODOS DE
RIEGO, COLONCHE PROVINCIA DE SANTA ELENA**
INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

Trabajo de Titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERA AGRONOMA

AUTORA
BONILLA NARANJO MARÍA JOSÉ

TUTOR
ING. NAVARRO VELIZ IVÁN ARTURO MSc

GUAYAQUIL- ECUADOR

2024



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Ing. NAVARRO VELIZ IVÁN ARTURO, MSc.**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays*) BAJO DOS MÉTODOS DE RIEGO, COLONCHE PROVINCIA DE SANTA ELENA”**, realizado por la estudiante **BONILLA NARANJO MARÍA JOSÉ**; con cédula de identidad **No. 120734914-1**; de la carrera **AGRONOMÍA**, de la facultad de ciencias agrarias “Dr. Jacobo Bucaram Ortiz”, Sede Matriz “Dr. Jacobo Bucaram Ortiz”- Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. NAVARRO VELIZ IVÁN ARTURO, MSc.
Tutor

Guayaquil, 28 de mayo del 2024



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes miembros del Tribuna de Sustentación, aprobamos la sustentación del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays*) BAJO DOS MÉTODOS DE RIEGO, COLONCHE PROVINCIA DE SANTA ELENA”**, realizado por la estudiante **BONILLA NARANJO MARÍA JOSÉ**; el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Cesar Moran Castro PhD.
PRESIDENTE

Ing. Juan Martillo García, MSc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Kleber Calle Romero MSc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Guayaquil, 22 de mayo del 2024

Agradecimiento

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A mis padres Henry Vladimir Bonilla Carrillo y Lorena Margarita Naranjo Viscarra, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy hoy en día. Me siento muy orgullosa de ser su hija, son los mejores padres.

A la Universidad Agraria del Ecuador, y a todos los Docentes, por brindarme su apoyo y permitiéndome de esta manera alcanzar una de mis metas en mi vida. Agradezco también a mi Tutor de Tesis el Ing. Iván Arturo Navarro Veliz, por ser un mentor ejemplar, por compartir su sabiduría y experiencia, por escuchar mis preguntas y brindarme respuestas claras y concisas, su paciencia y experiencia han sido invaluable para mí.

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico especialmente a mis queridos abuelitos Sr. Bolívar Benjamín Bonilla Vaca, Sr. Cristóbal Astolfo Naranjo Peñafiel y Sra. Nely Ibelia Viscarra Galarza que ahora están en el cielo cuidándome por siempre y a mi única abuelita a la que tengo conmigo hoy en día la Sra. Emma Mélida Carrillo Guzmán, que con la sabiduría de Dios me enseñaron a ser quien soy hoy, una gran mujer, respetuosa, perseverante y con buenos valores.

A mis hermanos Henry Alexander y Jordan Estefano Bonilla Naranjo, por estar siempre presentes, acompañándome y dándome ese apoyo moral, que me brindaron en esta etapa de mi vida.

A mis queridas mascotas por las que daría mi vida Draco, Sofy y Laica me llenaron de amor en momentos malos.

A mi novio Patricio Viscarra, quien siempre estuvo a mi lado inclusive en los momentos y situaciones más tormentosas, no fue sencillo culminar con éxito este proceso, sin embargo, siempre fue muy motivador y positivo.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, **BONILLA NARANJO MARÍA JOSÉ**, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre “**EVALUACIÓN DE PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays*) BAJO DOS MÉTODOS DE RIEGO, COLONCHE PROVINCIA DE SANTA ELENA**” para optar el título de **INGENIERA AGRÓNOMA**, por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 29 mayo del 2024

BONILLA NARANJO MARÍA JOSÉ

CC: 120734914-1

Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Agradecimiento	4
Dedicatoria.....	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general	7
Índice de tabla	9
Índice de figura.....	11
Resumen	13
Abstract.....	14
1. Introducción.....	15
1.1 Antecedentes del problema.....	15
1.2 Planteamiento y formulación del problema	16
1.2.1 Planteamiento del problema	16
1.2.2 Formulación del problema	17
1.3 Justificación de la investigación	17
1.4 Delimitación de la investigación	18
1.5 Objetivo general	18
1.6 Objetivos específicos.....	18
1.7 Hipótesis	19
2. Marco teórico.....	20
2.1 Estado del arte.....	20
2.2 Bases teóricas	23

2.3 Marco legal.....	32
3. Materiales y métodos	36
3.1 Enfoque de la investigación	36
3.1.1 Tipo de investigación.....	36
3.1.2 Diseño de investigación	36
3.2 Metodología	36
3.2.1 Variables en estudio	36
3.2.1.1. <i>Variable independiente</i>	36
3.2.1.2. <i>Variable dependiente</i>	36
3.2.2 Tratamientos.....	37
3.2.3 Diseño experimental	37
3.2.4 Recolección de datos	39
3.2.4.1. <i>Recursos</i>	39
3.2.4.3. <i>Métodos y técnicas</i>	40
3.2.5 Análisis estadístico.....	43
4. Resultados	44
4.1 Determinación del volumen de agua consumida	44
4.2 Desarrollo fisiológico del cultivo de maíz forrajero	46
4.3 Comparación de los rendimientos bajo los dos métodos de riego	48
5. Discusión	52
6. Conclusiones.....	54
7. Recomendaciones.....	55
8. Bibliografía.....	56
9. Anexos	64

Índice de tabla

Tabla 1. Distribución de tratamientos.....	37
Tabla 2. Delimitación experimental riego por goteo	37
Tabla 3. Delimitación experimental riego por aspersión.....	38
Tabla 4. Datos del sistema de riego.....	38
Tabla 5. Valoración económica del proyecto	39
Tabla 6. Datos del tipo de riego por aspersión en el maíz forrajero	44
Tabla 7. Datos del tipo de riego por goteo en el maíz forrajero	44
Tabla 8. Volumen de agua consumida (m ³)	45
Tabla 9. Altura y longitud de hoja de la planta de maíz.....	46
Tabla 10. Biomasa vegetativa en fresco (%).....	48
Tabla 11. Rendimiento (kg/ha).....	48
Tabla 12. Rentabilidad del experimento.....	49
Tabla 13. VAN y TIR del riego por goteo	50
Tabla 14. VAN y TIR del riego por aspersión.....	51
Tabla 15. Datos del riego por goteo en estudio.....	64
Tabla 16. Datos del riego por aspersión en estudio.....	65
Tabla 17. Datos fisiológico altura de planta con riego por goteo.....	66
Tabla 18. Datos fisiológico longitud de hoja con riego por goteo	67
Tabla 19. Datos fisiológico altura de planta con riego por aspersión	68
Tabla 20. Datos fisiológico longitud de la hoja con riego por aspersión.....	69
Tabla 21. Análisis estadístico de los datos	70
Tabla 22. Costo de producción riego por goteo	71
Tabla 23. Costo de producción riego por aspersión.....	71
Tabla 24. Salario.....	72

Tabla 25. Estimación costo equipo riego por goteo	72
Tabla 26. Amortización del riego por goteo.....	72
Tabla 27. Proyección de riego por goteo en 5 años.....	72
Tabla 28. Estimación costo equipo riego por aspersión.....	73
Tabla 29. Amortización del riego por aspersión	73
Tabla 30. Proyección de riego por aspersión en 5 años	73

Índice de figura

Figura 1. Lámina bruta (mm/día) del cultivo del maíz forrajero	45
Figura 2. Volumen del agua consumida por tipo de riego	46
Figura 3. Histograma de la altura (m) de la planta	47
Figura 4. Histograma de la longitud (m) de la hoja.....	47
Figura 5. Histograma del análisis de costo	49
Figura 6. Ubicación geográfica del área en estudio	74
Figura 7. Croquis del área experimental	74
Figura 8. Croquis de riego por goteo.....	75
Figura 9. Croquis de riego por aspersion	75
Figura 10. Ficha técnica del aspersor	76
Figura 11. Ficha técnica de la línea (manguera) de goteo	77
Figura 12. Datos meteorológicos de la zona	78
Figura 13. Test de conductividad	78
Figura 14. Densograma del tipo de riego por aspersion	79
Figura 15. Datos de riego por goteo.....	79
Figura 16. Valores aproximados de Kc para suelos (10-40 mm)	80
Figura 17. Valor promedio de Kc para suelos ligeros a medianos	80
Figura 18. Valor promedio de Kc relacionado con el nivel de ETo.....	81
Figura 19. Semilla de maíz forrajera utilizada	82
Figura 20. Limpieza del terreno para nueva siembra	83
Figura 21. Observación plantación-aspersores a los 45 días	83
Figura 22. Observación plantación-goteo a los 30 días	84
Figura 23. Observación de planta a los 55 días.....	84
Figura 24. Observación del sistema de riego por aspersion	85

Figura 25. Observación de las mangueras dentro de la plantación	85
Figura 26. Observación del distanciamiento entre plantas.....	86
Figura 27. Equipos utilizados para previo aplicación nutrición de agua	86
Figura 28. Unión del sistema de riego.....	87
Figura 29. Aspersor utilizado en campo.....	87
Figura 30. Observación del aspersor dentro de la plantación	88
Figura 31. Observación del estanque previo uso de riego	88
Figura 32. Vista de la maquinaria y equipo de succión	89
Figura 33. Observación de filtro previo a su uso	89
Figura 34. Maquinaria para cosecha.....	90
Figura 35. Mano de obra de cosecha.....	90
Figura 36. Ensilado de fundas de biomasa	91
Figura 37. Ensilado de maíz forrajero	91
Figura 38. Separación de muestras para análisis-laboratorio	92
Figura 39. Resultados de análisis de la planta después de cosecha	92
Figura 40. Resultado de análisis de agua	93
Figura 41. Resultado de análisis de suelo	94

Resumen

Al observar la escasez de alimento para ganado y la falta de lluvia en zonas productoras ganaderas del Ecuador, estableciendo así la necesidad de optimizar el recurso hídrico en las zonas para tener una productividad en el mercado. El presente trabajo se realizó en un sitio preestablecido en Colonche (Santa Elena), donde se evaluó el desarrollo del cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.) bajo dos métodos de riego (goteo/aspersión) para incrementar la productividad. Para ello, se realizó en campo abierto, cuyas variables fueron altura de planta (m), largo de la hoja (m), volumen de agua consumida ($\text{cm}^3/\text{día}$), biomasa, rendimiento (número de sacos de 40 kg), y la rentabilidad. Utilizando el software de la FAO CROPWAT, se ingresaron datos edafoclimáticos de la zona para determinar la evapotranspiración (ETo) del cultivo, con el fin de obtener los resultados para las fórmulas aplicadas. De esta manera, se determinó que el sistema de riego por goteo presenta ahorro y optimización de recursos hídricos diferente del riego por aspersión a partir del día 18 cuando inicia el desarrollo vegetativo. Se observaron diferencias significativas en el desarrollo fisiológico de la planta (longitud-ancho de hoja) y la biomasa (98%) con el uso de riego por goteo en esta zona. Además, con la comercialización de fundas (40 kg) con un precio de venta de \$2 USD, se obtiene ganancia de \$0.63 USD utilizando riego por goteo, y \$0.35 USD con el riego por aspersión.

Palabras claves: aspersión, biomasa, goteo, maíz forrajero, riego, volumen de agua.

Abstract

By observing the shortage of food for livestock and the lack of rain in the livestock producing areas of Ecuador, thus establishing the need to optimize the water resource in the areas to have productivity in the market. The present work was carried out in a pre-established site in Colonche (Santa Elena), where the development of the cultivation of forage corn (*Zea mays* L.) was evaluated under two irrigation methods (drip/sprinkler) to increase productivity. For this, it was carried out in an open field, whose variables were plant height (m), leaf length (m), volume of water consumed (cm^3/day), biomass, yield (number of 40 kg bags) and profitability. Of the same. Using the FAO CROPWAT software, edaphoclimatic data from the area were entered to determine the evapotranspiration (ETo) of the crop, in order to obtain the results of the applied formulas. In this way, it was determined that the drip irrigation system presents savings and optimization of water resources different from sprinkler irrigation starting on day 18 when vegetative development begins. Significant differences were observed in the physiological development of the plant (leaf length-width) and biomass (98%) with the use of drip irrigation in this area. Furthermore, by marketing the coverage (40 kg) with a sales price of \$2 USD, a profit of \$0.63 USD is obtained with drip irrigation and \$0.35 USD with sprinkler irrigation.

Keywords: sprinkling, biomass, drip, forage corn, irrigation, water volume

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

En las últimas décadas, la creciente escasez de agua ha comenzado a amenazar la seguridad alimentaria de millones de personas debido a que más del 80% del agua dulce es utilizada por la agricultura según Banadkooki, Xia, Malekinezhad y Hosseini (2022). Del mismo modo, el Instituto Internacional de Gestión del Agua (IWMI, siglas en inglés), un tercio de la población de los países en desarrollo vive en regiones donde los suministros de agua son inadecuados para satisfacer sus necesidades agrícolas, domésticas e industriales (Priyan, 2021).

El maíz es un cultivo que posee potencial en la producción de grano y siendo muy susceptible a cambios de los factores ambientales, puesto que la planta tiene cinco periodos que son nascencia, crecimiento, floración, fructificación y maduración-secado. Por otro lado, productores dedicados a este tipo de cultivo depende económicamente de este cultivo, cuya productividad está limitado a la utilización de tecnología como es el sistema de riego que administra el recurso hídrico a través de aperos que permiten el desarrollo del cultivo (Leython, 2021).

Cereales como el maíz (*Zea mays* L.) pueden cultivarse y utilizarse como recurso forrajero para consumo animal, sea verde o seco, pero de forma óptima aprovechando mediante ensilaje; por su amplio rango de adaptación tanto en altitud como en el distinto tipo de suelo es uno de los más difundidos en Ecuador y es utilizado para consumo humano y animal siendo este último caso en forraje o ensilaje donde su demanda está aumentando; en Ecuador existen variedades de maíz como INIAP-176 e INIAP-180 que poseen altos rendimientos, permitiendo notable economía de alimentos para productores y zonas dedicadas al área de la zootecnia en ganado (eje. bovino, caprino, entre otros) por su calidad y concentración de energía (Velásquez, 2021).

La provincia de Santa Elena, se caracteriza por tener un potencial extraordinario a lo largo de todo el año, especialmente en cultivos no tradicionales de exportación, como frutales y de ciclo corto, se cultivan banano orgánico (*Musa acuminata*), uva (*Vitis spp*), limón (*Citrus x limon*), sandía (*Citrullus lanatus*), melón (*Cucumis melo*), palma de coco (*Cocos nucifera*), y demás; donde el maíz (*Zea mays* L.) ocupa una superficie total de 7392 ha aprox., este cultivo tiene dos ciclos al año (Mero, 2021).

A pesar de ser una zona semidesértica pero con potencial agrícola, con excelentes condiciones edafoclimáticas para el desarrollo agrario, uno de los problemas de la actividad agrícola en Santa Elena es la escasa precipitación, temperatura variable (frio-calor), excesiva radiación solar, concurriendo con problemas de plagas y enfermedades que afecta a su producción agrícola; motivo por el cual, el productor maicero opta por tener una variedad de semilla para sembrar Emblema, Trueno, Advanta 9313, Advanta al sol; Advanta 9559, Hercules, Advanta 410, copa sv3243, entre otros (Barcos, 2022).

Según datos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC, 2022) en Santa Elena existen 15 382 cabezas de diferentes tipos de ganado (vacuno, porcino, ovino, asnal, caballar, mular, caprino), y debido a su inadecuada distribución y falta de alimento provocan sobrepastoreo generando efectos al suelo como la degradación, generando escasez de pastos y forrajes, obligando al productor desplazar al ganado a diferentes rutas de la zona (trashumancia) (Pertierra, Balmaseda, y Villacrés, 2020).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Entre los cereales, el maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos preferidos y cultivado en la zona de Colonche en la provincia de Santa Elena; por su gran capacidad de adaptación a diversos ambientes climáticos y edáficos, el cultivo de maíz y su interacción con métodos de riego (sea por goteo o aspersión), donde no

se ha realizado investigaciones sobre las necesidades hídricas del maíz documentadas; del mismo modo, por la falta de recursos tecnológicos el productor no puede realizar varias cosechas al año (Herrera, et al., 2021).

Por consiguiente, esta zona afronta problemas de escasos recursos hídricos para satisfacer la demanda de su producción agropecuaria, la falta de precipitaciones que se producen durante todo el año limita y causa pérdidas agrícolas, decrecimiento económico, altos costos de insumos, inseguridad alimentaria, y demás factores.

1.2.2 Formulación del problema

Debido al escasez de alimento y falta de lluvia en las zonas productoras ganaderas en el Ecuador, existe la necesidad de producir maíz forrajero; por tanto, se plantea la siguiente interrogante ¿Cuál sistema de riego permite alcanzar la mayor productividad del maíz forrajero (*Zea mays* L.) para la comercialización?

1.3 Justificación de la investigación

Bajo estas consideraciones, se plantea la propuesta de investigación del tema a tratar, con la posibilidad de mejorar la calidad del suelo, agua y cultivo en esta zona del país; contribuyendo a ganaderos de la sierra, costa, y amazonia e impulsando a la matriz productiva para la zona fortaleciendo las cadenas productivas y comerciales de Colonche.

Además, la producción de maíz forrajero se puede maximizar en terrenos de poca dedicación en cultivos, puesto que se considera su rendimiento por la poca frecuencia entre cosecha y una nueva siembra, conservando así una seguridad alimenticia animal.

Además de contribuir con la aplicación teórico-práctica en el empleo de cultivar maíz forrajero y método de riego, se observa la poca investigación del tema sobre

la situación de la zona en estudio por sus recursos limitados y en algunas situaciones son escasos.

1.4 Delimitación de la investigación

Esta investigación fue desarrollada en la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena. La extensión del predio donde se desarrolló es de una hectárea.

- **Espacio:** Se lo llevó a cabo en la Región Costa, en la Hacienda Rendón Marcillo en la zona de Colonche en la provincia de Santa Elena, cuyas coordenadas son WGS84 18M X: 550148.13 m E; Y: 9779183.89 m S; ubicado a 41 msnm.
- **Tiempo:** La investigación fue de seis meses.
- **Población:** Productores maiceros y demás plantaciones (ciclo perenne y corto), comunidad científica.

1.5 Objetivo general

Evaluar el desarrollo del cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.) bajo dos métodos de riego (goteo/aspersión) para incrementar la productividad en el sector de Colonche en la provincia de Santa Elena.

1.6 Objetivos específicos

- Determinar el volumen de agua consumida para la producción de maíz forrajero bajo dos métodos de riego (goteo/aspersión).
- Evaluar el desarrollo fisiológico del cultivo de maíz forrajero bajo dos métodos de riego por goteo y aspersión.
- Comparar los rendimientos kg/ha (forraje) bajo los dos métodos de riego en estudio.

1.7 Hipótesis

Al menos uno de los métodos de riego presurizado (goteo/aspersión), incrementa la productividad del cultivo de maíz forrajero.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Un estudio realizado por Thamer, Nassif y Almaeini (2021), sobre la eficacia de diversas técnicas de riego tradicional como es surco, goteo superficial (10 cm cada gotero, 1.5 l/ha y 1.5 bar de presión, tubo PVC 2 pulg), y goteo subterráneo (10, 20 y 30 cm de profundidad) en el cultivo de maíz entre los años 2016-2017 en Al-Yousifa (Iraq), siendo de clima árido, semiárido; observando las características físicas, químicas del suelo antes y después de la implementación de riego, se sembró maíz (0.2 m entre planta y 0.7 m entre hileras) con recomendaciones de fertilización de la zona (fosfato diamónico 18:46:0; Urea 465); el requerimiento hídrico de riego en maíz fue más bajo aplicando riego por goteo (558 mm) en comparación con el riego en surco (707 mm), mientras que profundidad de 20 cm fue mejor con riego subterráneo, la planta creció de 191 cm (año 2016) a 196 cm (2017), peso de 500 granos de maíz alcanzó 121 g (año 2016) a 123 g (2017).

(Villares, 2020), en su estudio sobre la importancia de la adaptabilidad de nuevos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de alto rendimiento (ADV407, SOMMA, ADV248, ADV762L6) en dos zonas maiceras (Santa Elena y Los Ríos); observó que no existe diferencia significativas a los 100 días después del sembrado alcanzando un promedio de 229 cm, y el rendimiento a cosecha (mazorca) un promedio de 1 kg/m²; sin embargo, en la rentabilidad (B/C) observó diferencias significativas donde a todo el experimento utilizó el riego por goteo (zona Los Ríos) alcanzando valores entre \$1,55 USD a \$1,70 USD; y el riego por aspersión (Santa Elena) entre los \$1,06 a \$1,30 USD.

Cultivos como el maíz demanda de mucha agua, siendo capaz de producir rendimientos menores de forraje cuando se exponen a la sequía. Por lo tanto, un

estudio que se realizó en Najafabad (Iran) para determinar si el maíz (entre plantas 0,12 m) tiene buenos rendimientos por el tipo de riego aplicado (por goteo con separación de 0,35 cm uniformemente de 0 a 30 cm y 30 a 60 cm, en 4 semanas); ya que, la temperatura del sitio es de 14 °C en promedio, y una precipitación menor de 120 mm; demostrando que disminuye la producción del maíz año a año en el mismo sitio, no presenta diferencias agronómicas en la aplicación de fertirriego (Nematpour, Eshghizadeh y Zahedi, 2021).

