

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE AGRONOMÍA

Evaluación de la eficiencia de tres métodos de riego en el cultivo de mora (*Rubus glaucus*)

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

Autor:

Christopher David Pérez Abril

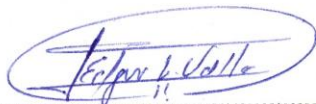
Tutor:

Ing. Mg. Edgar Luciano Valle Velastegui

Cevallos, 2025

Evaluación de la eficiencia de tres métodos de riego en el cultivo de mora (*Rubus glaucus*)

REVISADO POR



Ing. Mg. Edgar Luciano Valle Velastegui

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN

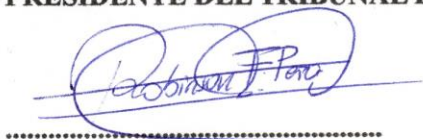
Fecha



12-02-2025

Ing. Pedro Pablo Pomboza PhD.

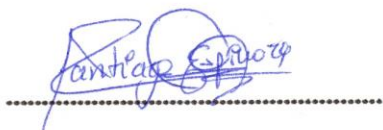
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



12-02-2025

Ing. Mg. Robinson Fabricio Peña Murillo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFACIÓN



12-02-2025

Ing. Jorge Santiago Espinoza Vaca, PhD.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFACIÓN

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, Christopher David Pérez Abril, portador de cédula de ciudadanía número: 1850329796, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “**Evaluación de la eficiencia de tres métodos de riego en el cultivo de mora (*Rubus glaucus*)**” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.

A handwritten signature in blue ink, reading "Christopher David Pérez Abril", written over a dotted line.

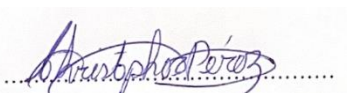
Christopher David Pérez Abril

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**Evaluación de la eficiencia de tres métodos de riego en el cultivo de mora (*Rubus glaucus*)**” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



Christopher David Pérez Abril

DEDICATORIA

Primero, a Dios, por haberme guiado en este camino tan arduo que ha sido culminar mis estudios, dándome la fortaleza y sabiduría necesarias para superar cada obstáculo.

A mis padres, Danilo Pérez y Alexandra Abril, por ser mi mayor apoyo incondicional, por sus sacrificios y por creer siempre en mí, incluso en los momentos más difíciles. Su amor y ejemplo han sido mi motor para continuar avanzando.

A mi abuelo Edy Abril, cuyo cariño, sabiduría y palabras de aliento han dejado una huella imborrable en mi vida; gracias por ser una fuente constante de inspiración y motivación. Esta tesis es el reflejo de los valores y el esfuerzo que ustedes me han inculcado, y es a ustedes a quienes dedico con gratitud y amor este logro.

AGRADECIMIENTO

A Dios, fuente de fortaleza y guía en cada paso de este arduo camino, por haberme brindado la sabiduría, paciencia y perseverancia necesarias para alcanzar este importante logro. Su presencia constante me ha dado esperanza y claridad en los momentos más difíciles.

A mi tutor de tesis, el Ing. Luciano Valle, por su invaluable guía, paciencia y compromiso durante el desarrollo de esta investigación. Sus consejos y experiencia fueron fundamentales para la culminación de este trabajo y para mi crecimiento académico y profesional.

A la Universidad Técnica de Ambato, por brindarme la oportunidad de formarme en un entorno académico de excelencia. De manera especial, agradezco a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por su dedicación en la formación de profesionales integrales y por facilitarme las herramientas necesarias para llevar a cabo esta investigación. Su apoyo y recursos fueron fundamentales en mi desarrollo como estudiante y como futuro profesional.

Me es imposible mencionar a toda mi familia y amigos que han sido parte de este exuberante proceso brindándome su apoyo y tiempo, este logro no hubiese sido posible sin la motivación que me brindaba sus contribuciones en mi formación académica.

ÍNDICE GENERAL

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	ii
DERECHO DE AUTOR.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I.....	11
INTRODUCCIÓN	11
1. MARCO TEÓRICO	12
1.1 Antecedentes Investigativos	14
1.2. Categorías Fundamentales	16
1.2.1. Características Morfológicas y Productivas de la Mora de Castilla (<i>Rubus glaucus</i>) con Espinas.....	16
1.2.2. Impacto del riego en el crecimiento vegetativo y en la productividad del cultivo	17
1.2.3. Influencia del riego en la calidad del fruto	17
1.2.4. Necesidad hídrica en la producción de mora	18
1.2.5. Cálculo de la uniformidad de riego	19
1.3. Objetivos.....	20
Objetivo general:.....	20
Objetivos específicos	20
CAPÍTULO II.....	21
METODOLOGÍA.....	21
2.1. Ubicación del estudio	21
2.2. Caracterización del lugar.....	22
2.3. Equipos y materiales	22
2.3.1. Equipos	22
2.3.2. Materiales.....	22
2.3.3. Material de oficina.....	23
2.4. Factores de Estudio:	23
2.4.1. Método de riego	23
2.5. Manejo del experimento	24
2.5.1. Selección del sitio:	24