Un experimento en la zona árida de Maiduguri (Nigeria), realizado por Bashir, Muhammed y Umaru (2022), examinaron la distribución costo-económica del riego aplicando (goteo, aspersion y surco) en el cultivo de maíz; observando que el costo variable por hectárea para el tipo de riego y horario de uso, oscilan entre un 30% para riego por goteo, 38% para riego por aspersion y 40% para riego por surco; donde, además, el riego por aspersion presenta un incremento por el uso de combustible y agua. Es así como, el riego por goteo presenta una relación beneficio-costos de 3.2 en comparación del riego por aspersor (2.10) y surco (2.84).

Por esto, Delgado, Floyd, Brandt y D'Ádamo (2022) realizaron una investigación para evaluar los efectos de cultivo de maíz sembrada en hileras estrechas bajo riego por aspersion. Donde mencionan que las eficiencias en el uso del agua y las eficiencias en el uso del nitrógeno agronómico para la producción de ensilaje fueron significativamente mayores en estos tres estudios con el BMP de siembra en hileras estrechas con poblaciones de plantas más altas. Además, proponen que este BMP agronómico con hileras estrechas proporciona una ventaja de conservación del suelo y el agua, reduciendo potencialmente las pérdidas de nitrógeno al medio ambiente y reduciendo el potencial de lixiviación de agua debajo de la zona

radicular, ya que una producción total de biomasa de ensilaje significativamente mayor probablemente utilizará más agua y nitrógeno.

(Tari, 2022) en su trabajo sobre el impacto de los diferentes intervalos (3 y 6 días) y niveles de riego (125%, 100%, 75%, 50% según la evaporación presente) sobre el rendimiento y calidad del maíz forrajero (ensilaje) con riego por goteo (tubería de 16 mm y goteros espacio de 0.30 m, caudal de 4 l) bajo clima árido; utilizando un diseño de bloques completos al azar con arreglos de parcelas divididas, con intervalos de riego, con una tasa de consumo anual ETc anual entre 397 y 725 mm, el rendimiento alcanzó los 36 y 81 t ha⁻¹; y la proporción de materia seca y la altura de la planta (2.92 m máximo, reduciendo un 51% cuando disminuye la cantidad de agua disponible) fue afectado ($p < 0.01$) por los intervalos y niveles de riego; solo en parámetros de calidad como es biomasa (fibra 14 al 18% y pH del 3.79) no se vieron afectados significativamente, ya que con el aumento de intervalo de riego, aumenta la cantidad de biomasa. Concluyendo que, los riegos frecuentes aumentaron el rendimiento del maíz forrajero con riego por goteo en condiciones climáticas áridas; sin embargo, una baja aplicación de agua durante el periodo de crecimiento provoca disminución significativa en el rendimiento del maíz forrajero.

En la zona de Quevedo-El Empalme, (Chugchilan, 2022) en su estudio sobre la frecuencia (2, 4, 6, 8 días) de riego por goteo (tubería PVC de 50 mm, 16 caudales, 3 emisores de 4 laterales para cada tratamiento, con 1.2 bar y caudal de 1.75 l/ha) en la producción del maíz; utilizando un diseño de bloque completamente al azar con cuatro repeticiones, donde valores ETo de la zona durante las 4 semanas fueron 7,21 y su ETc 3,65; manifestó un resultado donde el mejor rendimiento fue 8 días (1 662 mm/ha) alcanzando la planta de maíz una altura de planta de 2,25 m, biomasa de 20.33 kg/ha y producción de 14.67 t/ha, obteniendo un uso del agua de

19.14 kg/m³ de ahorro hídrico, diferente de los demás tratamientos 2 días (1 816 mm/ha), 4 días (1 767 mm/ha), T3 (1 731 mm/ha).

En la investigación de (Gutiérrez et al., 2022) sobre la producción de maíz forrajero con dos sistemas de riego (subsuperficial y superficial) y tres niveles de la evaporación (100%, 75%, 50%); se indica que los sistemas de riego y niveles de evaporación afectaron (p -valor <0.05) el rendimiento del maíz forrajero, la calidad nutricional y la eficiencia en el uso del agua. La aplicación de 100% de evaporación con el sistema de riego por goteo subsuperficial mejoró la capacidad productiva del cultivo, lo que tuvo efectos positivos en altura, rendimiento de forraje verde y rendimiento de forraje seco. La interacción sistema de riego por superficie 75% de evaporación logró los valores más altos en eficiencia en el uso del agua en rendimiento y eficiencia la calidad del forraje. Los valores de mejor calidad en términos de fibra detergente acida, fibra detergente neutra, ligninas, total de nutrientes digeribles y energía neta de lactancia se obtuvieron en el sistema de riego por superficie.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Cultivo *Zea mays*

Su clasificación taxonómica, según el Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI, 2023) es la siguiente:

- Reino: Vegetal
- División: Angiospermae
- Clase: Monocotyledoneae
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Género: *Zea*

- Especie: Mays
- Nombre científico: *Zea mays* L.

Según Acharya et al. (2020), el maíz presenta las siguientes características botánicas:

- Raíces: Son fasciculadas y su misión es proporcionar un anclaje perfecto a la planta. En algunos casos, unos nudos de las raíces sobresalen a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.
- Tallo: Es erecto en forma de caña y macizo en su interior, compuesto por tres capas: una epidermis impermeable y una transparente, una pared vegetal por la que circula la savia y una médula de tejido esponjoso y blanco en donde se almacenan los azúcares. Tiene una longitud elevada pudiendo alcanzar los cuatro metros de altura, además es robusto y no presenta ramificaciones.
- Hojas: Son largas, lanceoladas, alternas, paralelinervias, de gran tamaño alcanzando los 120 centímetros de longitud y los 9 centímetros de ancho. Se hallan abrazando al tallo y con presencia de vellosidad en el haz, asimismo los extremos de las hojas son muy cortantes.
- Inflorescencia: Es una planta que presenta inflorescencia masculina y femenina hallándose separada dentro de la misma planta siendo esta una planta monoica. La inflorescencia masculina es una panícula (vulgarmente denominado espigón o penacho) de coloración amarilla que tiene aproximadamente entre 20 a 25 millones de granos de polen, asimismo cada flor que compone la panícula contiene tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina se denomina mazorca cuando ha sido fecundada por los granos de polen, aquí se hallan las semillas (granos de maíz) agrupadas a lo largo de un eje, esta mazorca se encuentra cubierta

por hojitas de color verde, terminando en una especie de penacho de color amarillo oscuro.

- La cubierta de la semilla (fruto) se llama pericarpio, es dura, por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano (blanco, amarillo, morado), su color estándar alcanzada la madurez oscila entre blanco y amarillo, pudiendo ser también violáceo o rojo en ciertas especies, cada grano de maíz en una mazorca es un fruto independiente, inserto en un eje o raquis cilíndrico, conocido como elote, contiene proteínas y en su interior se halla el endospermo con el 85-90% del peso del grano mientras que el embrión está formado por la radícula y la plúmula.

2.2.1.1. Plagas, enfermedades y su control

Salto (2021), en su estudio en la evaluación de *Heterorhabditis bacteriophora* para el manejo del insecto *Spodoptera* spp en el cultivo de maíz en el cantón Milagro (Guayas, Ecuador) durante los meses de enero a mayo (época invernal), aplicando dosis de 250 mil millones, 500 mil millones y 750 mil millones; donde la mortalidad de larvas de *Spodoptera* spp en condiciones de laboratorio observándose que en ocho horas y dosis de 750 mil millones se encontró una larva muerta entre cinco larvas en estudio, mientras que en 24 horas después se encontró dos larvas entre cinco larvas en estudio, y 72 horas se encontraron cuatro larvas muertas de cinco larvas en estudio; mientras que en condiciones de campo, en aplicando en la variedad ADV 9313 y dosis de 750 mil millones y una frecuencia de aplicación de 30 y 60 días después de su siembra se obtuvo una severidad de 7.78% y 10% de incidencia de daño en el cultivo; con la variedad de maíz DK 7088 y dosis de 750 mil millones y frecuencia de 30 a 60 días 10.91% de severidad y 18.75% de incidencia en la plantación. El comportamiento agronómico tras su

aplicación alcanzó una altura de 125 cm (DK7088) y 120 cm (ADV 9313), y 118.25 gramos por cada 300 granos de maíz, ambos resultados con la máxima dosificación en estudio (750 mil millones).

2.2.1.2. Maíz forrajero

Campuzano (2019) realizó una evaluación del comportamiento agronómico de los híbridos de maíz Emblema y Advanta 9313 en cuatro zonas climáticas diferentes de Ecuador, en la zona de Pichilingue (Los Ríos) la floración femenina ocurre a los 55 días (para ambos híbridos), la planta se desarrolla hasta los 265 y 257 cm de altura a la cosecha, con 16 hileras (ambos híbridos), alcanzando los 6.54 y 5.92 T/ha. Mientras que en la zona de Tosagua (Manabí) la floración femenina ocurre a los 55 días (para ambos híbridos), la planta se desarrolla hasta los 287 y 282 cm de altura a la cosecha, con 15 hileras (ambos híbridos), alcanzando los 7.06 y 7.26 T/ha. Del mismo modo en la zona de El Azúcar (Santa Elena) la floración femenina ocurre a los 54 y 55 días, la planta se desarrolla hasta los 207 y 192 cm de altura a la cosecha, con 15 hileras (ambos híbridos), alcanzando los 4.72 y 3.06 T/ha. Así en los valles subtropicales (Loja) la floración femenina ocurre a los 54 días (para ambos híbridos), la planta se desarrolla hasta los 246 cm de altura a la cosecha (para ambos híbridos), con 16 hileras (ambos híbridos), alcanzando los 6.43 y 5.81 T/ha.

Según (Cevallos, 2022) afirma las siguientes características del advanta-9139:

- Tiene buena tolerancia al estrés hídrico y buena adaptabilidad a altitudes de 0 msnm hasta 800 msnm.
- Su ciclo de vida es de 125 días.
- Puede llegar alcanzar una altura de 2,32 metros.
- Los días de floración se pueden emitir a los 58 días después de la siembra.

- La altitud de la mazorca es a los 121 cm desde el suelo.
- Los días a la cosecha de este híbrido puede ir desde los 120 a 140 días después de la siembra.
- Tiene una excelente tolerancia al acame del tallo y acame de raíz.
- Se recomienda sembrar en distancias de 80 x 20 cm y 70 x 15 cm entre hilera y planta.
- Consta con un buen desempeño al Stay Green que significa a que el tallo de la planta se mantenga de color verde y viva hasta el día de la cosecha.

Además, los esfuerzos de mejoramiento convencionales para híbridos tolerantes a la sequía tienen mecanismos de rendimiento que minimizan la sequía, como la reducción del área foliar, pesos secos más ligeros de los brotes, sistemas de raíces más desarrollados y el tamaño de las mazorcas según la disponibilidad de agua. Las variedades tolerantes a sequía fueron desarrolladas por DuPont Pioneer (Pioneer Hi-Bred International, Johnston, EUA) como AquaMax y antes de la fusión Monsanto (Bayer Crop Sciences, Alemania) como DroughtGard. Los ensayos con híbridos con estos rasgos en ambientes con agua limitada han documentado mayores rendimientos con híbridos de maíz tolerantes a la sequía en comparación con las variedades convencionales (Zhao, Marek, Liu, Harrison y Xue, 2022).

La provincia de Los Ríos para el año 2020 se caracterizó por usar principalmente el híbrido ADV-9139, con un promedio de 5.81 t/ha. Por otra parte, la Provincia con rendimientos bajos de los híbridos ADV-9139 y Emblema, pertenece a la Provincia de Manabí. Una de las principales características de este híbrido es que presenta alta resistencia a plagas y enfermedades, alta tolerancia al volcamiento, alta tolerancia al estrés hídrico, tiene un índice de desgrane de 81.8 - 85.8 % y es ideal para sembrar en pendientes según el informe emitido por la [Corporación Financiera Nacional (CFN, 2021)].

El maíz forrajero tiene un alto rendimiento de biomasa por unidad de superficie, estimado entre 40 y 95 t/ha en un corto período de tiempo, y su valor nutricional varía de bueno a excelente, dependiendo de la etapa de crecimiento del cultivo en el momento de cosecha. Aspectos como el estado lechoso y pastoso del maíz, señal crucial de que la planta está lista para la cosecha y la conservación, son ejemplos. Nutricionalmente este recurso forrajero tiene un contenido de MS de 25 a 31%, 5.7 a 6% PB, 55 a 59 % FND, 36 % FDA y 67 % DIVMS, características que le otorgan el atributo de suministrar el alimento primario (pastos) del ganado en tiempos críticos (Marmolejo, 2023).

De este modo (Espinosa, 2023) menciona que, a pesar de poseer un bajo régimen de precipitaciones, para el desarrollo de pastos y forrajes, los productores de la zona de Santa Elena realizan cultivos diversos en los que destaca el maíz, el cual es comercializado en grano seco y en choclo, siendo este último una fuente de forraje verde para los rumiantes, debido a que después de la cosecha queda la planta aun verde; actualmente se puede observar que los pequeños ganaderos están aprovechando este residuo de cosecha para la oferta directa o para la conservación en forma de ensilaje, que es elaborado solo con la panca picada y llenada al vacío en fundas.

Un aumento en la densidad de plantas de maíz promueve el rendimiento de materia fresca, seca y variables agronómicas; sin embargo, se reduce el diámetro y la relación hoja/tallo y mazorca/planta; en parte, por el aumento en el desarrollo del dosel e intercepción de la radiación solar (Rodríguez et al., 2021).

El maíz forrajero es utilizado principalmente como fuente de energía en la alimentación animal, por su buena producción de forraje, buena relación hoja: tallo, y por su alto contenido de carbohidratos se puede ensilar (Barrera et al., 2023).

2.2.2 Sistema de riego en maíz forrajero

Los sistemas de riego son mecanismos que permiten desviar el agua desde su lugar de almacenamiento hasta los campos agrícolas, con la finalidad de incrementar el agua disponible para los cultivos e intensificar el rendimiento de los mismos, los sistemas de riego pueden ser; por gravedad, aspersores, micro aspersores y goteo (Hayashi y Dogliotti, 2021).

Un estudio realizado en México cuya zona fue 54 mm de precipitación anual; es decir, clima semiárido y un suelo franco arcilloso Olton, el tipo de riego aplicado aumentó el rendimiento del maíz forrajero (del 14 al 29%), mostrando un mejor uso general del agua (Paye, et al., 2022).

En Sudáfrica, Haarhoff y Swanepoel (2020) realizaron investigaciones con 40000 a 80000 plantas hectáreas⁻¹ plantados a intervalos de hileras de 0.5, 0.76 y 1 m para evaluar los efectos del espaciamiento entre hileras en los rendimientos de la agricultura de conservación. Se lograron mayores rendimientos en poblaciones de plantas altas y espacios amplios entre hileras, y concluyeron que las poblaciones de plantas más grandes tienen un mayor uso de agua y extraen más agua de los suelos que las poblaciones más pequeñas, reduciendo el agua disponible para las plantas.

2.2.2.1. Sistema de riego por goteo en maíz forrajero

Mesta, Reyes y Yescas (2021) menciona que la explotación de ganado bovino emplea una gran cantidad diaria de alimento de materia seca (forraje), donde el uso de plantaciones de maíz es de mayor uso con doble propósito; sin embargo, el mayor limitante es el recurso agua, limitando el tipo de riego eficiente para esta plantación; de este modo, el riego por goteo afecta significativamente en valores de potencial, temperatura superficial, y el rendimiento; haciendo que mejore la

eficiencia del uso del agua y disminuya hasta un 44% el volumen de agua aplicado respecto al sistema de riego por gravedad.

2.2.2.2. Sistema de riego por aspersión en maíz forrajero

Sistema por el cual, el agua es conducida por la tubería a presión y al llegar al aspersor (según sea fija, portátil, cañón, pivote central, y avance frontal), el chorro se rompe en muchas gotas que caen sobre su capacidad de cobertura a su alrededor. Este sistema utiliza mucha energía eléctrica para su funcionamiento. Su efectividad depende de características como son caudal, diámetro, y precipitación. Así, alcanza un 28% de materia seca (forraje) al aplicarse en cultivo de maíz y siendo parte la alimentación para ganado (Lema, 2022).

2.2.3. Evapotranspiración

Desde el punto de vista de diseño agronómico (Bejar et al., 2020) acota que, realmente interesa es conocer el valor máximo de la evapotranspiración (ET). La evapotranspiración engloba las cantidades de agua consumida por dos procesos distintos: la transpiración (que depende del tipo de cultivo y su fase de desarrollo); y la evaporación (producidas desde la superficie del suelo y dependiente de las condiciones climáticas de la zona). La evapotranspiración (ET) se expresa en milímetros de altura de agua evapotranspirada en cada día (milímetros/día).

2.2.4. Evapotranspiración potencial

Se presenta en un cultivo de tamaño corto que cubre toda la superficie del suelo, en activo crecimiento y con un nivel óptimo de agua. Se determina con métodos directos (Muestreo de humedad del suelo, lisímetro, tanque de evaporación, balance de agua y balance energético) e indirectos (Método Hargreaves, Penman modificado, Blaney y Jensen) (Trenz et al., 2024).

2.2.5. Evapotranspiración real o actual

Se presenta en cualquier condición de las plantas y del suelo. Se la define también como tasa real de consumo de agua. (Hmaied et al., 2024) mencionan que, entre los factores que afectan o definen la evapotranspiración real o uso consuntivo de agua de un cultivo:

- Elementos climáticos.
- Especie vegetal o cultivo y sus características genéticas.
- Nivel de humedad del suelo
- Características físicas y químicas del suelo
- Sanidad y vigorosidad del cultivo ▪ La fase vegetativa del cultivo.

2.2.6. Disponibilidad total de agua en el suelo

También se le conoce como agua útil o intervalo de humedad disponible. Es la diferencia entre las láminas de agua almacenadas al límite máximo de retención o almacenamiento conocido (Capacidad de Campo) y el límite mínimo de almacenamiento (Punto de Marchitez Permanente), ambas consideradas hasta la profundidad de interés para las plantas o profundidad radical efectiva (Beniaich et al., 2023).

2.2.7. Punto de marchitez permanente

Para (Hervé et al., 2023), el contenido de humedad del suelo en el cual la planta manifiesta síntomas de marchitamiento, caída de hojas, escaso desarrollo o fructificación, debido a un flujo muy lento de agua del suelo hacia la planta; y que, en promedio, corresponde a un estado energético de 15 bares cercano a este valor dependiendo del tipo de cultivo.

2.2.8. Densidad aparente

Se define como la masa del suelo por unidad de volumen. Es una forma de evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces. Usado para convertir datos expresados en concentraciones a masa o volumen (Montenegro et al., 2023).

2.2.9. Infiltración

Ingreso de agua en el perfil del suelo, determina la cantidad de agua que penetra en el suelo, la que va a escurrir por el terreno y la pérdida de suelo que puede existir que es el peligro de erosión. La infiltración del suelo depende de su textura, es decir de la proporción de cada uno de los componentes del suelo que son arena, limo y arcilla, además de presencia de materia orgánica, condiciones de laboreo y cultivos anteriores (Tapia et al., 2023).

2.3 Marco legal

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador.

Principios de aplicación de los derechos.

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua (p. 23).

Capítulo séptimo.

Derechos de la naturaleza.

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos (p. 79).

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas (Asamblea Nacional Constituyente, 2008, p. 135).

2.3.2 Código orgánico del ambiente.

Art. 1.- Objeto. Este Código tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay. (p. 6).

Las disposiciones de este Código regularán los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, deberán asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines. (p. 6).

CAPITULO IV

De los instrumentos para la regularización ambiental.

Art. 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. (p. 59).

Art. 197.- Actividades que afecten la calidad del suelo. Las actividades que afecten la calidad o estabilidad del suelo, o que puedan provocar su erosión, serán reguladas, y en caso de ser necesario, restringidas. Se priorizará la conservación de los ecosistemas ubicados en zonas con altas pendientes y bordes de cuerpos hídricos, entre otros que determine la Autoridad Ambiental Nacional (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017, p. 59).

2.3.3 Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos Y Aprovechamiento del

Agua

Art. 17.- Características Generales. - Corresponde a la Secretaría del Agua la gestión del Registro Público del Agua regulado en el artículo 24 de la Ley el cual consiste en una estructura informática de datos mediante la que se organizará la información relativa a los usos y aprovechamientos del agua, así como la del resto de documentos a que se refiere la Ley.

La estructura informática que se cree será la adecuada para permitir la emisión de certificaciones sobre las inscripciones. La estructura informática permitirá organizar la información con base a la que hayan recopilado y actualizado las Demarcaciones Hidrográficas y los Centro de Atención al Ciudadano existentes a efectos de la realización de la planificación hídrica y la gestión del agua. (p. 16).

Art. 22.- Usuarios y Organizaciones de Usuarios: Principios Generales.- Es usuario todo titular de una autorización de uso o aprovechamiento productivo del agua.

Los usuarios del mismo sector productivo de una cuenca podrán agruparse entre sí para los efectos de incorporarse a los órganos de participación previstos en la

Ley y este Reglamento. Se entenderá por sectores productivos aquellos que estén contemplados en los aprovechamientos productivos de conformidad con el artículo 93 de la Ley.