2.5.3. Uso de tensiómetros en la dotación de la lámina de riego	24
2.5.4. Cantidad y ajustes de la dotación de la lámina de riego:	25
2.6. Tamaño de la muestra	26
2.7. Variables respuestas	26
Número de frutos por planta:	26
Peso total de los frutos por planta:	26
Grados Brix:.....	26
Diámetro Polar:.....	26
Diámetro Ecuatorial:	26
Altura de la planta:.....	26
Diámetro del tallo:	26
Uniformidad de riego:.....	26
Costos por tratamiento:	26
2.8. Diseño experimental	27
2.9. Hipótesis de investigación.....	27
CAPÍTULO III	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
3.1. Número de frutos por planta primera cosecha	28
3.11. Comprobación de la hipótesis	37
CAPÍTULO IV	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
4.1. CONCLUSIONES	38
4.2. RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis de Varianza para la variable número de frutos por planta en la primera cosecha.....	28
Tabla 2 Análisis de Varianza para la variable peso total de frutos por planta en la primera cosecha.....	29
Tabla 3 Prueba de Tukey al 5% para la variable Peso total de los frutos por planta en la primera cosecha	29
Tabla 4 Análisis de varianza para la variable grados Brix.....	30
Tabla 5 Prueba de tukey al 5% para la variable grados Brix	30
Tabla 6 Análisis de varianza para la variable diámetro polar en los frutos de la primera cosecha.....	31
Tabla 7 Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial en los frutos de la primera cosecha.....	32
Tabla 8 Análisis de varianza para la variable altura de la planta al inicio de la etapa fenológica de fructificación	33
Tabla 9 Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo al inicio de la etapa fenológica de fructificación	34
Tabla 10 Análisis de varianza para la variable de uniformidad de riego	34
Tabla 11 Prueba de tukey al 5 % para la variable uniformidad de riego en %	35
Tabla 12 Análisis de los costos totales por tratamiento	36

RESUMEN

Se evaluó la influencia de los métodos de riego por goteo, microaspersión e inundación en la productividad y calidad del fruto de mora de Castilla (*Rubus glaucus*) bajo condiciones controladas, con el objetivo de determinar su eficiencia hídrica y viabilidad económica. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres tratamientos y dos repeticiones, analizando variables como uniformidad y cantidad de agua aplicada, costos de instalación, peso total de frutos, número de frutos por planta, grados Brix, diámetros polar y ecuatorial del fruto, altura y diámetro del tallo. Los resultados mostraron que el riego por microaspersión presentó la mayor eficiencia hídrica con un coeficiente de uniformidad del 90.7 %, obteniendo el mayor peso total de frutos con 90.09 g/planta y valores superiores en grados Brix. El riego por goteo también mostró un desempeño favorable con un coeficiente de uniformidad del 95.5 %, alcanzando un peso total de frutos de 87.15 g/planta y proporcionando una alternativa eficiente en escenarios con limitaciones hídricas. En contraste, el riego por inundación presentó la menor uniformidad, con un coeficiente del 56.7 %, y el menor peso total de frutos con 87.40 g/planta, aunque sus costos de instalación fueron significativamente más bajos con un valor total de \$171.25, frente a \$281.25 y \$258.25 para los sistemas de goteo y microaspersión, respectivamente. Estos hallazgos destacan la necesidad de considerar la eficiencia hídrica y los costos de implementación al seleccionar un método de riego, ya que una elección adecuada puede optimizar el uso de los recursos hídricos y mejorar la sostenibilidad y productividad del cultivo de mora de Castilla, especialmente en condiciones agrícolas que requieren un equilibrio entre eficiencia técnica y viabilidad económica.

Palabras clave: Riego por goteo, microaspersión, inundación, mora de Castilla, eficiencia hídrica, costos de instalación.