Se entenderá por uso las actividades básicas e indispensables para la vida: consumo humano, riego, la acuicultura y el abrevadero de animales para garantizar la soberanía alimentaria. Para el caso de las Juntas Administradoras de Agua Potable y las Juntas de Riego, podrán agruparse para crear la organización de Juntas Agua Potable y de Riego respectivamente, por cuenca. (p. 20).

Art. 34.- Principios Generales. - La planificación hídrica se orientará a la satisfacción de las demandas de agua y a la protección del recurso y de los ecosistemas en los que ésta se encuentra. Igualmente servirá para el equilibrio y armonización del desarrollo regional y sectorial incrementando las disponibilidades del recurso, protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando sus usos en armonía con el medio y los recursos naturales. (p. 29).

Art. 45.- Secretaría del Agua y otras alianzas. - Cuando el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal no cuente con las condiciones técnicas o financieras, podrá solicitar a la Autoridad Única del Agua lo siguiente:

b) Emitir las directrices, así como el mecanismo que deberá el GAD solicitante cumplir para asociarse con una empresa de la economía popular y solidaria o una empresa privada para mejorar la economía en la prestación de los servicios públicos. (p. 35).

Art. 48.- Definición. - Las Juntas de Riego son organizaciones comunitarias sin fines de lucro, que tienen por finalidad la prestación del servicio de riego y drenaje, según sea el caso, bajo criterios de eficiencia económica, calidad en la prestación del servicio y equidad en la distribución del agua. (p. 36).

Art. 49.- Funciones de las Juntas de Riego. - Corresponde a las Juntas de Riego:

b) Tramitar con los diferentes niveles de gobierno o de manera directa, la construcción de nueva infraestructura pudiendo recabar, para ello, ayuda financiera. Para el efecto se deberá contar con el respectivo informe de viabilidad técnica que emitirá la Subsecretaría de Riego; c) Realizar el reparto equitativo del agua que le sea atribuida entre los miembros del sistema siguiendo las instrucciones de la Autoridad Única del Agua; d) Resolver los conflictos que puedan existir entre sus miembros. En caso de que el conflicto no se pueda resolver, recurrirán la Autoridad de Demarcación Hidrográfica o el responsable del Centro de Atención al Ciudadano; e) Establecer las tarifas por la prestación del servicio, dentro de los criterios generales regulados en la Ley, este Reglamento y las regulaciones que para el efecto emita la ARCA, recaudadas y administrar el producto de la recaudación para el cumplimiento de los servicios que tengan encomendados. (p. 42).

Art. 54.- Dominio hídrico público natural y artificial. - De conformidad con el artículo 10 de la Ley, el dominio hídrico público está constituido por los siguientes elementos naturales:

a) Las aguas superficiales, entendiéndose por tales las que forman los ríos, lagos, lagunas, humedales, nevados, glaciares y caídas naturales; b) Las aguas subterráneas; c) Los acuíferos, a los efectos de protección y disposición de los recursos hídricos que contienen; d) Las fuentes de agua, entendiéndose por tales las nacientes de los ríos y de sus afluentes manantiales o nacientes naturales en los que brotan a la superficie las aguas subterráneas o aquellas

que se recogen en su inicio de la escorrentía e) Los álveos o cauces naturales; f) Los lechos y subsuelos de los ríos, lagos, lagunas y embalses superficiales en cauces naturales; g) Las riberas; h) La conformación geomorfológica de las cuencas hidrográficas, y de sus desembocaduras; i) Los humedales marinos costeros y aguas costeras; y j) Las aguas procedentes de la desalinización de agua de mar (Asamblea Nacional del Ecuador, 2015, p. 47).

2.3.4 Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable

Artículo 8.- Derechos en el ámbito de la agrobiodiversidad. - La presente ley garantiza los siguientes derechos individuales y derechos colectivos de comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades: c) Derecho de las personas naturales o jurídicas a la libre asociación para investigar, producir, comercializar semillas nativas, tradicionales y certificadas; (p. 8).

Artículo 10.- Reconocimiento al agricultor. De conformidad con los instrumentos internacionales vigentes, al agricultor se le reconocen las siguientes garantías: c) Participar en asuntos relacionados a la conservación y la utilización sostenible de la agrobiodiversidad de conformidad con la ley; (p. 9).

Artículo 17.- De las zonas de agrobiodiversidad. La Autoridad Agraria Nacional, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional, los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales, institutos públicos de investigación y centros de educación superior, identificarán con la participación de los productores y organizaciones sociales, las áreas de agrobiodiversidad que fortalezcan la protección, conservación, manejo y uso sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, para garantizar la soberanía alimentaria. (p. 15).

Artículo 49.- Prácticas y tecnologías. Constituyen prácticas y tecnologías de agricultura sustentable, destinadas al uso de alternativas de innovación tecnológica, que debe fomentar el Estado las siguientes: d) Prevenir y controlar las plagas y enfermedades mediante el uso de biopreparados, repelentes y atrayentes, así como la diversificación, introducción y conservación de enemigos naturales; e) Difundir mediante programas y campañas de educación e información pública los beneficios que reporta esta producción agrícola, tanto para productores como para consumidores; f) Promover la economía familiar campesina y comunitaria para dinamizar este sector, así como fomentar el consumo de alimentos saludables (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017, p. 50).

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

- **Descriptiva.** Se describió los resultados y efectos de las variables en estudio sobre el riego en un cultivo con el fin de precisar con conclusiones de mayor objetividad.
- **Exploratoria.** Sirvió para identificar problemas que aborda el estudio de la aplicación del riego sobre cultivo de maíz forrajero.
- **Explicativa.** Permitió acercarse e identificar los problemas hipotéticos, encontrando las causas del mismo problema, manifestando las conclusiones y recomendaciones.

3.1.2 Diseño de investigación

El presente tiene un diseño de investigación descriptivo, el cual consiste en observar los efectos e interacción de la combinación del maíz forrajero y el tipo de riego (goteo/aspersión), en condiciones de campo abierto para sí recopilar la información y proyectarla de manera económica.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables en estudio

3.2.1.1. *Variable independiente*

La implementación de dos sistemas de riego en plantación de maíz forrajero.

3.2.1.2. *Variable dependiente*

- Altura de planta (cm).
- Caudal (m³/min).
- Biomasa (%).
- Rendimiento de forraje fresco (kg).

- Análisis de costo (\$ dólares americanos).

3.2.2 Tratamientos

Los tratamientos aplicados, fueron subjetivos de la autora:

Tabla 1. Distribución de tratamientos

No. Tratamiento	Descripción	Dosis por parcela (hr)	Detalle
T1	Riego por goteo	1	Línea de goteo (Q=1.85 l/h) por gotero, separación de 0.3 m diámetro 16 mm
T2	Riego aspersión	1	Senniger ¾ Modelo 5023 boquillas 16*8

Tensión de humedad entre 10 y 20 centibares
Bonilla, 2024

3.2.3 Diseño experimental

Para la presente investigación se implementó un diseño completo al azar con 2 tratamientos, sin repetición, con un total de 30 plantas de maíz escogidas al azar dentro de la unidad experimental (5 000 m²); la delimitación de todo el experimento se puede observar a continuación:

3.2.4. Delimitación experimental

Como se muestra a continuación las características experimentales utilizado en cada tipo de riego:

Tabla 2. Delimitación experimental riego por goteo

Características	Descripción
Ancho de parcelas	50 m
Largo de parcelas	100 m
Área de parcela / Unidad experimental	50 m * 100 m = 5 000 m ²
Número de tratamientos	2
Distancia entre parcela / Unidad experimental	1 m
Distancia entre plantas	0.20 m x 0.35 m
Número de semilla por golpe	1
Distancia entre hileras	1.5 m

Número de plantas por hilera	100 m / 0.20 m * 2 = 400
Número de plantas para evaluar por cada tratamiento	30
Distanciamiento entre goteros	0.30 m

Bonilla, 2024

Tabla 3. Delimitación experimental riego por aspersión

Características	Descripción
Ancho de parcelas	50 m
Largo de parcelas	100 m
Área de parcela / Unidad experimental	50 m * 100 m = 5 000 m ²
Número de tratamientos	2
Distancia entre parcela / Unidad experimental	1 m
Distancia entre plantas	0.20 m
Número de semilla por golpe	1
Distancia entre hileras	0.9 m
Número de plantas por hilera	100 m / 0.20 m * 2 = 400
Número de plantas para evaluar por cada tratamiento	30
Distancia entre difusores de aspersión	18 m x 18 m
Distribución	Triángulo

Bonilla, 2024

Tabla 4. Datos del sistema de riego

Riego	goteo	Maquinaria	Hydrotek
			AIX 100/32 - serial
Eficiencia	95.70%	Type	223196
Presión de operación	1.8 bar = 26 Psi	Capacidad	162.9
Caudal emisor (qe)	1.85 L/H	Motor	37
Esparcimiento entre laterales	1.50 mt	Head	49
Esparcimiento entre emisores	0.30 mt	Speed	1800
Diámetro de humedad	0.50 mt	Npsh)R	2.4
Maxim oper/dia	10 hr	Eff.	79%
Riego	aspersor		
Eficiencia	78.17%		
Caudal emisor	2603,7 L/H		
Presión de operación	2,07 bar = 30 Psi		

Bonilla, 2024

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

Los resultados obtenidos en la evaluación de la efectividad son importantes para decidir si se deben tomar acciones correctivas adicionales para mejorar la uniformidad de riego del sistema de riego. Además, la información obtenida del modelo de suministro de agua del sistema de riego es importante para calcular el factor suficiente aplicado a la profundidad neta de riego para obtener la profundidad total correcta. En estos cálculos se debe tener en cuantas consideraciones económicas, se debe hacer un balance entre el uso de agua en exceso de los requerimientos hídricos del cultivo en parte del área regada y pérdida de rendimiento por uso inadecuado (Brown et al., 2024).

- **Materiales y herramientas:** Computadora, cámara fotográfica, piola, machete, GPS, libreta de campo, bolígrafos, agua, medidor pH (0-14), Ce (0-6000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y TDS (0-3000 mg/l [ppm]). Para el sistema de riego, sistema por aspersión, filtros, medidores de agua, válvulas, tanque de agua (de 200 litros), línea de goteo (Aries HWD-TWD-MWD), nudos, neplós, reductores, entre otros. El uso del CROPWAT para estimar el requerimiento hídrico.
- **Material experimental:** Maíz forrajero ADV9139.
- **Recursos humanos:** Fue realizado por el tutor y docente guía.
- **Recursos económicos:** El presente trabajo de investigación fue financiado por recursos propios del tesista.

Tabla 5. Valoración económica del proyecto

Descripción	Valor (\$)
Computadora	300.00
Semilla maíz forrajera	100.00
Fertilización UREA/Ha (para disolver) canecas	25.00

Fertilización DAP/Ha (para disolver) sacos	35.00
Control Fitosanitario (líquidos)	45.00
Visitas	100.00
Papel y utensilios varios	200.00
Utensilios de muestras y análisis de suelo y agua	100.00
Total	905.00

Bonilla, 2024

3.2.4.3. Métodos y técnicas

3.2.4.3.1 Métodos

- **Método inductivo:** Con este método se puede observar los resultados adquiridos con el propósito de efectuar los objetivos e hipótesis programada.
- **Método deductivo:** Permitted observar temas particulares de la investigación a través de teorías.
- **Método experimental:** Se accedió a la información sobre el uso correcto y su estimado de los diferentes tratamientos a utilizarse, para determinar sus mejores resultados.

3.2.4.3.2 Manejo del ensayo

En el presente estudio de investigación experimental, se evaluó el desarrollo y productividad del cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.) con dos tratamientos (goteo y aspersión); para ello, se efectuaron las siguientes actividades de los objetivos:

Objetivo 1: Determinación del volumen de agua consumida para la producción de maíz forrajero bajo dos métodos de riego (goteo/aspersión).

- Medición del terreno. Se realizó la medición del terreno para la realización de los tratamientos.
- Clase textural. Se recolectó un kilo de suelo, obtenidos en diez submuestras a una profundidad de 0.20 m y en zigzag, dentro de ambas áreas establecidas con

el sistema de riego. Una vez obtenida, se colocó en una funda plástica limpia, se etiquetó y envió al laboratorio.

- Calidad de agua. Se tomó dos muestras de agua (desde la fuente de agua y su salida por su sistema de riego) en envase plástico no traslucidos de un litro, se rotuló y colocó etiqueta, posterior se llevó a laboratorio.
- En vista del sitio en estudio, se procedió a realizar diseño agronómico en base al cultivo de maíz, condiciones edafoclimáticas que fueron tomadas de la estación meteorológica propia del sitio, además de la ayuda del software de la FAO CropWat versión 8.0 y tipos de aperos del sistema de riego para cada tratamiento. Esto procedió a facilitar con los datos de evaporación de agua, el cual se calculó la evapotranspiración del cultivo en mm/día.

$$Etc = ETo * kc$$

Etc = Evapotranspiración del cultivo (mm. día⁻¹)

Kc = Coeficiente del cultivo (adimensional)

ETo = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm. día⁻¹)

- Se procedió con la revisión de la instalación y prueba de funcionamiento del sistema de riego para cada tratamiento (goteo y aspersion), como son sus redes principales, secundarias, terciarias, y laterales.
- Se evaluó el tiempo de riego (TR) que es necesario para satisfacer el cultivo por lo cual se aplicó en la fórmula

$$TR = \frac{\text{Lamina bruta}}{\text{Intensidad pluviométrica}}$$

- Se midió la intensidad pluviométrica con los datos obtenidos de la estación meteorológica El Azúcar, esta es una magnitud que se mide tomando en referencia el tiempo de duración de lluvia y el tiempo de retorno.

$$IP (\text{aspersion}) = \frac{227,12 * Q(\text{asperso})}{EA * EL} = 8.03 \text{ mm/h}$$

IP= intensidad pluviométrica (mm)

Q= Caudal (gl/min)

EA= espaciamiento entre aspersores (m)

EL= espaciamiento entre laterales (m)

$$IP (goteo) = \frac{Q(gotero) * EG}{EH * \#Lat.Hil} = 4.11 \text{ mm/h}$$

- Volumen de agua.

$$Volumen \left(\frac{m^3}{d} \right) = Lamina \text{ bruta (mm)} * 10$$

Objetivo 2: Evaluación del desarrollo fisiológico del cultivo de maíz bajo dos métodos de riego por goteo y aspersión.

- Altura de planta (cm). Fue observada en 30 plantas por cada unidad experimental, y con la ayuda de una cinta métrica se procedió a medir desde 10 centímetros del suelo hasta el ápice de la hoja terminal, esta variable se midió a los 15-30-45-60-75-90 días después de la siembra y se expresó en centímetros.
- Biomasa (%). Se procedió a llevar 1 kg de materia seca a una estufa para obtener la materia seca, esta se presentó en porcentaje de materia seca.

Objetivo 3: Comparación de los rendimientos kg/ha (forraje) bajo los dos métodos de riego en estudio.

- Rendimiento de forraje fresco (kg). Una vez recién cosechado, esta variable se obtuvo a partir de la regla de tres, el peso verde total de la planta (PVTP) multiplicado en relación a una hectárea y se dividió por la superficie cosechada.

$$PVTP (kg) = 1 \text{ m}^2 \longrightarrow x (kg) = 10\ 000 \text{ m}^2$$

- Análisis de costo. Se procedió a realizar un análisis de costos (fijos y variables) de los tratamientos experimentales (riego y aspersión).

3.2.5 Análisis estadístico

3.2.5.1. Análisis funcional

Los datos recolectados del presente estudio experimental fueron evaluados y comparados los dos tratamientos, utilizando T-Student para dos muestras relacionadas, en este caso, por el tipo de riego, permitiendo así comparar las medias entre sus resultados de una muestra aleatoria.

3.2.5.2. Hipótesis estadísticas

- Ho: Ningún tipo de riego aplicado influye significativamente en la productividad vegetativa del maíz ($p\text{-valor} > 0.05$).
- Hi: Al menos un tipo de riego aplicado influye significativamente en la productividad vegetativa del ($p\text{-valor} < 0.05$).

4. Resultados

4.1 Determinación del volumen de agua consumida

De acuerdo con la tabla 6, se muestran los resultados obtenidos con el sistema de riego por aspersión aplicado en el maíz forrajero hasta la etapa de desarrollo de mazorca:

Tabla 6. Datos del tipo de riego por aspersión en el maíz forrajero

Fase fenológica	FASE INICIAL		ETA. DESARRO VEGET		ETA. DESARR MAZOR	
	Días	18	12	18	17	14
Fecha de siembra	ago-14	sep-12	sep-13	oct-17	oct-18	nov-21
Eto (mm/día)	3.9	4.4	4.4	4.2	4.2	4.5
Kc	0.4	0.4	0.8	0.8	1.15	1.15
Etc (mm/día)	1.56	1.76	3.52	3.36	4.83	5.18
Volumen m3	15.6	17.6	35.2	33.6	48.3	51.75
Volumen/fas m3	280.8	211.2	633.6	571.2	676.2	1086.75
Lamina Bruta (mm/día)	2.00	2.25	4.50	4.30	6.18	6.62
Tiempo de Riego (Seg)	0.25	0.28	0.56	0.54	0.77	0.82
Tiempo de Riego (Mint)	14.91	16.82	33.63	32.10	46.15	49.45
Volumen de Agua (m3-ciclo)	359.22	270.18	810.54	730.72	865.04	1,390.24

Bonilla, 2024

En la tabla 7, se muestran los resultados obtenidos con el sistema de riego por goteo aplicado en el maíz forrajero hasta la etapa de desarrollo de mazorca:

Tabla 7. Datos del tipo de riego por goteo en el maíz forrajero

Fase fenológica	FASE INICIAL		ETA. DESARRO VEGET		ETA. DESARR MAZOR	
	Días	18	12	18	17	14
Fecha de siembra	ago-14	sep-12	sep-13	oct-17	oct-18	nov-21
Eto (mm/día)	3.9	4.4	4.4	4.2	4.2	4.5
Kc	0.4	0.4	0.8	0.8	1.15	1.15
Etc (mm/día)	1.56	1.76	3.52	3.36	4.83	5.18
Volumen m3	15.6	17.6	35.2	33.6	48.3	51.75
Volumen/fase m3	280.8	211.2	633.6	571.2	676.2	1086.75
Lamina Bruta (mm/día)	1.63	1.84	3.68	3.51	5.05	5.41
Tiempo de Riego (Seg)	0.40	0.45	0.89	0.85	1.23	1.32
Tiempo de Riego (Mint)	23.79	26.84	53.68	51.24	73.66	78.92
Volumen de Agua (m3-ciclo)	293.42	220.69	662.07	596.87	706.58	1,135.58

Bonilla, 2024

Con los resultados de las tablas anteriores, se puede observar en la siguiente Figura, su lámina bruta para cada sistema de riego experimentado en la zona:

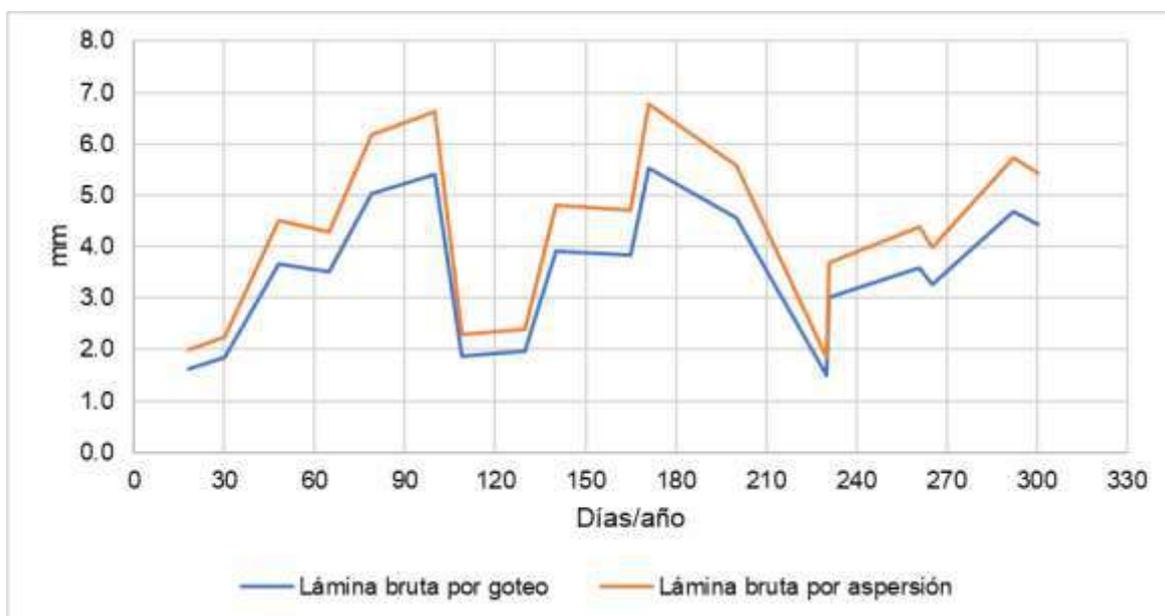


Figura 1. Lámina bruta (mm/día) del cultivo del maíz forrajero
 Datos generales de la sección Anexos en las Tabla 14 y 15 para proyección anual
 Bonilla, 2024

En la Tabla 8, se registraron el agua consumida por cada etapa fenológica en sus respectivos días, el cual se refleja:

Tabla 8. Volumen de agua consumida (m³)

Etapas fenológicas	Días	Riego por aspersión	Riego por goteo
Fase inicial	18	359.22	293.42
	30	270.18	220.69
Etapa desarrollo vegetativo	48	810.54	662.07
	65	730.72	596.87
Etapa desarrollo mazorca	79	865.04	706.58
	100	1390.24	1135.58

Bonilla, 2024

Como se muestra en la tabla de volumen de agua consumida en sus diferentes etapas de crecimiento fenológico, en fase inicial para riego por goteo a los 18 días es de 293 m³ y riego aspersión es de 359 m³; el desarrollo vegetativo a los 65 días en riego por goteo fue de 730.7 m³ y riego por aspersión 597 m³; mientras que en el periodo de cosecha a partir del día 100, para el riego por goteo 1136 m³ y riego

por aspersión 1 390 m³; Por tanto, el riego por goteo ahorra en 18% del consumo de agua al utilizarse el riego por goteo.

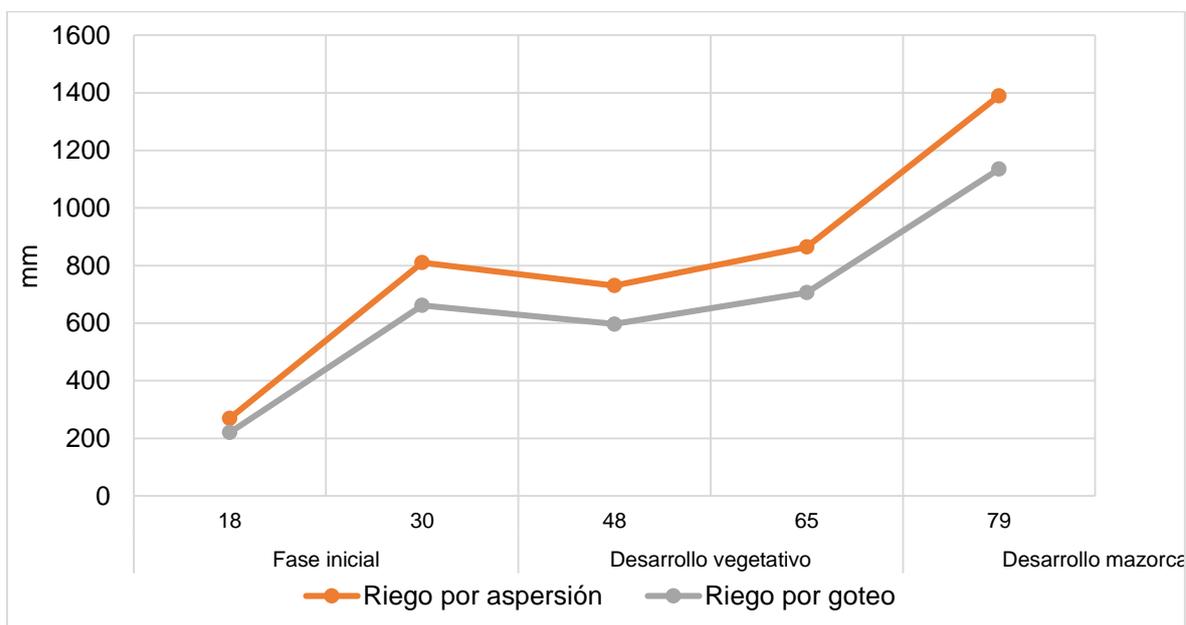


Figura 2. Volumen del agua consumida por tipo de riego
Bonilla, 2024

4.2 Desarrollo fisiológico del cultivo de maíz forrajero

4.2.1 Altura de planta (cm).

Como se observa en la Tabla 9 a continuación en las variables evaluadas, existe diferencia cuando se aplica diferentes tratamientos en la altura de la planta a medida que pasa el tiempo (p -valor <0.05); mismos resultados presenta la longitud de la hoja en su proceso de crecimiento vegetativo (Anexos: Tabla 11).

Tabla 9. Altura y longitud de hoja de la planta de maíz

Variable	Tratamiento		p-valor	Sign.
	T1: Goteo	T2: Aspersión		
Altura de planta 15 días (m)	0.45	0.42	0.0042	Existe diferencia
Altura de planta 30 días (m)	0.97	0.91	0.0002	Existe diferencia
Altura de planta 45 días (m)	1.31	1.25	<0.0001	Existe diferencia
Altura de planta 60 días (m)	2.09	1.96	<0.0001	Existe diferencia
Altura de planta 75 días (m)	3.18	3.12	0.0158	Existe diferencia
Altura de planta 90 días (m)	3.35	3.25	0.0003	Existe diferencia
Longitud de hoja 15 días (m)	0.55	0.49	0.0001	Existe diferencia

Longitud de hoja 30 días (m)	0.74	0.68	0.0038	Existe diferencia
Longitud de hoja 45 días (m)	0.84	0.79	0.0098	Existe diferencia
Longitud de hoja 60 días (m)	0.95	0.87	0.0001	Existe diferencia
Longitud de hoja 75 días (m)	1.00	0.93	0.0003	Existe diferencia
Longitud de hoja 90 días (m)	1.22	1.09	0.0001	Existe diferencia

Bonilla, 2024

Como se observa en el siguiente gráfico en la altura de la planta de maíz forrajero, su crecimiento máximo lo obtención el riego por goteo en cada día examinado.

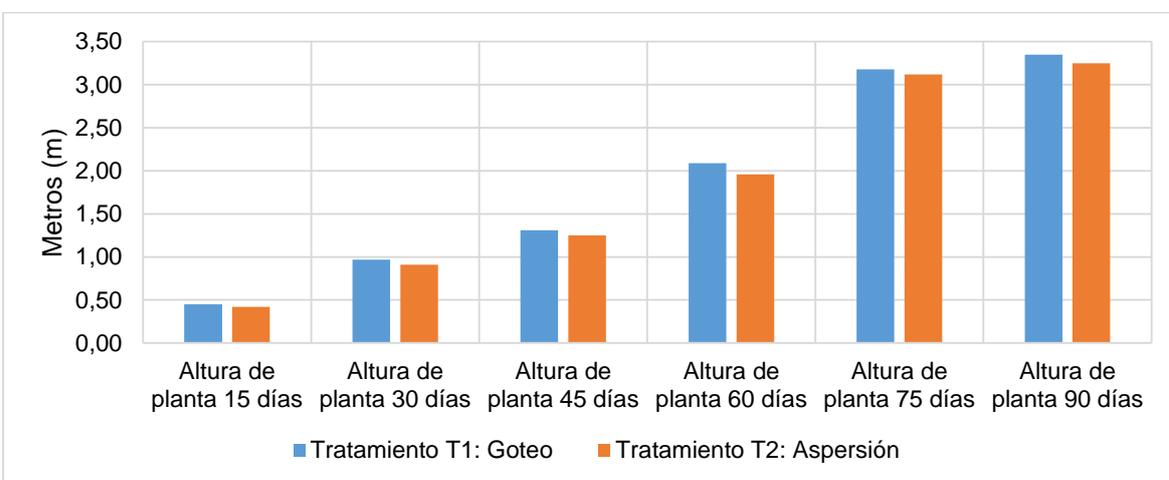


Figura 3. Histograma de la altura (m) de la planta Bonilla, 2024

A continuación, se observa el crecimiento máximo de la hoja en los días examinado, donde el riego por goteo obtiene mejores resultados:

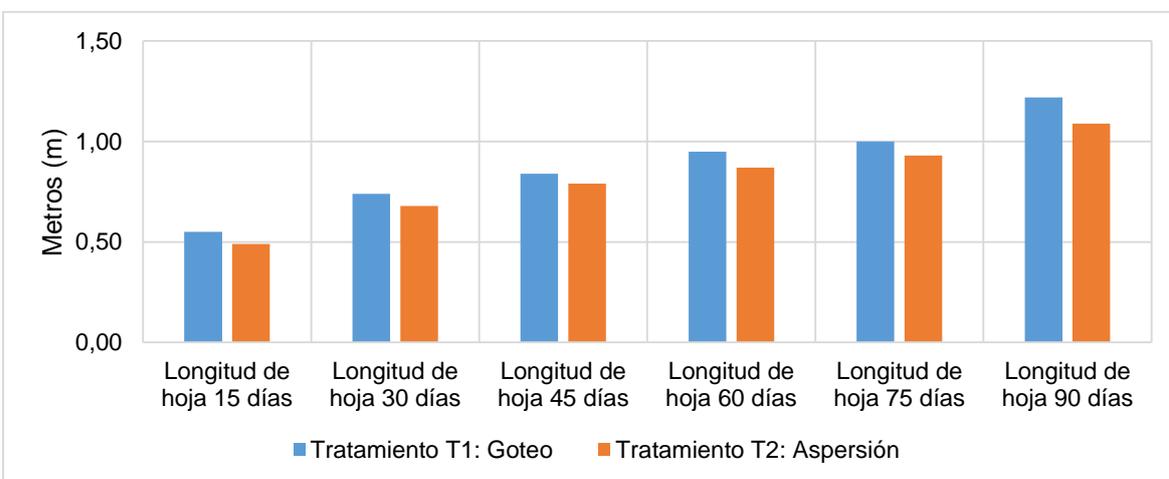


Figura 4. Histograma de la longitud (m) de la hoja Bonilla, 2024

4.2.2 Biomasa (%).

Como se observa en la siguiente tabla, el tratamiento con mejor productividad es el sistema de goteo alcanzando el 98%; mientras que el tratamiento realizado por aspersión alcanzó el 94%. De la misma manera se observa en los análisis de laboratorio realizados (Anexos: Figura 30).

Tabla 10. Biomasa vegetativa en fresco (%)

	Gramos frescos	Porcentaje (%)
Tratamiento Goteo	890.1	98
Tratamiento Aspersión	854.1	94

Bonilla, 2024

4.3 Comparación de los rendimientos bajo los dos métodos de riego

4.3.1 Rendimiento de forraje fresco (kg).

Obtenido los datos de la tabla anterior y realizando la regla de tres, se puede corroborar que, la funda para su empaque debe pesar 40 kg; cuyo rendimiento alcanzan:

Tabla 11. Rendimiento (kg/ha)

	kg/ha	fundas (40k)
Tratamiento Goteo	35604.0	890
Tratamiento Aspersión	34164.0	854

Bonilla, 2024

4.3.2 Análisis de costo

A continuación, se muestra la rentabilidad del cultivo por cada sistema de riego en estudio, donde se observa el rendimiento por cada riego aplicado, y un valor de venta \$2 USD por la funda de 40 kg, se expresa mayor venta con el riego por goteo con \$ 1 780.20 USD diferente del riego por aspersión \$ 1 708.20 USD; cuyo costo de producción es diferente de cada uso del riego (Anexos: Tabla 16 y 17).

Tabla 12. Rentabilidad del experimento

Sistema	Goteo	Aspersión
Rendimiento del experimento (funda*)	890.10	854.10
Precio de Venta \$/Kg	2.00	2.00
Ingresos \$	1780.20	1708.20
Costo de producción	1093.71	1263.80
Beneficio	686.49	444.40
Relación B-C	0.63	0.35

Bonilla, 2024

De este modo, se muestra una utilidad económica (beneficio) mayor con el riego por goteo de \$ 686.49 USD/ha y en el riego por aspersión de \$ 444.40 USD/ha; cuya rentabilidad (B/C) en ambos sistemas de riego el valor económico es diferente; sobresaliendo el riego por goteo con \$0.63 por cada dólar invertido (Figura 5).

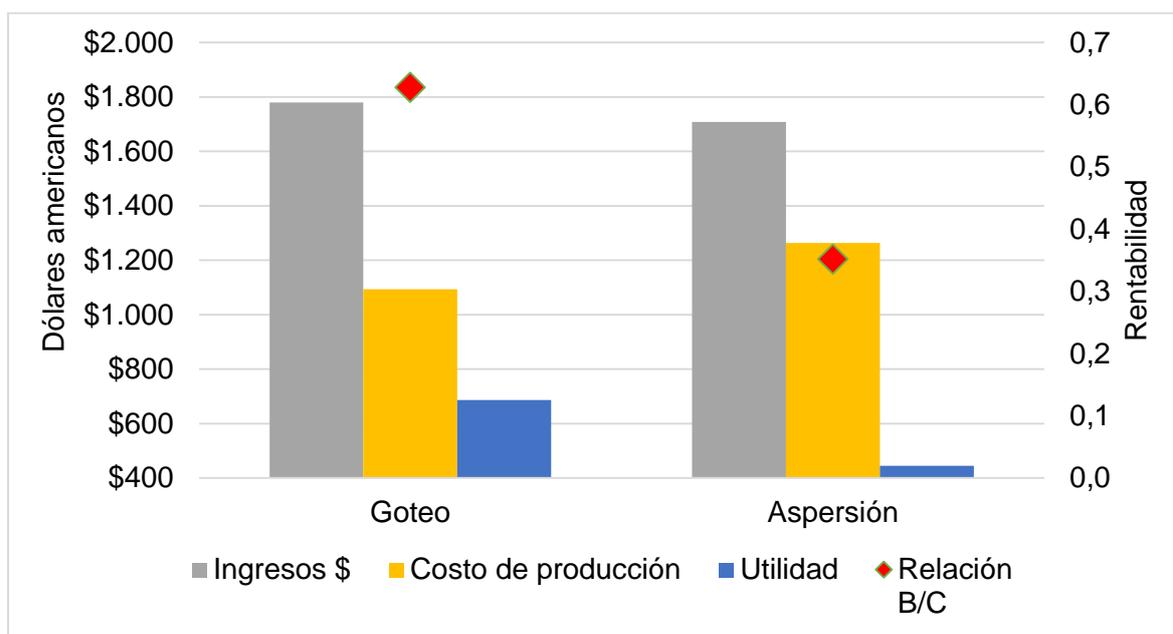


Figura 5. Histograma del análisis de costo
Bonilla, 2024

Realizando el estudio respectivo, se puede estimar los siguientes ingresos que se obtendría en un periodo de 5 años, del mismo modo, se estima la tasa de retorno de inversión (TIR) y el valor actual neto (VAN) quien determina la sensibilidad del

proyecto de inversión, observando las ventas, costos de producción y gastos operativos, herramientas que se puede inducir a una toma de decisión de inversión.

Para el caso del sistema de riego por goteo, al presentar una reducción en el tiempo de operación de la maquinaria y ahorro en combustible o energía; establecer una fertirrigación directa, aprovechando la mano de obra que poco es utilizada en control fitosanitario de la zona, además cabe mencionar que el sistema de riego por goteo es estimado para 8 años tiempo estimado de renovación (Anexos: Tabla 26).

Tabla 13. VAN y TIR del riego por goteo

Año	Flujo de ingreso	Flujo de egreso	Valor
0			-\$ 22,053.20
1	\$ 21,362.40	\$ 13,505.31	\$ 7,857.09
2	\$ 26,318.48	\$ 14,169.77	\$ 12,148.70
3	\$ 29,476.69	\$ 14,938.79	\$ 14,537.90
4	\$ 34,664.59	\$ 15,822.83	\$ 18,841.76
5	\$ 42,706.78	\$ 16,833.39	\$ 25,873.39
Tasa	0.10		VAN \$34,986.91
Patrimonio	\$ 22,053.20		TIR 50%

Bonilla, 2024

Por ello, en el sistema de riego por goteo con una estimación de una tasa del 0.10 y un patrimonio de \$22 053,20 USD a inicios del proyecto, se estima un VAN de \$ 34 986.91 USD y TIR de 50% siendo viable su ejecución.

Para el caso del sistema de riego por aspersión, adecuado riego cuando la población de plantas por unidad de superficie es alta, presenta mayor versatilidad en el riego, menos obstáculos en el terreno y facilidad de labores de campo, y uniformidad en el riego; aunque la distribución hídrica es mayor que el riego por goteo, y en ocasiones provoca aparición de hongos por la humedad inducida en zona foliar y tallo; además cabe mencionar que el sistema de riego por aspersión

es estimado para 5 años, máximo tiempo estimado de renovación por la exposición al ambiente (Anexos: Tabla 29).

Tabla 14. VAN y TIR del riego por aspersión

Año	Flujo de ingreso	Flujo de egreso	Valor
0			-\$ 22,918.30
1	\$ 20,498.40	\$ 15,272.29	\$ 5,226.11
2	\$ 25,254.03	\$ 15,456.72	\$ 9,797.31
3	\$ 28,284.51	\$ 15,749.11	\$ 12,535.40
4	\$ 33,262.59	\$ 16,160.26	\$ 17,102.33
5	\$ 40,979.51	\$ 16,702.04	\$ 24,277.46
Tasa	0.1		VAN \$26,103.20
Patrimonio	\$ 22,918.30		TIR 39%

Bonilla, 2024

Por ello, en el sistema de riego por aspersión con una estimación de una tasa del 0.10 y un patrimonio de \$22 918.30 USD a inicios del proyecto, se estima un VAN de \$ 26 103.20 USD y TIR de 39%, siendo viable con utilidades.

5. Discusión

Con los resultados obtenidos, se puede discutir lo siguiente:

El riego aplicado en la zona de Santa Elena donde se ha realizado desde hace 3 años; y desde el día 10, se observó que el riego por goteo muestra un ahorro (Figura 2) diferente del sistema de riego por aspersión, mostrando un mayor consumo de agua a partir del día 15 donde empieza su desarrollo vegetativo del maíz forrajero y tiene mejores optimizaciones de recursos para ambos sistemas de riego con mejores resultados (Tabla 8 y 9). Estos valores y observación, se difiere lo mencionado por Nematpour, et al (2021), quienes determinaron que la producción de maíz disminuye cuando es sembrado en el mismo sitio por el tiempo consecutivo (año a año) el cual no presente diferencias agronómicas, incluido cuando se aplica sistema de riego por goteo. Por tanto, se acepta que el riego por goteo incrementa la productividad y optimiza los recursos hídricos.

En el estudio se observó que la biomasa alcanzo 890 gramos (98%) para el sistema de riego por goteo y 854 gramos (94%) para el sistema de riego por aspersión, dentro del área útil. Valores similares de Thamer, et al. (2021), quien en su estudio observó la eficacia del sistema de riego, que menciona que, entre mayor profundidad del sistema de riego por goteo, mayor será el crecimiento de la planta y por ende, mayor biomasa.

La rentabilidad en el presente estudio, el riego por goteo fue de \$0.63 USD/ha y el riego por aspersión fue de \$0.35 USD/ha para la zona de Santa Elena; estos resultados coinciden con los expuesto por Villares (2020), donde observo de maíz de alto rendimiento mostraron valores entre \$1,06 a \$1,30 USD/ha para esta zona, además no observó diferencias fisiológicas en los diferentes híbridos sembrados.

La eficiencia en el uso del agua es criterio importante considerado para determinar el programa de riego apropiado sobre riego limitado, en el presente experimento no presentó precipitaciones durante la época de crecimiento del maíz, observándose que los valores de mayor consumo de agua lo obtuvieron con riego por aspersión, donde los valores de materia seca (biomasa) se vieron reflejados con superioridad ($p < 0.05$) con la aplicación del riego por goteo con el 98%, resultados que indican que el riego frecuente aumenta la productividad del agua en el maíz forrajero. Por tanto, se acepta los efectos y resultado similares que obtuvo Tari (2022) en su estudio en el maíz forrajero y sus diferentes intervalos y niveles de irrigación con método de riego por goteo en zonas áridas, registrando un aumento en la forma de aplicación del riego y cantidad de agua disponible (55% si se reduce la cantidad de agua suministrada) que se proporciona a suelos semiáridos como es la zona costera de Santa Elena. Reflejando así que, al menos el método de riego por goteo incrementa la productividad del maíz forrajero.

Como se observó en la aplicación en la zona de Santa Elena, se optimiza el riego por goteo alcanzando los 1 135 m³. Diferente observación realizada en la zona de Quevedo-El Empalme por (Chugchilan, 2022) en su estudio obtuvo el uso del agua diferente en 2 días (1 816 mm/ha), 4 días (1 767 mm/ha), T3 (1 731 mm/ha). Por tanto, el método de riego por goteo en la zona estudiada, se ha realizado un eficaz uso del recurso hídrico disponible.

6. Conclusiones

Una vez analizado los resultados, se concluye lo siguiente:

El agua consumida en la fase inicial (18 días) es de 16.30 m³ para riego por goteo y 19.96 m³ para riego por aspersión, llegando así a la cosecha (100 días) con un consumo de volumen de agua de 1 135.58 m³ para riego por goteo y 1 390.24 m³ para riego por aspersión.

Con la aplicación del riego por goteo, se observa diferencia significativa en la planta de maíz, mostrándose mejores desarrollos fisiológicos en el crecimiento de la planta (longitud – ancho de hoja) contribuyendo al peso de la materia seca (98%) para la alimentación animal.

La mejor relación beneficio-costos fue con el uso de riego por goteo \$0.63 USD por hectárea, diferente del riego por aspersión que alcanzo \$0.35 USD.

7. Recomendaciones

Una vez concluido, se puede aconsejar lo siguiente:

Aplicar al cultivo de maíz forrajero 16 m³/día cuando se implemente el sistema de riego por goteo, y 20 m³/día para sistema de riego por aspersión, para optimizar el recurso hídrico en un 18%.