ABSTRACT

The influence of drip, micro-sprinkler, and flood irrigation methods on the productivity and fruit quality of Castilla blackberry (*Rubus glaucus*) was evaluated under controlled conditions to determine their water efficiency and economic feasibility. A completely randomized block design was used with three treatments and two replications, analyzing variables such as uniformity and amount of water applied, installation costs, total fruit weight, number of fruits per plant, Brix degrees, polar and equatorial fruit diameters, plant height, and stem diameter. The results showed that micro-sprinkler irrigation exhibited the highest water efficiency, with a uniformity coefficient of 90.7%, achieving the highest total fruit weight of 90.09 g/plant and higher Brix values. Drip irrigation also showed favorable performance, with a uniformity coefficient of 95.5%, reaching a total fruit weight of 87.15 g/plant and providing an efficient alternative in water-limited scenarios. In contrast, flood irrigation had the lowest uniformity, with a coefficient of 56.7%, and the lowest total fruit weight of 87.40 g/plant, although its installation costs were significantly lower, with a total value of \$171.25, compared to \$281.25 and \$258.25 for the drip and micro-sprinkler systems, respectively. These findings highlight the need to consider water efficiency and implementation costs when selecting an irrigation method, as an appropriate choice can optimize water resource use and improve the sustainability and productivity of Castilla blackberry cultivation, especially in agricultural conditions that require a balance between technical efficiency and economic viability.

Keywords: Drip irrigation, micro-sprinkler, flood irrigation, Castilla blackberry, water efficiency, installation costs.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Actualmente la producción agrícola enfrenta constantes desafíos, especialmente en el cultivo de *Rubus glaucus*, comúnmente conocida como mora de castilla. Esta baya, ampliamente cultivada en diversos países de América y Europa, presenta una serie de particularidades en su manejo, que requieren una atención especializada. Diferentes son los factores que influyen en su producción, tales como los métodos de riego, abonadura, controles fitosanitarios entre otros, siendo el de mayor relevancia los métodos de riego (Franco et al., 2020).

El cultivo de mora de Castilla (*Rubus glaucus*) en Ecuador es una fuente significativa de ingresos para numerosas familias, desempeñando un papel crucial en la seguridad alimentaria debido a su versatilidad tanto en consumo fresco como en productos industrializados. Esta fruta es apreciada por su alto contenido nutricional y propiedades antioxidantes, contribuyendo positivamente a la salud humana (Galarza et al., 2017).

Sin embargo, factores como las condiciones edáficas y climáticas, especialmente la disponibilidad de agua, afectan directamente la producción de mora. El cambio climático ha intensificado estos desafíos, alterando los patrones de precipitación y exacerbando la escasez hídrica. La implementación inadecuada de métodos de riego puede disminuir la calidad y el rendimiento del cultivo. Por lo tanto, es esencial comprender cómo las diferentes técnicas de riego influyen en la producción de mora, incluyendo la evaluación de su eficacia en la optimización del uso del agua y el manejo integrado de plagas y enfermedades (Ali et al., 2017).

Abordar estos aspectos de manera integral requiere un enfoque multidisciplinario que combine conocimientos agronómicos, hidrológicos y de manejo de cultivos. Investigaciones en este ámbito proporcionarán información valiosa para agricultores, extensionistas agrícolas, investigadores y responsables de políticas, contribuyendo a mejorar la sostenibilidad y rentabilidad de la producción de mora en Ecuador (Banco Mundial, 2023).

Esta investigación pretende cerrar una brecha de conocimiento en torno a los desafíos de la producción de mora de Castilla y su relación con los métodos de riego por inundación, microaspersión y goteo, con el fin de fomentar prácticas agrícolas más eficientes, sostenibles y resilientes frente a las condiciones ambientales. El objetivo principal es evaluar la influencia de estos métodos de riego en el rendimiento y calidad del cultivo bajo las condiciones agroecológicas específicas de la provincia de Tungurahua, Ecuador. A partir de los resultados obtenidos, se busca proporcionar a los agricultores información técnica que les permita optimizar el manejo hídrico, garantizando un uso más eficiente del agua, lo que contribuiría a la seguridad alimentaria y a la sostenibilidad económica del cultivo a largo plazo. En este sentido, el Banco Mundial (2021) enfatiza que la implementación de sistemas de riego tecnificados es clave para mejorar la productividad agrícola y mitigar los efectos de la variabilidad climática en regiones con recursos hídricos limitados.

1. MARCO TEÓRICO

El cultivo de mora (*Rubus glaucus*), también conocida como mora de castilla, ha experimentado un auge en los últimos años debido a su importancia económica y nutricional. Sin embargo, la elección del método de riego adecuado es crucial para optimizar la productividad y calidad del fruto. En este marco teórico, se abordan los conceptos y teorías relevantes para comprender el efecto de tres métodos de riego: goteo, microaspersión e inundación, en el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de la mora de castilla.