Recomendar el uso del riego por goteo ya que presenta mejores rendimientos en comparación al riego por aspersión en la zona de Santa Elena, ya que contribuye a la optimización de recursos hídricos para la zona.

Sembrar maíz forrajero como alternativa a los escasos de alimentos para animales por la falta de lluvia en la zona productora ganadera por su demanda en la actualidad, donde la relación costo/beneficio permite al productor ganadero adquirir el maíz forrajero.

Referenciar el presente archivo a futuras generaciones en otros estudios de riego por goteo y/o aspersión en diferentes especies vegetativas como el maíz.

8. Bibliografía

- Acharya, R., Hwang, H. S., Mostafiz, M. M., Yu, Y. S., y Lee, K. Y. (2020). Susceptibility of Various Developmental Stages of the Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*, to Entomopathogenic Nematodes. *Journals Insects*, 11(12), 868. <https://doi.org/10.3390/INSECTS11120868>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. *Registro Oficial*, 449. https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2015). Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. *Registro Oficial Suplemento*, 483. <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Reglamento-a-la-LORHUyA.pdf>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017a). Código Orgánico del Ambiente. *Registro Oficial Suplemento*, 983. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017b). Ley Orgánica de Orgánica Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable. *Registro Oficial Suplemento*, 10. <https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/private/asambleanacional/filesasambleanacionalnameuid-29/Leyes%202013-2017/233-agrobiodiversidad-pdelacruz-20-03-2012/ro-agrobiodiversidad-semillas-ro-10-supl-08-06-2017.pdf>
- Banadkooki, F. B., Xiao, Y., Malekinezhad, H., y Hosseini, M. M. (2022). Optimal allocation of regional water resources in an arid basin: insights from Integrated

- Water Resources Management. *AQUA - Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 71(8), 910–925. <https://doi.org/10.2166/AQUA.2022.029>
- Barcos, A. (2022). *Estudio sobre el comportamiento y uso de la semilla de maíz en las principales zonas de producción de la provincia de Santa Elena (Tesis de pregrado)* [Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/7542>
- Barrera, A., Sánchez, A., Medina, M., García, A., y Espinoza, I. (2023). Elaboración de Ensilaje de Maíz Forrajero (*Zea Mays*) y Residuos de Banano Verde (*Musa Paradisiaca*) para Ovinos Tropicales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 2817–2828. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.7921
- Bashir, A. U., Muhammed, G., y Umaru, A. B. (2022). A comparative economic analysis of furrow, sprinkler and drip irrigation methods for maize (*Zea mays* L.) production in Maiduguri semi-arid region of Borno State, Nigeria. *Nigerian Journal of Engineering Science and Technology Research*, 8(2), 134–141. https://njestr.com.ng/article.php?_open&_eid=NJE-640536
- Bejar, S. J., Cantú, I., Yáñez, M. I., y Luna, E. O. (2020). Curvas de retención de humedad y modelos de pedotransferencia en un Andosol bajo distintos usos de suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(59). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i59.666>
- Beniaich, A., Otten, W., Shin, H.-C., Cooper, H. V., Rickson, J., Soulimani, A., y El Gharous, M. (2023). Evaluation of pedotransfer functions to estimate some of soil hydraulic characteristics in North Africa: A case study from Morocco. *Frontiers in Environmental Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1090688>

- Brown, O., Hernández, A., Guerra, G., Melo, B., Beltran, Y., y Carmenates, D. (2024). Rendimiento energetico general en el sistema de riego por surco. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 33(1), 1–6. http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v33n1/es_2071-0054-rcta-33-01-e02.pdf
- Campuzano, M. (2019). *Evaluación del comportamiento agronómico de dos híbridos experimentales promisorio de maíz en tres localidades del litoral ecuatoriano y una en los valles sub tropicales de la provincia de Loja (Tesis de pregrado)* [Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6733>
- Cevallos, F. S. (2022). Efectos de varios distanciamientos e híbridos sobre el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en el cantón Tosagua. *Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López*, 1–56. <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1956>
- Chugchilan, L. M. (2022). *Efecto de la frecuencia de riego por goteo en la producción del cultivo de maíz (Zea mays L.)* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6889>
- Corporación Financiera Nacional CFN. (2021). *Ficha sectorial: Cultivo de maíz* [Subgerencia de análisis de productos y servicios]. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-2-trimestre/Ficha-Sectorial-Maiz.pdf>
- Delgado, J., Floyd, B., Brandt, A., y D'Ádamo. (2022). Use of Narrow Rows in Sprinkler-Irrigated Corn Systems to Increase Grain Yields, Aboveground Biomass, and Water and Nitrogen Use Efficiencies. *Journal Agronomy*, 12(1), 82. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010082>

- ESPAC-INEC. (2022). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuarias Continua*. Estadísticas Agropecuarias. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Espinosa, F. . E. (2023). Evaluación de la calidad nutricional del ensilaje de panca de maíz con diferentes aditivos en la provincia de Santa Elena. *Universidad Estatal Península de Santa Elena*. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9745>
- FAO. (2023). Estudio FAO de riego y drenaje 56: Evapotranspiración del cultivo. FAO. <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
- Gutiérrez, U. N., Ríos, M. E., Núñez, G., Esquivel, A., Vázquez, J. M., y Anaya, A. (2022). Producción de maíz forrajero con dos sistemas de riego y tres niveles de la evaporación aplicada. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 28(28), 263–273. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3281>
- Haarhoff, S., y Swanepoel, P. (2020). Narrow rows and high maize plant population improve water use and grain yield under conservation agriculture. *Agronomy Journal*, 112, 921–931.
- Hayashi, R. M., y Dogliotti, S. (2021). Deficit irrigation in soybeans, the effect on grain yield and water productivity in temperate climates. *Agrociencia Uruguay*, 25(2). <https://doi.org/10.31285/AGRO.25.500>
- Herrera, G., Alvarado, J., Gordillo, P., Veintimilla, L., Merchan, B., Carrión-Mero, P., y Berrezueta, E. (2021). Communication methods on water care during the covid-19 pandemic and its impact on the resilience of the rural community of “Libertador Bolívar”, Ecuador. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 250(10), 109–118. <https://doi.org/10.2495/WRM210101>

- Hervé, P., Muñoz, R., Glucevic, C., Bahamonde, L., y Radic, S. (2023). Influence of Rangeland Land Cover on Infiltration Rates, Field-Saturated Hydraulic Conductivity, and Soil Water Repellency in Southern Patagonia. *Rangeland Ecology y Management*, 90, 92–100. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2023.06.004>
- Hmaied, A., Podwojewski, P., Gharnouki, I., Chaabane, H., y Hammecker, C. (2024). Evaluation of Soil Hydraulic Properties in Northern and Central Tunisian Soils for Improvement of Hydrological Modelling. *MDPI: Land*, 13(3), 385. <https://doi.org/10.3390/land13030385>
- Lema Mancero, C. R. (2022). *Eficiencia de aplicación de tres métodos de riego en el cultivo de maíz (Zea mays L.) variedad INIAP-101 (Tesis de pregrado)* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16550>
- Leython, J. M. (2021). Sistemas automatizados de riego en el cultivo de maíz en fincas agrícolas. *LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, 19, 1–11. https://www.laccei.org/LACCEI2021-VirtualEdition/full_papers/FP20.pdf
- Marmolejo, A. F. (2023). Uso de maíz forrajero hidropónico en la alimentación del ganado vacuno en Ecuador. *Universidad Técnica de Babahoyo*. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/15269>
- Mero, R. E. (2021). *Demanda hídrica de los cultivos agrícolas de la península de Santa Elena (Tesis de pregrado)* [Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6514>
- Mesta, M., Reyes, A., y Yescas, A. (2021). Niveles de Evapotranspiración sobre el potencial hídrico, temperatura y rendimiento en maíz forrajero en riego por

- goteo. *Revista Tecnológica CEA*, 15, 558–565.
<https://www.revistatecnologicacea.mx/revistas/revista15.pdf#page=558>
- Montenegro, A. A. de A., Silva, V. de P. e, Lima, J. L. M. P. de, Silva, J. R. L. da, y Abrantes, J. R. C. de B. (2023). Estimation of topsoil moisture and hydraulic conductivity using infrared thermography in the Brazilian semiarid. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 28. <https://doi.org/10.1590/s1413-415220220205>
- NCBI. (2023). *Lifemap ncbi*. National Center for Biotechnology Information. <https://lifemap-ncbi.univ-lyon1.fr/>
- Nematpour, A., Eshghizadeh, H., y Zahedi, M. (2021). Comparing the corn, millet and sorghum as silage crops under different irrigation regime and nitrogen fertilizer levels. *OSCOPIUS - International Journal of Plant Production*, 15, 351–361.
- Paye, W., Ghimire, R., Acharya, P., Nilahyane, A., Mesbah, A., y Marsalis, M. (2022). Cover crop water use and corn silage production in -semi-arid irrigated conditions. *Agricultural Water Management*, 260(107275).
- Pertierra, R., Balmaseda, C., y Villacrés, J. (2020). *Factibilidad técnica y económica de la suplementación del ganado caprino con Zea mays L. hidropónico en Santa Elena, Ecuador*. Scielo - Paros y Forrajes 43(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942020000400326&script=sci_arttext&tIng=en
- Priyan, K. (2021). Issues and Challenges of Groundwater and Surface Water Management in Semi-Arid Regions. *Groundwater Resources Development and Planning in the Semi-Arid Region*, 1–17. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68124-1_1/COVER

- Rodríguez, F. A., Sierra, M., Espinosa, A., Vázquez, M. V., Barrón, S., Andrés, P., y Del Rosario, J. L. (2021). Productividad de forraje en maíces híbridos bajo diferentes densidades de población y dosis de fertilización. *Revista Terra Latinoamericana*, 39(e676). <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.676>
- Saltos, J. C. (2021). *Evaluación del nemátodo entomopatógeno (Heterorhabditis bacteriophora) para el manejo de Spodoptera frugiperda en el cultivo de maíz (Tesis de pregrado)* [Universidad Agraria del Ecuador]. <http://181.198.35.98/Archivos/SALTOS%20REA%20JUAN%20CARLOS.pdf>
- Tapia, C. S., Román, D. A., Guilcapi, E. D., González, K. M., y Granja, D. F. (2023). Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador. *Dominio de Las Ciencias*, 9(1), 1249–1272. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3254>
- Tari, A. F. (2022). The impact of different irrigation intervals and levels on yield and quality of drip-irrigated corn silage (*Zea mays* L.) under arid climate. *Applied Ecology and Environmental Research*, 20(5), 4173–4191. https://doi.org/10.15666/aeer/2005_41734191
- Thamer, T. Y., Nassif, N., y Almaeini, A. H. (2021). The productivity of Maize (*Zea mays* L.) Water using efficacy and Consumptive use under different Irrigation systems. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 9(1), 90–103. <https://doi.org/10.21533/PEN.V9I1.1771>
- Trenz, J., Memic, E., Batchelor, W. D., y Graeff, S. (2024). Generic optimization approach of soil hydraulic parameters for site-specific model applications. *Precision Agriculture*, 25(2), 654–680. <https://doi.org/10.1007/s11119-023-10087-9>

Velásquez, J. (2021). Maíz forrajero INIAP- 180, fuente excepcional para ensilado e importante alternativa alimenticia para ganado lechero. *INIAP*, 38, 23. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5805>

Villares Jessica Y. (2020). *Adaptabilidad de nuevos híbridos de maíz (Zea mays L) de alto rendimiento en zonas maiceras del Ecuador*. Universidad Agraria del Ecuador.

Zhao, J., Marek, T., Liu, K., Harrison, M., y Xue, Q. (2022). Rought tolerant maize hybrids have higher yields and lower water use under drought conditions at a regional scale. *OSCOPUS - Agricultural Water Management*, 274, 107978.

9. Anexos

Tabla 15. Datos del riego por goteo en estudio

Fase fenológica	FASE INICIAL		ETA. DESARRO VEGET		ETA. DESARR MAZOR	
Días	18	12	18	17	14	21
Fecha	ago-14	sep-12	sep-13	oct-17	oct-18	nov-21
Eto (mm/día)	3.9	4.4	4.4	4.2	4.2	4.5
Kc	0.4	0.4	0.8	0.8	1.15	1.15
Etc (mm/día)	1.56	1.76	3.52	3.36	4.83	5.175
Volumen m3	15.6	17.6	35.2	33.6	48.3	51.75
Volumen/fase m3	280.8	211.2	633.6	571.2	676.2	1086.75
Lamina Bruta (mm/día)	1.63	1.84	3.68	3.51	5.05	5.41
Tiempo de Riego (Seg)	0.40	0.45	0.89	0.85	1.23	1.32
Tiempo de Riego (Mint)	23.79	26.84	53.68	51.24	73.66	78.92
Volumen de Agua (m3)	293.42	220.69	662.07	596.87	706.58	1135.58
Días	9	21	10	25	6	29
Fecha	nov-22	dic-21	dic-22	ene-25	ene-26	feb-29
Eto (mm/día)	4.5	4.7	4.7	4.6	4.6	3.8
Kc	0.4	0.4	0.8	0.8	1.15	1.15
Etc (mm/día)	1.8	1.88	3.76	3.68	5.29	4.37
Volumen m3	18	18.8	37.6	36.8	52.9	43.7
Volumen/fase m3	162	394.8	376	920	317.4	1267.3
Lamina Bruta (mm/día)	1.88	1.96	3.93	3.85	5.53	4.57
Tiempo de Riego (Seg)	0.46	0.48	0.96	0.94	1.34	1.11
Tiempo de Riego (Mint)	27.45	28.67	57.34	56.12	80.67	66.64
Volumen de Agua (m3)	169.28	412.54	392.89	961.34	331.66	1324.24
Días	30	1	30	4	27	8
Fecha	mar-01	mar-31	abr-30	may-04	may-05	jun-08
Eto (mm/día)	3.6	3.6	4.3	3.9	3.9	3.7
Kc	0.4	0.8	0.8	0.8	1.15	1.15
Etc (mm/día)	1.44	2.88	3.44	3.12	4.485	4.255
Volumen m3	14.4	28.8	34.4	31.2	44.85	42.55
Volumen/fase m3	432	28.8	1032	124.8	1210.95	340.4
Lamina Bruta (mm/día)	1.50	3.01	3.59	3.26	4.69	4.45
Tiempo de Riego (Seg)	0.37	0.73	0.87	0.79	1.14	1.08
Tiempo de Riego (Mint)	21.96	43.92	52.46	47.58	68.40	64.89
Volumen de Agua (m3)	451.41	30.09	1078.37	130.41	1265.36	355.69

Bonilla, 2024

Tabla 16. Datos del riego por aspersión en estudio

Fase fenológica	FASE INICIAL		ETA. DESARRO VEGET		ETA. DESARR MAZOR	
Dias	ago-14	sep-12	sep-13	oct-17	oct-18	nov-21
Fecha	41852	41153	41518	43009	43374	44501
Eto (mm/dia)	3.9	4.4	4.4	4.2	4.2	4.5
Kc	0.4	0.4	0.8	0.8	1.15	1.15
Etc (mm/dia)	1.56	1.76	3.52	3.36	4.83	5.175
Volumen m3	15.6	17.6	35.2	33.6	48.3	51.75
Volumen/fase m3	280.8	211.2	633.6	571.2	676.2	1086.75
Lamina Bruta (mm/dia)	2.00	2.25	4.50	4.30	6.18	6.62
Tiempo de Riego (Seg)	0.25	0.28	0.56	0.54	0.77	0.82
Tiempo de Riego (Mint)	14.91	16.82	33.63	32.10	46.15	49.45
Volumen de Agua (m3)	359.22	270.18	810.54	730.72	865.04	1390.24
Dias	9	21	10	25	6	29
Fecha	nov-22	dic-21	dic-22	ene-25	ene-26	feb-29
Eto (mm/dia)	4.5	4.7	4.7	4.6	4.6	3.8
Kc	0.4	0.4	0.8	0.8	1.15	1.15
Etc (mm/dia)	1.8	1.88	3.76	3.68	5.29	4.37
Volumen m3	18	18.8	37.6	36.8	52.9	43.7
Volumen/fase m3	162	394.8	376	920	317.4	1267.3
Lamina Bruta (mm/dia)	2.30	2.41	4.81	4.71	6.77	5.59
Tiempo de Riego (Seg)	0.29	0.30	0.60	0.59	0.84	0.70
Tiempo de Riego (Mint)	17.20	17.96	35.93	35.16	50.54	41.75
Volumen de Agua (m3)	207.24	505.05	481.00	1176.92	406.04	1621.21
Dias	30	1	30	4	27	8
Fecha	mar-01	mar-31	abr-30	may-04	may-05	jun-08
Eto (mm/dia)	3.6	3.6	4.3	3.9	3.9	3.7
Kc	0.4	0.8	0.8	0.8	1.15	1.15
Etc (mm/dia)	1.44	2.88	3.44	3.12	4.485	4.255
Volumen m3	14.4	28.8	34.4	31.2	44.85	42.55
Volumen/fase m3	432	28.8	1032	124.8	1210.95	340.4
Lamina Bruta (mm/dia)	1.84	3.68	4.40	3.99	5.74	5.44
Tiempo de Riego (Seg)	0.23	0.46	0.55	0.50	0.71	0.68
Tiempo de Riego (Mint)	13.76	27.52	32.87	29.81	42.85	40.66
Volumen de Agua (m3)	552.64	36.84	1320.20	159.65	1549.12	435.46

Bonilla, 2024

Tabla 17. Datos fisiológico altura de planta con riego por goteo

Tratamiento	Alt15D	Alt30D	Alt45D	Alt60D	Alt75D	Alt90D
T1Goteo	0.45	0.97	1.30	2.10	3.10	3.30
T1Goteo	0.45	0.97	1.27	2.20	3.34	3.54
T1Goteo	0.50	0.90	1.25	2.05	3.12	3.31
T1Goteo	0.38	1.00	1.35	2.00	3.04	3.22
T1Goteo	0.42	1.02	1.37	2.23	3.39	3.59
T1Goteo	0.47	1.03	1.35	2.00	3.14	3.33
T1Goteo	0.46	0.97	1.36	2.21	3.30	3.50
T1Goteo	0.48	0.95	1.27	2.11	3.12	3.31
T1Goteo	0.45	0.96	1.26	2.04	3.20	3.39
T1Goteo	0.42	0.95	1.29	1.91	3.00	3.18
T1Goteo	0.48	0.97	1.26	2.09	3.08	3.25
T1Goteo	0.45	0.95	1.24	2.14	3.25	3.45
T1Goteo	0.45	1.00	1.30	2.10	3.19	3.37
T1Goteo	0.35	0.90	1.27	2.15	3.10	3.30
T1Goteo	0.48	1.02	1.25	2.16	3.34	3.54
T1Goteo	0.42	1.03	1.35	2.16	3.12	3.31
T1Goteo	0.47	0.97	1.37	2.03	3.04	3.22
T1Goteo	0.46	0.95	1.35	2.20	3.39	3.59
T1Goteo	0.49	0.97	1.30	2.01	3.14	3.33
T1Goteo	0.45	0.97	1.27	2.10	3.30	3.50
T1Goteo	0.42	0.90	1.25	2.09	3.12	3.31
T1Goteo	0.43	1.00	1.35	1.91	3.20	3.39
T1Goteo	0.46	0.92	1.37	2.09	3.00	3.18
T1Goteo	0.48	1.03	1.35	2.14	3.08	3.25
T1Goteo	0.43	0.97	1.36	2.00	3.25	3.45
T1Goteo	0.42	1.00	1.27	2.13	3.19	3.37
T1Goteo	0.43	0.97	1.26	2.00	3.27	3.31
T1Goteo	0.45	0.97	1.29	2.01	3.18	3.39
T1Goteo	0.45	1.00	1.35	2.16	3.17	3.18
T1Goteo	0.45	1.00	1.36	2.19	3.09	3.25

Tabla 18. Datos fisiológico longitud de hoja con riego por goteo

Tratamiento	Lon15D	Lon30D	Lon45d	Lon60D	Lon75D	Lon90D
T1Goteo	0.50	0.70	0.80	0.95	1.00	1.20
T1Goteo	0.47	0.60	0.70	0.80	0.90	1.08
T1Goteo	0.56	0.70	0.80	0.85	0.95	1.14
T1Goteo	0.60	0.80	0.90	1.00	1.10	1.32
T1Goteo	0.60	0.80	0.90	1.00	1.10	1.30
T1Goteo	0.70	0.80	0.90	1.00	1.05	1.25
T1Goteo	0.60	0.80	0.90	1.00	1.07	1.30
T1Goteo	0.55	0.70	0.80	0.95	1.00	1.20
T1Goteo	0.54	0.80	0.90	1.05	1.10	1.30
T1Goteo	0.53	0.70	0.80	0.95	1.01	1.20
T1Goteo	0.57	0.80	0.90	1.00	1.05	1.25
T1Goteo	0.60	0.85	0.90	1.00	1.00	1.20
T1Goteo	0.50	0.70	0.80	0.95	1.00	1.20
T1Goteo	0.50	0.70	0.80	0.95	1.00	1.20
T1Goteo	0.47	0.65	0.75	0.90	0.95	1.15
T1Goteo	0.40	0.56	0.65	0.80	0.90	1.80
T1Goteo	0.70	0.80	0.90	1.00	1.05	1.25
T1Goteo	0.60	0.80	0.90	1.00	1.06	1.25
T1Goteo	0.55	0.80	0.90	1.00	1.06	1.30
T1Goteo	0.54	0.80	0.92	1.00	1.07	1.30
T1Goteo	0.53	0.80	0.92	0.90	0.95	1.15
T1Goteo	0.57	0.70	0.81	0.95	1.00	1.20
T1Goteo	0.60	0.80	0.92	0.90	0.95	1.10
T1Goteo	0.50	0.70	0.81	0.90	0.95	1.10
T1Goteo	0.50	0.80	0.92	1.00	1.05	1.20
T1Goteo	0.47	0.85	0.98	0.97	1.02	1.20
T1Goteo	0.70	0.70	0.80	0.95	1.00	1.20
T1Goteo	0.60	0.70	0.80	0.95	1.00	1.20
T1Goteo	0.55	0.65	0.75	0.89	0.93	1.10
T1Goteo	0.54	0.56	0.65	0.80	0.85	1.05

Tabla 19. Datos fisiológico altura de planta con riego por aspersión

Tratamiento	Alt15D	Alt30D	Alt45D	Alt60D	Alt75D	Alt90D
T2Asper	0.35	1.02	1.27	1.91	3.08	3.23
T2Asper	0.42	0.83	1.26	2.09	3.25	3.41
T2Asper	0.46	0.87	1.29	1.84	3.09	3.24
T2Asper	0.48	0.95	1.26	2.10	3.17	3.33
T2Asper	0.40	0.97	1.24	1.88	3.08	3.23
T2Asper	0.42	0.97	1.20	1.85	3.17	3.30
T2Asper	0.43	0.80	1.27	2.00	3.09	3.20
T2Asper	0.40	0.80	1.25	2.03	3.08	3.20
T2Asper	0.48	0.87	1.35	2.00	3.15	3.30
T2Asper	0.40	0.80	1.27	2.00	3.09	3.20
T2Asper	0.42	0.95	1.20	2.03	3.07	3.20
T2Asper	0.46	0.80	1.26	2.00	3.18	3.20
T2Asper	0.40	0.87	1.27	2.01	3.17	3.30
T2Asper	0.41	0.85	1.26	1.88	3.09	3.40
T2Asper	0.46	0.97	1.29	1.89	3.08	3.20
T2Asper	0.48	0.81	1.26	1.91	3.25	3.40
T2Asper	0.40	0.88	1.35	2.09	3.09	3.20
T2Asper	0.42	0.97	1.22	1.84	3.17	3.30
T2Asper	0.43	0.90	1.27	2.10	3.08	3.30
T2Asper	0.46	1.00	1.26	1.88	3.17	3.30
T2Asper	0.39	0.82	1.29	1.85	3.09	3.20
T2Asper	0.41	0.83	1.26	2.00	3.08	3.20
T2Asper	0.42	0.97	1.24	2.03	3.15	3.30
T2Asper	0.43	0.90	1.30	2.00	3.09	3.20
T2Asper	0.45	1.00	1.27	2.01	3.07	3.20
T2Asper	0.45	0.90	1.25	1.88	3.18	3.30
T2Asper	0.35	1.02	1.23	1.89	3.17	3.30
T2Asper	0.38	1.03	1.20	1.91	3.09	3.20
T2Asper	0.39	0.97	1.10	2.09	3.01	3.15
T2Asper	0.37	0.95	1.20	1.93	3.00	3.15

Tabla 20. Datos fisiológico longitud de la hoja con riego por aspersión

Tratamiento	Lon15D	Lon30D	Lon45d	Lon60D	Lon75D	Lon90D
T2Asper	0.53	0.70	0.80	0.88	0.95	1.10
T2Asper	0.57	0.80	0.90	1.00	1.08	1.25
T2Asper	0.50	0.70	0.80	0.90	0.97	1.10
T2Asper	0.50	0.70	0.80	0.90	0.97	1.50
T2Asper	0.50	0.70	0.81	0.90	0.95	1.10
T2Asper	0.47	0.65	0.75	0.83	0.90	1.04
T2Asper	0.40	0.50	0.60	0.67	0.70	0.85
T2Asper	0.52	0.73	0.80	0.90	0.92	1.05
T2Asper	0.51	0.70	0.80	0.90	0.95	1.10
T2Asper	0.47	0.60	0.70	0.77	0.85	1.00
T2Asper	0.49	0.70	0.80	0.88	0.95	1.10
T2Asper	0.55	0.75	0.85	0.94	1.05	1.20
T2Asper	0.42	0.60	0.70	0.77	0.83	0.95
T2Asper	0.49	0.65	0.75	0.83	0.90	1.05
T2Asper	0.47	0.65	0.75	0.83	0.90	1.05
T2Asper	0.48	0.65	0.75	0.80	0.85	1.00
T2Asper	0.52	0.75	0.85	0.94	1.02	1.15
T2Asper	0.51	0.70	0.80	0.88	0.95	1.10
T2Asper	0.47	0.65	0.75	0.85	0.90	1.05
T2Asper	0.49	0.70	0.80	0.88	0.90	1.05
T2Asper	0.55	0.77	0.90	0.99	1.05	1.15
T2Asper	0.42	0.60	0.90	0.99	1.05	1.20
T2Asper	0.43	0.60	0.65	0.72	0.80	1.00
T2Asper	0.52	0.70	0.80	0.88	0.95	1.00
T2Asper	0.51	0.70	0.80	0.88	0.95	1.00
T2Asper	0.47	0.65	0.75	0.83	0.89	1.05
T2Asper	0.49	0.70	0.80	0.88	0.95	1.10
T2Asper	0.49	0.70	0.80	0.87	0.94	1.10
T2Asper	0.48	0.70	0.80	0.87	0.94	1.10
T2Asper	0.53	0.75	0.85	0.90	0.98	1.15

Tabla 21. Análisis estadístico de los datos

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media(1)	Media(2)	Media(1)- Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	p-valor	prueba
Alt15D	{T1Goteo}	{T2Asper}	0.45	0.42	0.03	0.01	0.04	1.00E-03	1.30E-03	0.5113	2.98	58	0.0042	Bilateral
Alt30D	{T1Goteo}	{T2Asper}	0.97	0.91	0.06	0.03	0.1	1.40E-03	0.01	0.0002	4.16	42	0.0002	Bilateral
Alt45D	{T1Goteo}	{T2Asper}	1.31	1.25	0.05	0.03	0.08	2.10E-03	2.20E-03	0.9299	4.44	58	<0.0001	Bilateral
Alt60D	{T1Goteo}	{T2Asper}	2.09	1.96	0.13	0.08	0.17	0.01	0.01	0.9599	5.7	58	<0.0001	Bilateral
Alt75D	{T1Goteo}	{T2Asper}	3.18	3.12	0.06	0.01	0.1	0.01	3.70E-03	0.002	2.51	46	0.0158	Bilateral
Alt90D	{T1Goteo}	{T2Asper}	3.35	3.25	0.1	0.05	0.15	0.01	0.01	0.0068	3.86	48	0.0003	Bilateral
Lon15D	{T1Goteo}	{T2Asper}	0.55	0.49	0.06	0.03	0.09	4.80E-03	1.50E-03	0.0028	4.32	46	0.0001	Bilateral
Lon30D	{T1Goteo}	{T2Asper}	0.74	0.68	0.06	0.02	0.09	0.01	3.70E-03	0.1452	3.02	58	0.0038	Bilateral
Lon45d	{T1Goteo}	{T2Asper}	0.84	0.79	0.05	0.01	0.09	0.01	4.50E-03	0.2323	2.67	58	0.0098	Bilateral
Lon60D	{T1Goteo}	{T2Asper}	0.95	0.87	0.08	0.04	0.11	4.40E-03	0.01	0.6058	4.24	58	0.0001	Bilateral
Lon75D	{T1Goteo}	{T2Asper}	1	0.93	0.07	0.03	0.11	4.00E-03	0.01	0.2427	3.83	58	0.0003	Bilateral
Lon90D	{T1Goteo}	{T2Asper}	1.22	1.09	0.14	0.07	0.2	0.02	0.01	0.3962	4.31	58	0.0001	Bilateral

Bonilla, 2024

Tabla 22. Costo de producción riego por goteo

Concepto	U. Medida	Cantidad	Precio Unitario	Costo/ Ha
Siembra	J	3	12.00	36.00
Aplicación Herbicida	J	2	12.00	24.00
Aplicación insecticida	J	2	12.00	24.00
Aplicación Fertilizante	J	2	12.00	24.00
Semilla	Kg	90	1.10	99.00
Urea	Saco	3	25.00	75.00
Abono completo	Saco	2	25.00	50.00
DAP	Saco	1	25.00	25.00
Control malezas (pre)	L	1	5.00	5.00
C. Plagas (Insect. Biol)	L	1	8.00	8.00
Arada/Rastra	Hora	3	20.00	60.00
Riego uso	Hora	30	10.00	300.00
Riego jornal	J	30	6.00	180.00
Cosecha	fundas	901	0.01	9.01
cosecha jornal	J	4	12.00	48.00
Costos Variables				967.01
Costos Administrativo Imprevistos 10%				96.70
Depreciaciones 10%				30.00
Costos Fijos				126.70
			Costo de Producción	1093.71

Bonilla, 2024

Tabla 23. Costo de producción riego por aspersión

Concepto	U. Medida	Cantidad	Precio Unitario	Costo/ Ha
Siembra	J	3	12.00	36.00
Aplicación Herbicida	J	2	12.00	24.00
Aplicación insecticida	J	2	12.00	24.00
Aplicación Fertilizante	J	2	12.00	24.00
Semilla	Kg	90	1.10	99.00
Urea	Saco	3	25.00	75.00
Abono completo	Saco	2	25.00	50.00
DAP	Saco	1	25.00	25.00
Control malezas (pre)	L	1	5.00	5.00
C. Plagas (Insect. Biol)	L	1	8.00	8.00
Arada/Rastra	Hora	3	20.00	60.00
Riego uso	Hora	45	10.00	450.00
Riego jornal	J	30	6.00	180.00
Cosecha	fundas	0	0.01	0.00
cosecha jornal	J	4	12.00	48.00
Costos Variables				1108.00
Costos Administrativo Imprevistos 10%				110.80
Depreciaciones 10%				45.00
Costos Fijos				155.80
			Costo de Producción	1263.80

Bonilla, 2024

Tabla 24. Salario

Rol/Cargo	Subtotal
Salario	230.00
Décimo tercer sueldo 1/12	19.17
Décimo cuarto sueldo SBA/12	19.17
Vacaciones 1/24	9.58
Aporte patronal 11.15%	25.65
Aporte IECE 0.50%	1.15
Aporte SECAP 0.50%	1.15
Costo Real del Trabajo	305.86
Aporte IESS 9.45%	28.90
Líquido a Pagar	276.96
N de Empleados	2
Total Mensual	553.92
Total Anual	6,646.99

Tabla 25. Estimación costo equipo riego por goteo

Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Tubería	m	100	0.35	35.0
Línea de goteo	m	200	0.30	60.0
Codo	Unidad	4	2.00	8.0
Adaptador	Unidad	8	1.00	8.0
Válvula	Unidad	8	15.00	120.0
Tee	Unidad	6	1.00	6.0
Tapón PVC	Unidad	10	0.80	8.0
Conectores	Unidad	36	0.40	14.4
Empaque	Unidad	36	0.20	7.2
Terminal	Unidad	12	0.20	2.4
Teflón	Unidad	15	0.20	3.0
Maquinaria e instalación				2500.0
			Total	2772.00

Tabla 26. Amortización del riego por goteo

Año	Valor de compra	Cuota	Interés	Saldo	Capital + interés
Año 1	2772.00	346.50	415.80	2425.50	762.30
Año 2	2425.50	346.50	363.83	2079.00	710.33
Año 3	2079.00	346.50	311.85	1732.50	658.35
Año 4	1732.50	346.50	259.88	1386.00	606.38
Año 5	1386.00	346.50	207.90	1039.50	554.40
Año 6	1039.50	346.50	155.93	693.00	502.43
Año 7	693.00	346.50	103.95	346.50	450.45
Año 8	346.50	346.50	51.98	0.00	398.48
Total amortización		2772.00	1871.10		4643.10

Tabla 27. Proyección de riego por goteo en 5 años

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos fijos					
Mantenimiento construcciones	150	165	181.5	199.65	219.615
Mantenimiento equipos	2772	2425.5	2079	1732.5	1386
Gastos de energía eléctrica	480	528	580.8	638.88	702.768
Gastos de agua	240	264	290.4	319.44	351.384
Sueldos	6646.99	7311.68	8042.85	8847.14	9731.85
Imprevistos	1028.90	1069.42	1117.46	1173.76	1239.16
Subtotal	11317.88	11763.60	12292.01	12911.37	13630.78
Costos variables					
Mantenimiento del cultivo	2187.43	2406.17	2646.79	2911.47	3202.61
Subtotal	2187.43	2406.17	2646.79	2911.47	3202.61

Total costos	13505.31	14169.77	14938.79	15822.83	16833.39
Rendimiento	2670.30	2990.74	3349.62	3751.58	4201.77
Precio de venta	8.00	8.80	8.80	9.24	10.16
Ingresos	21362.40	26318.48	29476.69	34664.59	42706.78
Utilidad	7857.09	12148.70	14537.90	18841.76	25873.39
Relación B/C	0.58	0.86	0.97	1.19	1.54

Tabla 28. Estimación costo equipo riego por aspersión

Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Metros de tubería PVC	m	1500	0.25	375.00
Aspersores	Unidad	120	4.00	480.00
Codos	Unidad	10	2.00	20.00
Adaptador aspersores	Unidad	10	1.00	10.00
Válvula	Unidad	8	15.00	120.00
Tee para conexión	Unidad	50	0.50	25.00
Tapón PVC	Unidad	10	0.80	8.00
Uniones	Unidad	50	0.35	17.50
Empaque	Unidad	36	0.20	7.20
Terminal	Unidad	12	0.20	2.40
Teflón	Unidad	20	0.20	4.00
Maquinaria e instalación				3000.00
			Total	4069.10

Tabla 29. Amortización del riego por aspersión

Año	Valor de compra	Cuota	Interés	Saldo	Capital + interés
Año 1	4069.10	813.82	610.37	3255.28	1424.19
Año 2	3255.28	813.82	488.29	2441.46	1302.11
Año 3	2441.46	813.82	366.22	1627.64	1180.04
Año 4	1627.64	813.82	244.15	813.82	1057.97
Año 5	813.82	813.82	122.07	0.00	935.89
Total amortización		4069.10	1831.10		5900.20

Tabla 30. Proyección de riego por aspersión en 5 años

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos fijos					
Mantenimiento					
construcciones	150.00	165.00	181.50	199.65	219.62
Mantenimiento equipos	4069.10	3255.28	2441.46	1627.64	813.82
Gastos de energía eléctrica	480.00	528.00	580.80	638.88	702.77
Gastos de agua	240.00	264.00	290.40	319.44	351.38
Sueldos	6646.99	7311.68	8042.85	8847.14	9731.85
Imprevistos	1158.61	1152.40	1153.70	1163.27	1181.94
Subtotal	12744.69	12676.36	12690.71	12796.02	13001.38
Costos variables					
Mantenimiento del cultivo	2527.60	2780.36	3058.40	3364.24	3700.66
Subtotal	2527.60	2780.36	3058.40	3364.24	3700.66
Total costos	15272.29	15456.72	15749.11	16160.26	16702.04
Rendimiento	2562.30	2869.78	3214.15	3599.85	4031.83
Precio de venta	8.00	8.80	8.80	9.24	10.16
Ingresos	20498.40	25254.03	28284.51	33262.59	40979.51
Utilidad	5226.11	9797.31	12535.40	17102.33	24277.46
Relación B/C	0.34	0.63	0.80	1.06	1.45



Figura 6. Ubicación geográfica del área en estudio Bonilla, 2024

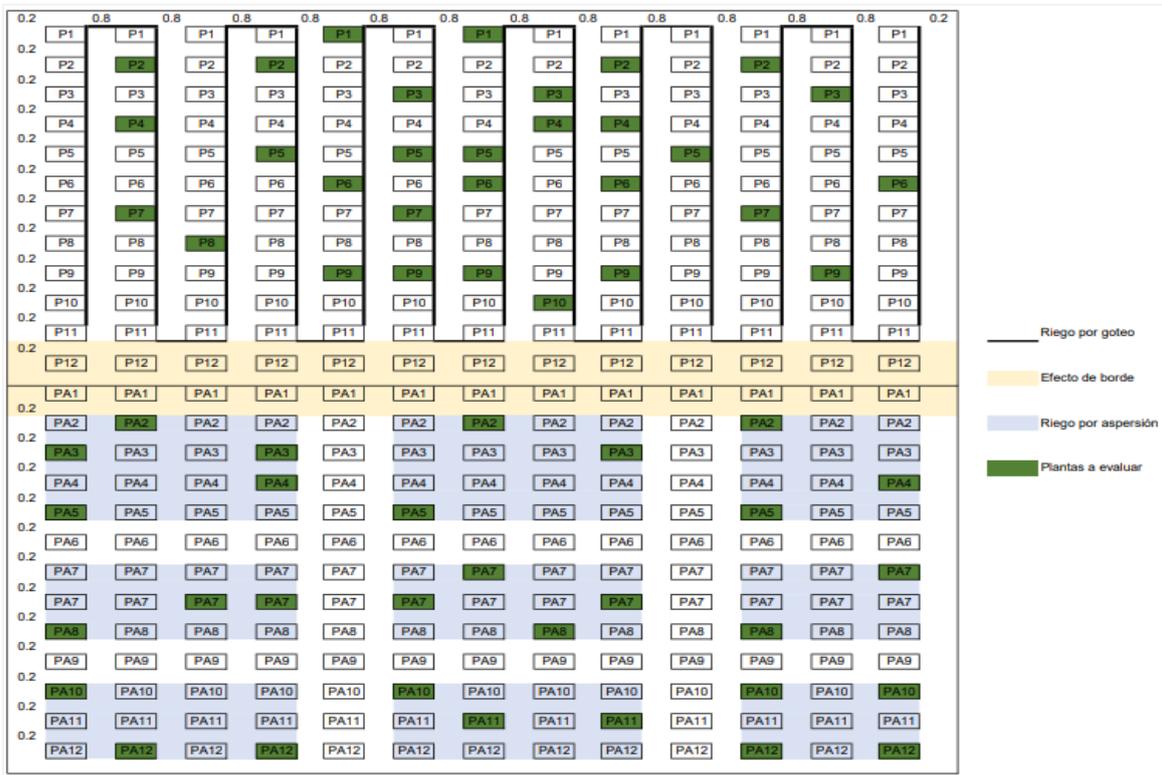


Figura 7. Croquis del área experimental
El efecto de borde es referencial; sin embargo, fue a mayor espacio y/o diferente sitio.
Bonilla, 2024