Diversas investigaciones han demostrado que el riego por goteo y la microaspersión favorecen el crecimiento vegetativo de la mora de castilla. Estudios como los de Alvarado et al. (2021) y López et al. (2020) reportan un mayor desarrollo en altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y área foliar en comparación con otros métodos de riego. Esta ventaja se atribuye a una mayor eficiencia en la aplicación del agua, reduciendo el estrés hídrico y promoviendo una mejor absorción de nutrientes (Alcaraz et al., 2023). Por otro lado, la información sobre el efecto del riego por inundación en el crecimiento vegetativo de la mora de castilla es limitada, y se requieren estudios que exploren este método en comparación con el goteo y la microaspersión.

El riego por goteo y la microaspersión también han demostrado incrementar significativamente el rendimiento de la mora de castilla. Investigaciones como las de Silva et al. (2019) y Martínez et al. (2018) reportan un mayor número y peso de frutos por planta en comparación con otros métodos. Además, estos métodos favorecen la calidad del fruto, mejorando parámetros como tamaño, color, firmeza, contenido de azúcares y acidez (Morales et al., 2022). Similarmente, la información sobre el efecto del riego por inundación en el rendimiento y calidad del fruto de la mora de castilla es limitada, necesitando estudios comparativos con el goteo y la microaspersión.

Es necesario realizar estudios integrales que comparen el desempeño de los métodos de riego en un mismo contexto, considerando variables como crecimiento vegetativo, rendimiento, calidad del fruto, eficiencia del uso del agua y costos de implementación (Morales et al., 2022).

La mora de castilla es una planta relativamente tolerante al estrés hídrico. Sin embargo, el riego adecuado es fundamental para su óptimo crecimiento y desarrollo. Se estima que requiere un consumo de agua entre 400 y 600 mm por año, dependiendo de las condiciones climáticas y edáficas (Sota et al., 2019). El agua es absorbida por las raíces de la mora de castilla y transportada a través del xilema hasta las hojas, donde se utiliza para la fotosíntesis y otros procesos fisiológicos. El estrés hídrico puede afectar negativamente estos procesos, reduciendo el crecimiento vegetativo, la fotosíntesis y la producción de frutos (Paredes et al., 2021). Un adecuado suministro de agua favorece la apertura de los estomas, la fijación de CO_2 y la producción de azúcares (Silva et al., 2019). El estrés hídrico puede limitar la disponibilidad de nutrientes, afectando negativamente el crecimiento y desarrollo de la planta (Martínez et al., 2018).

Las condiciones climáticas, especialmente la precipitación, influyen en la elección del método de riego. En zonas con baja precipitación, se requieren métodos de riego artificial como el goteo o la microaspersión. La textura y estructura del suelo determinan la capacidad de retención de agua y la infiltración. En suelos arenosos con baja capacidad de retención, se requieren métodos de riego más frecuentes, mientras que, en suelos arcillosos con alta capacidad de retención, los riegos pueden ser menos frecuentes. En zonas con escasez de agua, se deben implementar métodos de riego

eficientes como el goteo, que minimizan las pérdidas por evaporación y escurrimiento. Además, los costos de implementación y operación de los diferentes métodos de riego deben ser considerados al tomar la decisión. El riego por goteo y la microaspersión generalmente tienen un costo inicial más alto, pero pueden generar ahorros a largo plazo en el uso de agua y mano de obra (Pérez, 2025).

El consumo de agua es el principal impacto ambiental de los métodos de riego. El riego por goteo y la microaspersión son considerados como métodos eficientes que minimizan el consumo de agua en comparación con el riego por surco o inundación. El riego por surco o inundación puede generar erosión del suelo, especialmente en terrenos con pendiente. Los métodos de riego presurizado como el goteo o la microaspersión minimizan el riesgo de erosión. Además, el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas en combinación con algunos métodos de riego, como el riego por surco o inundación, puede ocasionar la contaminación de fuentes de agua. El riego por goteo y la microaspersión permiten una aplicación más precisa de estos productos, reduciendo el riesgo de contaminación (FAO, sf).

1.1 Antecedentes Investigativos

La mora (*Rubus glaucus*), también conocida como mora de castilla, es una baya nativa de los Andes centrales y meridionales, con gran importancia económica y nutricional. Su cultivo ha experimentado un auge en los últimos años debido a su alta demanda en mercados nacionales e internacionales. Sin embargo, el manejo del riego es un factor crítico que afecta significativamente la productividad y calidad del fruto (Paredes et al., 2021).