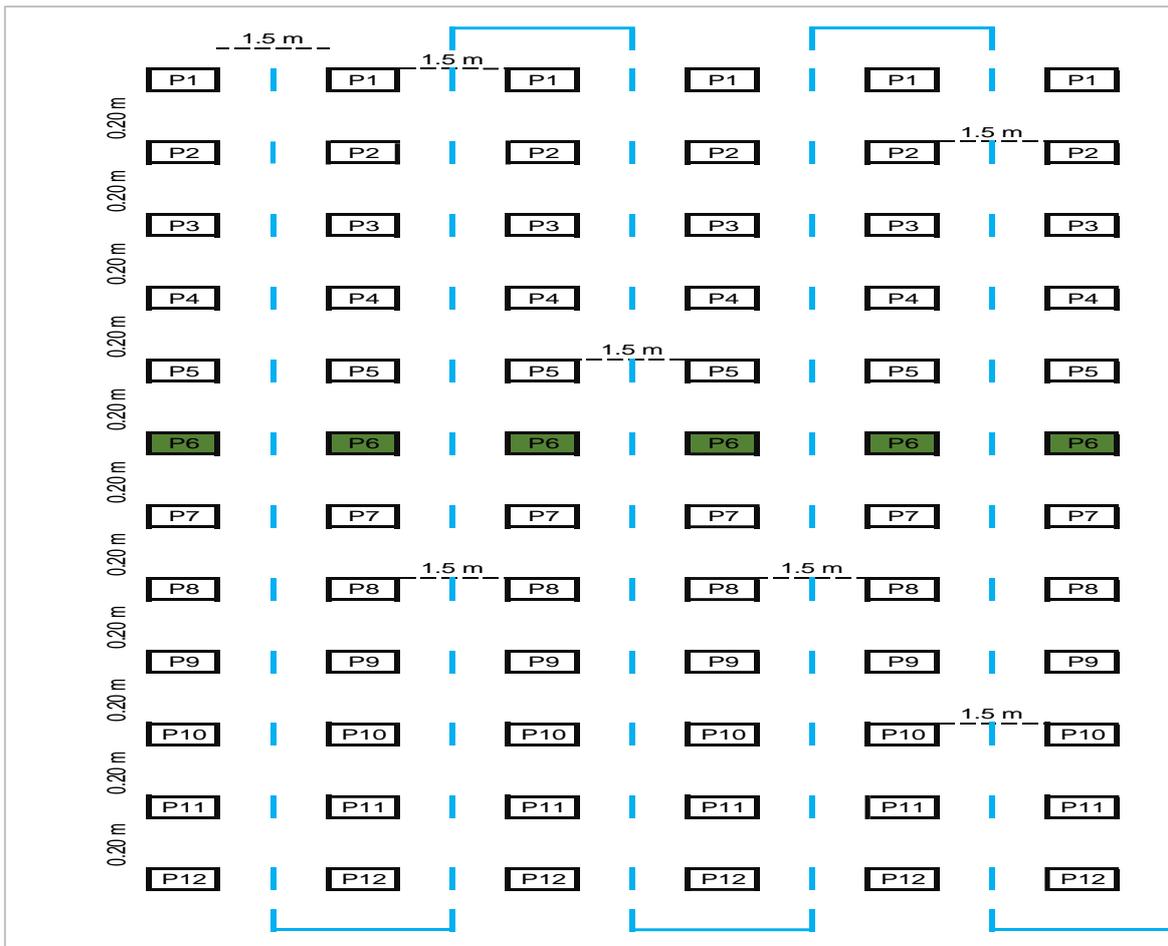


Figura 8. Croquis de riego por goteo
Bonilla, 2024

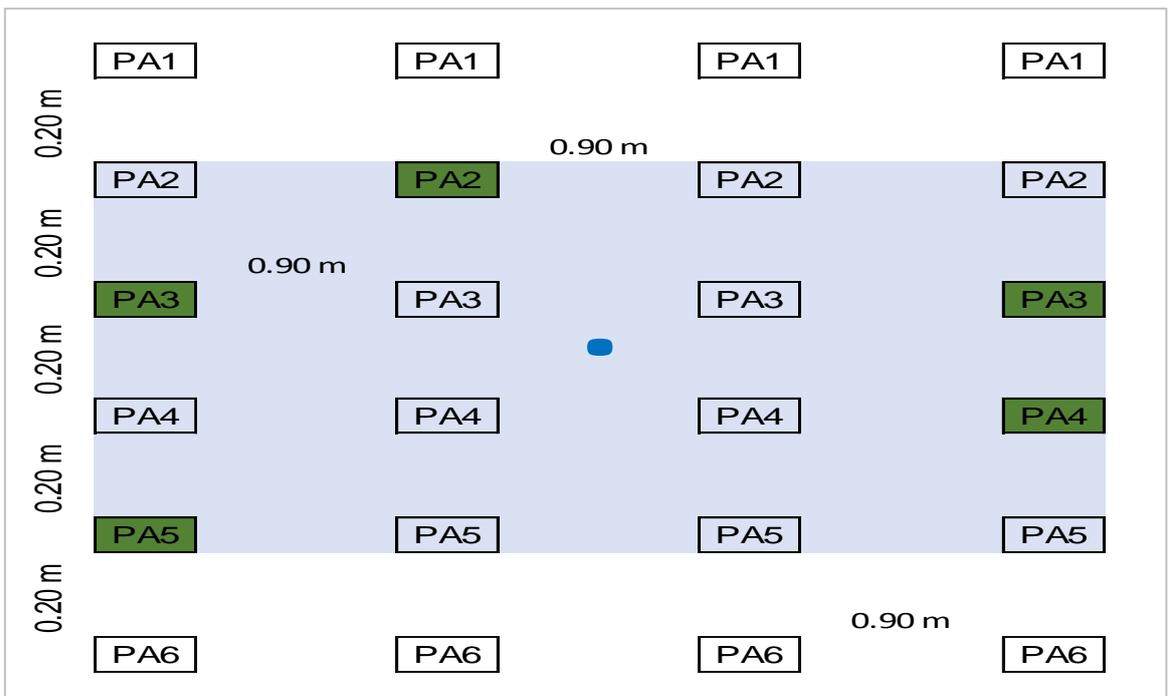


Figura 9. Croquis de riego por aspersión
Bonilla, 2024

Los aspersores de impacto Serie 50 de Senninger aplican caudales más altos que las series 30 o 40.



Vista de la boquilla dispersora 5023-2

CARACTERÍSTICAS

- Amplia gama de combinaciones de boquillas y venas para una excelente distribución a cualquier presión operativa
- Llave hexagonal incorporado para un mantenimiento sencillo en el campo
- Modelo de 23° con doble boquilla disponible
- Dos trayectorias:
 - 12° - ideal para el riego subfoliar
 - 23° - alcance máximo en sistemas invertidos
- Conexiones: 3/4" NPT macho (hembra también disponible)
- Caudales: de 6,5 a 20,1 gpm (1476 a 4565 l/h)
- Presiones de funcionamiento: de 30 a 65 psi (2,07 a 4,48 bar)

CÓMODAS BOQUILLAS APRETABLES A MANO



No se requiere ninguna herramienta gracias a la combinación de boquilla y vena fácil de limpiar y cambiar. Boquillas de tamaño medio y con orificio cuadrado también disponibles.

PRESIÓN BASE DEL ASPERSOR 5023-2 - EE.UU. (pies)	psi								PRESIÓN BASE DEL ASPERSOR MÉTRICO (m)	bar							
	30	35	40	45	50	55	60	65		2,07	2,41	2,76	3,10	3,45	3,79	4,14	4,48
13x8 Boquilla de rango #13 x Boquilla dispersora #8									13x8 Boquilla de rango #13 x Boquilla dispersora #8								
Caudal (gpm)	8,23	8,88	9,50	10,1	10,6	11,1	11,6	12,1	Caudal (l/h)	1869	2017	2158	2294	2408	2521	2635	2748
Diámetro a 1,5 pies de altura	92	95	98	100	102	103	104	105	Diámetro a 0,46 m de altura	28,0	29,0	29,9	30,5	31,1	31,4	31,7	32,0
Diámetro a 6 pies de altura	99	102	104	106	108	110	112	114	Diámetro a 1,83 m de altura	30,2	31,1	31,7	32,3	32,9	33,5	34,1	34,7
14x8 Boquilla de rango #14 x Boquilla dispersora #8									14x8 Boquilla de rango #14 x Boquilla dispersora #8								
Caudal (gpm)	9,35	10,1	10,8	11,5	12,1	12,7	13,2	13,8	Caudal (l/h)	2124	2294	2453	2612	2748	2884	2998	3134
Diámetro a 1,5 pies de altura	94	98	101	103	105	106	107	108	Diámetro a 0,46 m de altura	28,7	29,9	30,8	31,4	32,0	32,3	32,6	32,9
Diámetro a 6 pies de altura	101	104	107	110	112	114	116	118	Diámetro a 1,83 m de altura	30,8	31,7	32,6	33,5	34,1	34,7	35,4	36,0
15x8 Boquilla de rango #15 x Boquilla dispersora #8									15x8 Boquilla de rango #15 x Boquilla dispersora #8								
Caudal (gpm)	10,3	11,2	11,9	12,7	13,4	14,0	14,6	15,2	Caudal (l/h)	2339	2544	2703	2884	3043	3180	3316	3452
Diámetro a 1,5 pies de altura	96	100	103	106	107	108	109	110	Diámetro a 0,46 m de altura	29,3	30,5	31,4	32,3	32,6	32,9	33,2	33,5
Diámetro a 6 pies de altura	102	106	109	112	114	116	118	120	Diámetro a 1,83 m de altura	31,1	32,3	33,2	34,1	34,7	35,4	36,0	36,6
16x8 Boquilla de rango #16 x Boquilla dispersora #8									16x8 Boquilla de rango #16 x Boquilla dispersora #8								
Caudal (gpm)	11,5	12,4	13,3	14,1	14,8	15,5	16,2	16,9	Caudal (l/h)	2612	2816	3021	3202	3361	3520	3679	3838
Diámetro a 1,5 pies de altura	98	102	105	108	109	110	111	112	Diámetro a 0,46 m de altura	29,9	31,1	32,0	32,9	33,2	33,5	33,8	34,1
Diámetro a 6 pies de altura	103	107	111	114	116	118	120	122	Diámetro a 1,83 m de altura	31,4	32,6	33,8	34,7	35,4	36,0	36,6	37,2
17x8 Boquilla de rango #17 x Boquilla dispersora #8									17x8 Boquilla de rango #17 x Boquilla dispersora #8								
Caudal (gpm)	12,5	13,5	14,4	15,3	16,1	16,9	17,7	18,4	Caudal (l/h)	2839	3066	3271	3475	3657	3838	4020	4179
Diámetro a 1,5 pies de altura	99	104	107	110	111	112	113	114	Diámetro a 0,46 m de altura	30,2	31,7	32,6	33,5	33,8	34,1	34,4	34,7
Diámetro a 6 pies de altura	104	108	112	115	118	120	122	124	Diámetro a 1,83 m de altura	31,7	32,9	34,1	35,1	36,0	36,6	37,2	37,8

Figura 10. Ficha técnica del aspersor Netafim, 2023



Ficha Técnica Aries





ARIESTM HWD - TWD - MWD

MANGUERAS DE GOTEO INTEGRALES



Alta resistencia a la obstrucción



Laberinto autolimpiante



Área de filtración amplia

INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA LÍNEA DE GOTEO

12150, 16125, 16150, 22125 - 0,31, 0,38 mm

CAUDAL* (L/H)	PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO (BAR)**	DIMENSIONES DEL PASADIZO DE AGUA ANCHO-ALTO-LARGO (MM)			ÁREA DE FILTRADO (MM ²)	CONSTANTE K	EXPONENTE X	FILTRACIÓN RECOMENDADA (MICRON/MESH)
0,50	1,5 / 1,8 / 2,2 / 3,0	0,47	0,53	05	29	0,173	0,46	130/120
0,85		0,54	0,69	05	43	0,277	0,46	130/120
0,95		0,60	0,74	05	49	0,325	0,40	200/90
1,35		0,71	0,85	05	53	0,458	0,46	200/90
1,85		0,76	1,03	05	54	0,641	0,46	200/90
2,80		0,80	1,30	05	54	0,871	0,40	200/90
3,80		0,94	1,38	33	54	1,318	0,40	200/90
8,90		1,52	1,38	20	50	2,775	0,46	200/90

*Caudal a 1 bar de presión

MODELO	DIÁMETRO INTERNO (MM)	ESPESOR DE PARED (MM)	DIÁMETRO EXTERNO (MM)	PRESIÓN MÁX. DE TRABAJO (BAR)	PRESIÓN MÁXIMA DE LAVADO (BAR)	KD
12125	11,80	0,31	12,42	2,5	3,3	0,40
12150	11,80	0,38	12,56	3,0	3,9	0,40
16125	16,20	0,31	16,82	1,8	2,3	0,30
16150	16,20	0,38	16,96	2,2	2,9	0,30

MODELO	DIÁMETRO INTERNO (MM)	ESPESOR DE PARED (MM)	DIÁMETRO EXTERNO (MM)	PRESIÓN MÁX. DE TRABAJO (BAR)	PRESIÓN MÁXIMA DE LAVADO (BAR)	KD
12010	10,30	1,00	12,30	4,0	5,2	0,70
16009	14,20	0,90	16,00	3,0	3,9	0,40
16010	14,20	1,00	16,20	3,5	4,6	0,40
16012	14,20	1,20	16,60	4,0	5,2	0,40
12200	11,80	0,50	12,80	3,0	3,9	0,40
12250	11,80	0,63	13,06	3,5	4,6	0,40
16200	15,50	0,50	16,50	2,5	3,3	0,35
16250	15,50	0,63	16,76	2,8	3,6	0,35
16008	15,50	0,80	17,10	3,0	3,9	0,35
12150	11,80	0,38	12,56	3,0	3,9	0,40
16125	16,20	0,31	16,82	1,8	2,3	0,30
16150	16,20	0,38	16,96	2,2	2,9	0,30

CONTACTOS: Quito: +593 2 2805 858 / Guayaquil: +593 4 4542 148

www.netafim.com

PARTE DEL GRUPO:





Figura 11. Ficha técnica de la línea (manguera) de goteo Netafim, 2023

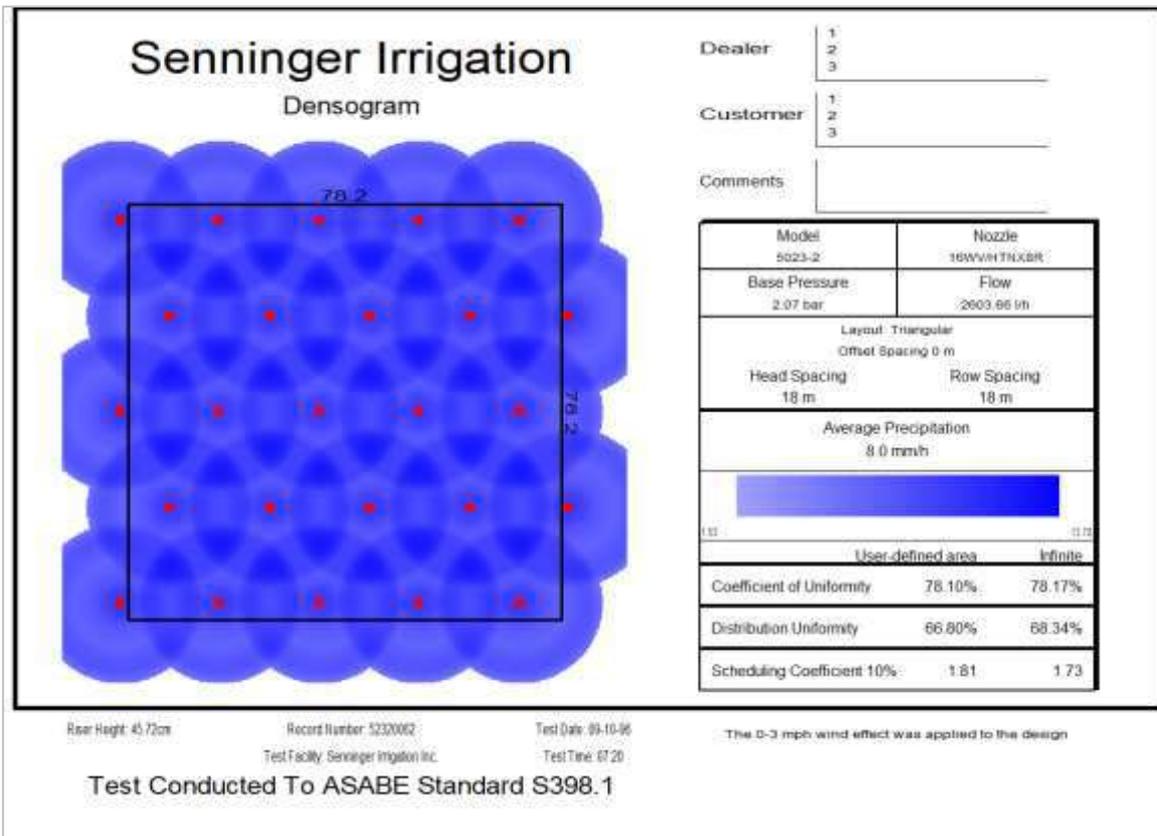


Figura 14. Densograma del tipo de riego por aspersión
Bonilla, 2024

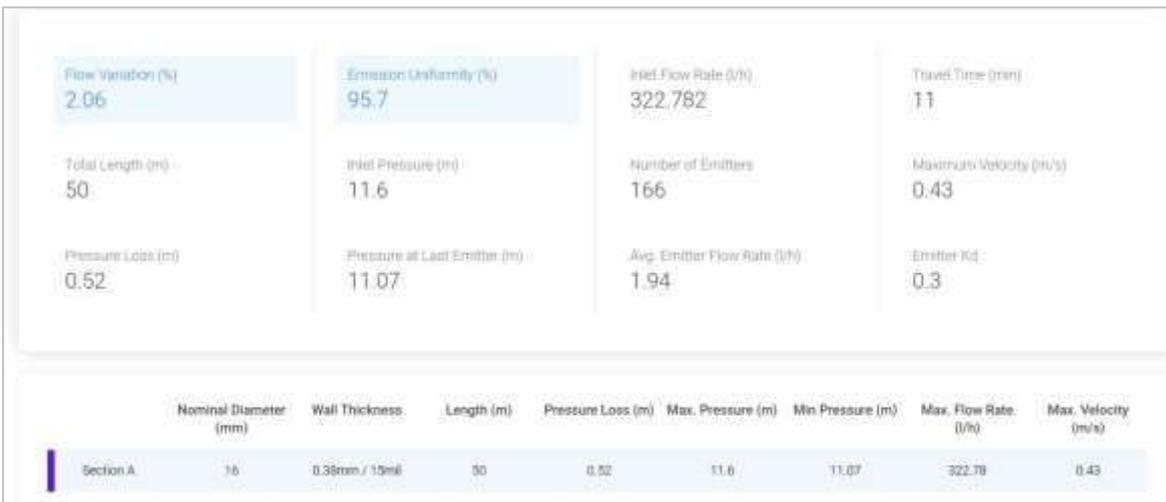


Figura 15. Datos de riego por goteo
Bonilla, 2024

CUADRO 9

Valores aproximados de $K_{c\text{ini}}$ correspondientes a eventos moderados de humedecimiento (10-40 mm) y texturas medias del suelo.

Intervalo entre eventos de humedecimiento	Poder evaporante de la atmósfera (ET_0)			
	bajo 1 - 3 mm día ⁻¹	moderado 3 - 5 mm día ⁻¹	alto 5 - 7 mm día ⁻¹	muy alto > 7 mm día ⁻¹
- menor que semanal				
- semanal	1,2 - 0,8	1,1 - 0,6	1,0 - 0,4	0,9 - 0,3
- mayor que una vez por semana	0,8	0,6	0,4	0,3
	0,7 - 0,4	0,4 - 0,2*	0,3 - 0,2*	0,2* - 0,1*

Valores obtenidos a partir de las Figuras 29 y 30

(*) Nótese que el intervalo entre riegos podría ser demasiado largo para sostener una transpiración completa en algunos cultivos anuales jóvenes.

Figura 16. Valores aproximados de K_c para suelos (10-40 mm) FAO (2023)

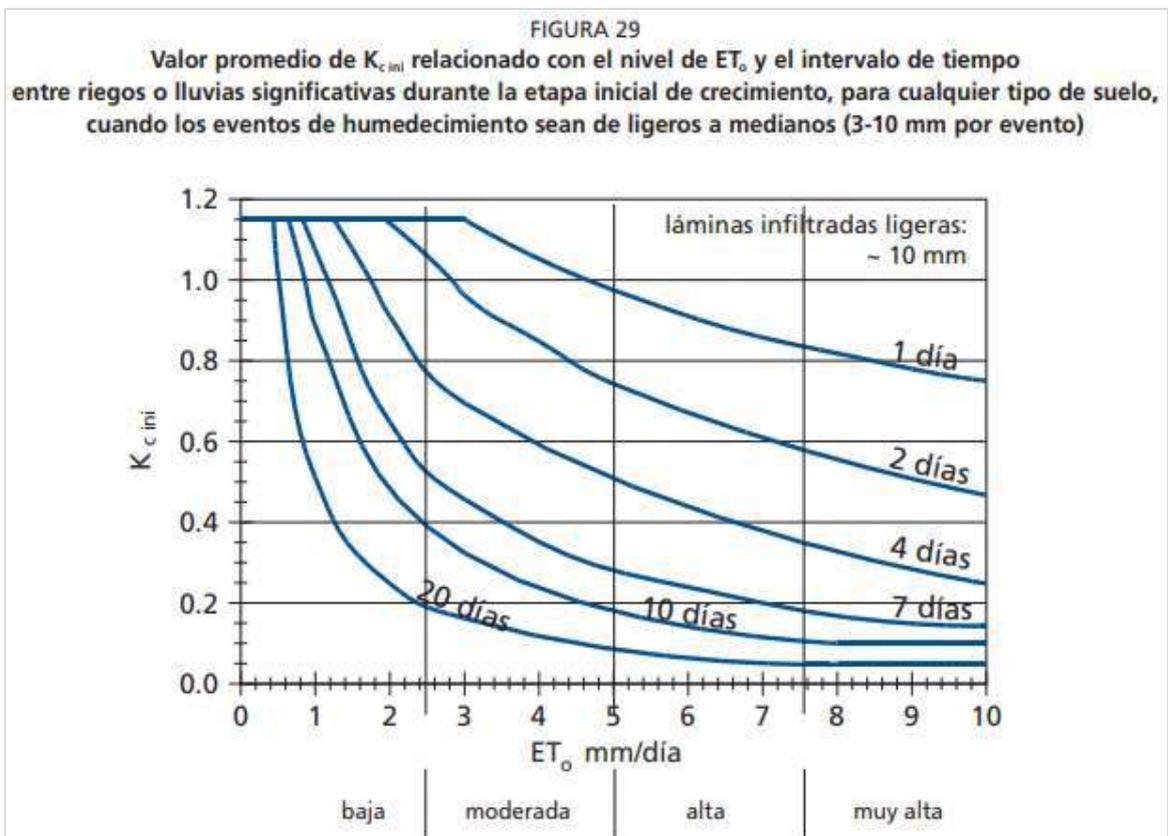


Figura 17. Valor promedio de K_c para suelos ligeros a medianos (FAO, 2023)

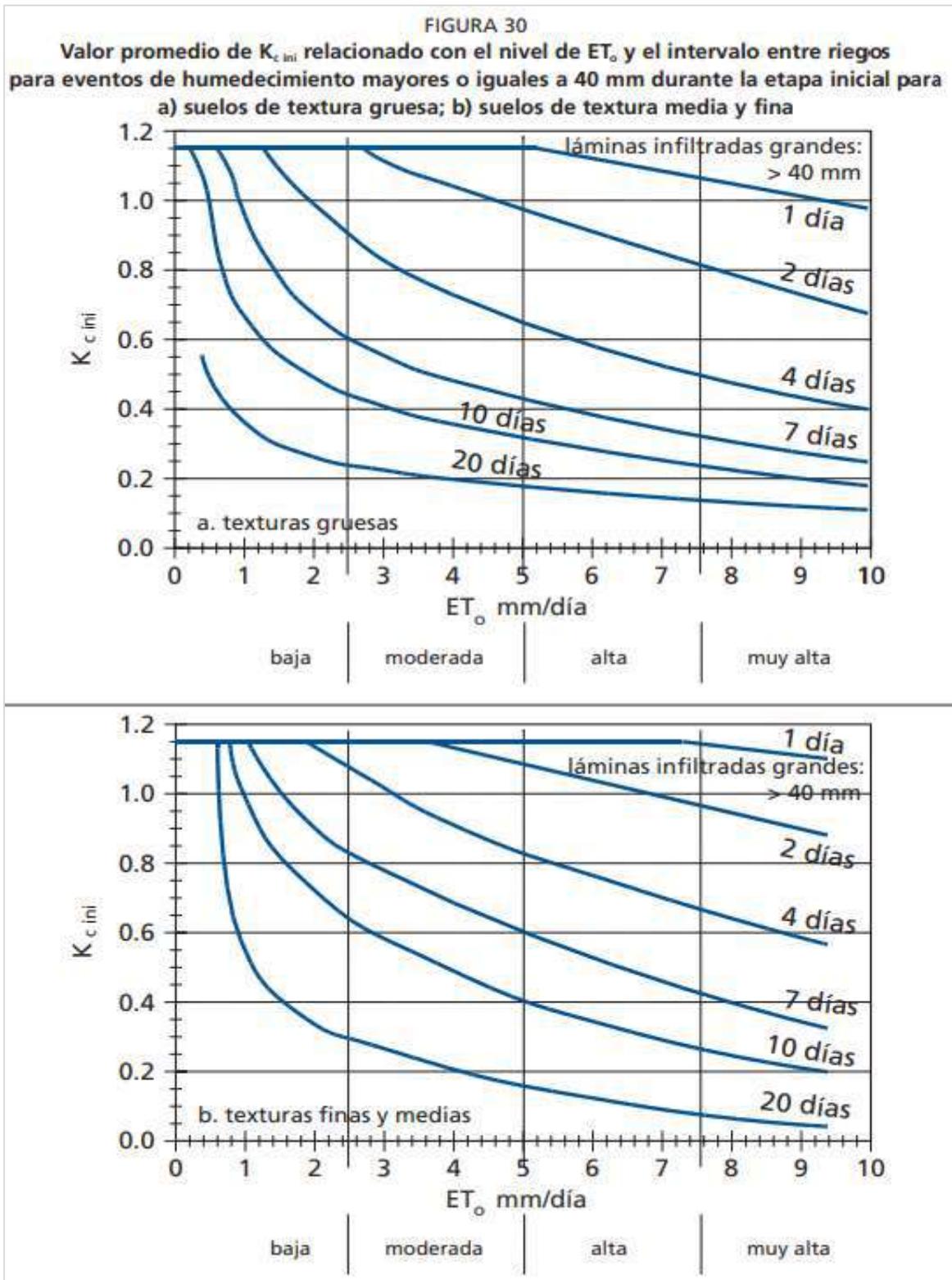


Figura 18. Valor promedio de K_c relacionado con el nivel de ET_0
FAO (2023)

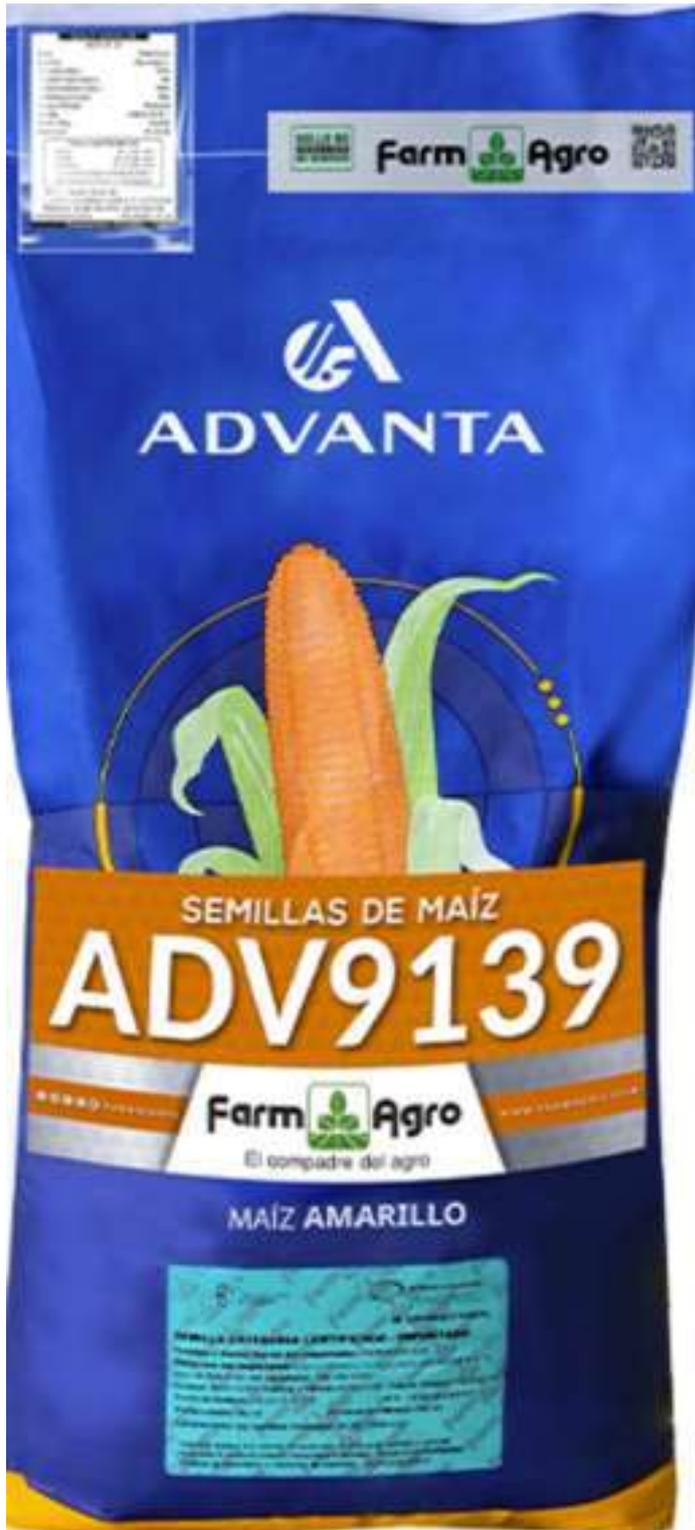


Figura 19. Semilla de maíz forrajera utilizada Bonilla, 2024



Figura 20. Limpieza del terreno para nueva siembra
Bonilla, 2024



Figura 21. Observación plantación-aspersores a los 45 días
Bonilla, 2024



Figura 22. Observación plantación-goteo a los 30 días
Bonilla, 2024



Figura 23. Observación de planta a los 55 días
Bonilla, 2024



Figura 24. Observación del sistema de riego por aspersión
Punto amarillo es la ubicación de los aspersores
Bonilla, 2024



Figura 25. Observación de las mangueras dentro de la plantación
Bonilla, 2024



Figura 26. Observación del distanciamiento entre plantas
Bonilla, 2024



Figura 27. Equipos utilizados para previo aplicación nutrición de agua
Bonilla, 2024



Figura 28. Unión del sistema de riego
Bonilla, 2024



Figura 29. Aspersor utilizado en campo
Bonilla, 2024



Figura 30. Observación del aspersor dentro de la plantación
Bonilla, 2024



Figura 31. Observación del estanque previo uso de riego
Bonilla, 2024



Figura 32. Vista de la maquinaria y equipo de succión
Bonilla, 2024



Figura 33. Observación de filtro previo a su uso
Bonilla, 2024



Figura 34. Maquinaria para cosecha
Bonilla, 2024



Figura 35. Mano de obra de cosecha
Bonilla, 2024



Figura 36. Ensilado de fundas de biomasa
Bonilla, 2024



Figura 37. Ensilado de maíz forrajero
Bonilla, 2024



Figura 38. Separación de muestras para análisis-laboratorio Bonilla, 2024



Official Sales
PARTNER 

www.agrorum.net
info@agrorum.net

Informe Analítico: IA-23-LB-003041-01
Lab-ID: GYE-23/4000

MARÍA JOSÉ BONILLA
attn. María José Bonilla
bonillamaria9726@gmail.com
Garzota
Guayaquil - Ecuador

Lugar de ejecución del ensayo:
AGRORUM S.A. (Asesoría Agroindustrial Ambiental)
info@agrorum.net
Cda. Kennedy, Av. San Jorge # 205 y calle 2da. Oeste
Guayaquil - Ecuador

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE	
Matriz de la muestra:	Hoja
Descripción de la muestra:	Maíz forrajero (planta)
Cultivo:	Maíz forrajero
Fecha/Hora/ de toma de muestra:	2023-11-29 / 14:00
Lugar de toma de muestra:	Hacienda Rendón Marcillo, Colonche (Santa Elena); Colonche
Muestra tomada por:	María José Bonilla (Cliente)

DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN LABORATORIO	
Fecha de Recepción:	2023-12-02
Cantidad de muestra:	~200 g
Tipo de envase:	Funda plástica
Temperatura de Recepción:	Ambiente

Fecha inicio:	2023-12-13
Fecha fin análisis:	2023-12-13

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método de ensayo
Fisicoquímicos			
Materia Seca*	%	98,9	T-LB-020, Gravimetría
Materia Seca**	%	94,9	T-LB-020, Gravimetría

Figura 39. Resultados de análisis de la planta después de cosecha Bonilla, 2024



Laboratorio de ensayo
acreditado por el SAE con
acreditación N° SAE LEN 19-015



Informe Analítico: IA-23-LB-003063-01
Lab-ID: GYE-23/4001

MARIA JOSÉ BONILLA
Attn. María José Bonilla
bonillamaria9726@gmail.com
Garzola
Guayaquil - Ecuador

Lugar de ejecución de los ensayos
AGRORUM S.A. (Asesoría Agroindustrial Ambiental)
info@agrorum.net
Cdla. Kennedy, Av. San Jorge #205 y calle 2da Oeste
Guayaquil - Ecuador

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE							
Matriz de la muestra:	Agua natural						
Descripción de la muestra:	Agua de riego de la albardada - Agua natural						
Lote N°:	---						
Fecha/Hora de toma de muestra:	2023-11-29 / 14:00						
Lugar de toma de muestra:	Hacienda Rendón Marçillo, Colonche (Santa Elena)						
Muestra tomada por:	María José Bonilla (Cliente)						

DATOS DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA EN LABORATORIO							
Fecha de Recepción:	2023-11-30						
Cantidad de muestra:	~2.5 L						
Tipo de envase:	Botella plástica						
Temperatura de Recepción:	Ambiente						
Fecha inicio	2023-11-30						
Fecha fin análisis:	2023-12-08						

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE RIEGO							
PROPIEDADES							
Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Interpretación		Método de ensayo	
				Bajo	Óptimo		
pH	8.28	---	5.50 - 7.50			T-LB-004, SM 4500 H+ B	
Conductividad eléctrica	0,749	dS/m	0.50 - 1.50			T-LB-006, SM 2510B	

FORMAS NITROGENADAS							
Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Interpretación		Método de ensayo	
				Sin restricción	Exceso		
Nitrógeno total kjeldahl*	3.53	mg/L	- -			T-LB-108, Método Kjeldahl4500 N org A	

ANIONES							
Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Interpretación		Método de ensayo	
				Sin restricción	Exceso		
Nitratos ⁽¹⁾	1.5	mg/L	0.10 - 10.00			T-LB-030, Hach 10206, 8171	
Cloruros	74,403	mg/L	0.10 - 70.00			T-LB-053, SM 4500 Cl-B	
Sulfatos	<200	mg/L	833.25 - 1250.00			T-LB-031, Hach 10227, SM 4500-E	
Fluoruros ⁽¹⁾	0,31	mg/L	0.00 - 1.00			T-LB-043, Hach 8029 / SM 4500-F B & D.	

ELEMENTOS DISUELTOS							
Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Interpretación		Método de ensayo	
				Sin restricción	Exceso		
Calcio (Ca)*	48,010	mg/L	80.0 - 700.00			T-LB-098, EAA - Llama	
Magnesio (Mg)*	18,39	mg/L	15.0 - 80.00			T-LB-099, EAA - Llama	
Manganeso (Mn)*	<0,250	mg/L	0,0 - 0,04			T-LB-095, EAA - Llama	
Potasio (K)*	7,850	mg/L	1,00 - 20,00			T-LB-097, EAA - Llama	
Sodio (Na)*	99,48	mg/L	20,0 - 160,00			T-LB-096, EAA - Llama	
Fósforo (P)	<2,5	mg/L	0,2 - 0,60			T-LB-052, SM, 4500 B-C	
Hierro (Fe)*	<0,100	mg/L	0,0 - 7,00			T-LB-092, EAA - Llama	
Zinc (Zn)*	<0,050	mg/L	0,1 - 0,50			T-LB-094, EAA - Llama	
Molibdeno (Mo)*	<0,500	mg/L	0,0 - 0,00			T-LB-148, EAA - Llama	
Cobre (Cu)*	<0,125	mg/L	0,01 - 0,40			T-LB-093, EAA - Llama	



042 690 009
098 358 2033 | Guayaquil - Sangolquí | FSG-047 V01 - Pág. 1 de 2

NOMENCLATURA:
N.D.: No Detectado
N.A.: No Analizado
R.A.S: Relación de Absorción de Sodio
Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
Los ensayos marcados con (1) están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE, pero el resultado está fuera del alcance de la acreditación.
Los ensayos marcados con (**) contienen resultados ACREDITADOS suministrados por un laboratorio externo con N° de acreditación: N/A
Los ensayos marcados con (1) contienen resultados NO acreditados suministrados por un laboratorio externo, competencia evaluada según el Procedimiento de Productos y Servicios Suministrados Externamente de AGRORUM S.A.

TERMINOS Y CONDICIONES
La responsabilidad por el muestreo queda excluida, a menos que haya sido realizado por AGRORUM S.A.
Los resultados de la prueba se refieren únicamente a la muestra recibida sometida a ensayo, AGRORUM S.A. no se hace responsable por los datos proporcionados por el cliente.
La información completa relativa a los ensayos, está a disposición del cliente que la solicite.
El contenido de este informe sólo puede publicarse o reproducirse de forma completa.
Los informes de resultados serán entregados en horario laboral, cuando sea confirmado el pago por parte del cliente y será entregado por vía e-mail.
AGRORUM S.A. garantiza absoluta confidencialidad, comprometiéndose a guardar reserva respecto a los datos e información sobre los cuales haya tomado conocimiento; así como los informes de resultados que tiene en custodia. En el caso de que la información necesite ser revelada, se comunicará previamente a las partes involucradas a fin de solicitar su autorización.

Autorizado por:

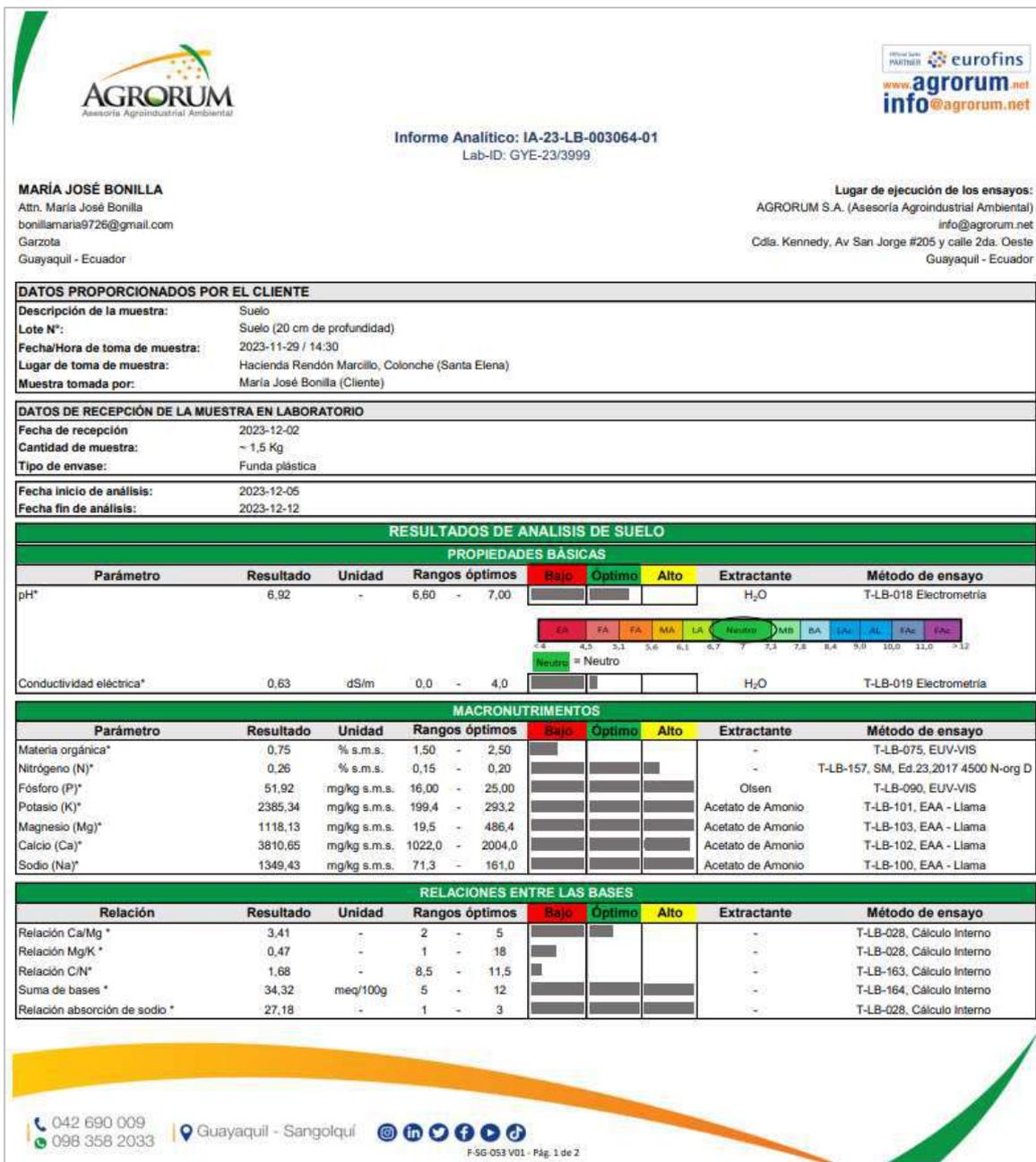


Firmado digitalmente por
Dennise Zuñiga
Fecha: 2023.12.20
13:02:27 -05'00'

Secretaría Técnica

..FIN DEL INFORME ANALÍTICO..

Figura 40. Resultado de análisis de agua Bonilla, 2024



NOMENCLATURA:
 N.D.: No Detectado
 N.A.: No Analizado
 s.m.s.: Sobre materia seca
 s.m.f.: Sobre materia fresca
 C.I.C.: Capacidad de Intercambio Catiónico
 C.I.C.E.: Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva
 Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
 Los ensayos marcados con (0) están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE, pero el resultado está fuera del alcance de la acreditación.
 Los ensayos marcados con (**) contienen resultados ACREDITADOS suministrados por un laboratorio externo con N° de acreditación: N/A
 Los ensayos marcados con (1) contienen resultados NO acreditados suministrados por un laboratorio externo, competencia evaluada según el Procedimiento de Productos y Servicios Suministrados Externamente de AGROBUM S.A.

TÉRMINOS Y CONDICIONES
 La responsabilidad por el muestreo queda exclusiva, a menos que haya sido realizado por AGROBUM S.A.
 Los resultados de la prueba se refieren únicamente a la muestra recibida sometida a ensayo. AGROBUM S.A. no se hace responsable por los datos proporcionados por el cliente.
 La información completa relativa a los ensayos, está a disposición del cliente que la solicita.
 El contenido de este informe sólo puede publicarse o reproducirse de forma completa.
 Los informes de resultados serán entregados en horario laboral, cuando sea confirmado el pago por parte del cliente y será entregado por vía e-mail.
 AGROBUM S.A. garantiza absoluta confidencialidad, comprometiéndose a guardar reserva respecto a los datos e información sobre los cuales haya tomado conocimiento; así como los informes de resultados que tiene en custodia. En el caso de que la información necesite ser revelada, se comunicará previamente a las partes involucradas a fin de solicitar su autorización.

Autorizado por:



Firmado digitalmente por
Dennise Zuñiga
Fecha:
2023.12.20
12:31:07 -05'00'
Secretaría Técnica

Figura 41. Resultado de análisis de suelo Bonilla, 2024