En este contexto, esta investigación tiene como propósito analizar la influencia de tres métodos de riego: goteo, inundación y microaspersión, en el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad del cultivo de mora de castilla. La evaluación de estos sistemas permitirá generar información valiosa para mejorar la eficiencia en el uso del agua y optimizar la producción del cultivo en distintas condiciones agroecológicas. Estos métodos, descritos a continuación, constituyen un punto de partida para comprender el estado actual del conocimiento en la gestión del riego en mora y resaltan la importancia de estudios comparativos que permitan desarrollar estrategias más sostenibles para el manejo del recurso hídrico. En este sentido, Feicán et al. (2019) destacan que la

implementación de técnicas de riego eficientes es fundamental para mejorar la productividad y garantizar la sostenibilidad de los cultivos en zonas con disponibilidad hídrica variable.

El cultivo de mora de castilla (*Rubus glaucus*) requiere un suministro hídrico aproximado de 3 cm semanales para asegurar un crecimiento óptimo y una alta producción. Es fundamental mantener una humedad constante en el suelo durante todo el año, especialmente en las etapas críticas de floración y desarrollo del fruto, donde la demanda hídrica es mayor. Además, se recomienda evitar encharcamientos prolongados, ya que la mora es sensible al exceso de humedad en el suelo, lo cual puede afectar negativamente el sistema radicular y predisponer a la planta a enfermedades (Cevallos, 2019).

Diversas investigaciones han demostrado que la elección del método de riego adecuado influye en el crecimiento y desarrollo de la mora de castilla. Estudios como los realizados por Alvarado et al., (2021) y López et al., (2020) han encontrado que el riego por goteo y la microaspersión favorecen el crecimiento vegetativo, expresado en altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y área foliar, en comparación con el riego por surco. Esto se atribuye a una mayor eficiencia en la aplicación del agua, lo que reduce el estrés hídrico y promueve una mejor absorción de nutrientes.

El rendimiento y la calidad del fruto de la mora de castilla también se ven afectados por el método de riego empleado. Investigaciones como las de Silva et al., (2019) y Martínez et al., (2018) han reportado que el riego por goteo y la microaspersión incrementan significativamente el rendimiento de frutos, en términos de número y peso de frutos por planta, en comparación con el riego por surco. Además, se ha observado que estos métodos de riego favorecen la calidad del fruto, mejorando parámetros como tamaño, color, firmeza, contenido de azúcares y acidez.

Si bien existen investigaciones que evalúan individualmente el efecto de los métodos de riego por goteo y microaspersión en la mora de castilla, la información sobre el riego por inundación y su comparación directa con estos métodos es limitada. En este sentido, surge la necesidad de realizar estudios que comparen el desempeño de estos tres métodos de riego en un mismo contexto, considerando variables como el crecimiento

vegetativo, rendimiento, calidad del fruto, eficiencia del uso del agua y costos de implementación (Parra, 2020).

1.2. Categorías Fundamentales

1.2.1. Características Morfológicas y Productivas de la Mora de Castilla (*Rubus glaucus*) con Espinas

La mora de Castilla (*Rubus glaucus*) es una especie perenne y semierecta de la familia Rosaceae, ampliamente cultivada en regiones andinas de América Latina, especialmente en Colombia y Ecuador. Se caracteriza por la presencia de espinas en sus tallos y ramas, lo que requiere precaución en su manejo agronómico (Ramírez et al., 2020). Sus tallos cilíndricos tienen diámetros que varían entre 0,7 y 1,4 mm y presentan una ligera serosidad en la superficie. Las hojas trifoliadas muestran un color verde oscuro en el haz y verde claro en el envés, con márgenes biserrados y sin vellosidades (Cárdenas & Pérez, 2021).

Las inflorescencias se disponen en corimbos, y las flores poseen pétalos con un diámetro promedio de 5,27 mm. El fruto es una drupa compuesta de forma elipsoide, con un diámetro aproximado de 20,15 mm y una longitud de 22,54 mm, clasificándose dentro del calibre medio según la Norma Ecuatoriana NTE INEN 2427 (González et al., 2019). Su peso promedio es de 4,5 g y presenta un sabor agridulce, lo que lo hace ideal para su consumo fresco y para la elaboración de productos procesados como jugos y mermeladas. Además, esta variedad es reconocida por su fructificación continua a lo largo del año, con picos de producción entre junio y septiembre (Pacheco & Herrera, 2022).

Bajo un manejo agronómico adecuado, la mora de Castilla con espinas puede alcanzar rendimientos de hasta 6 kg por planta, destacándose por su adaptabilidad a diversas condiciones agroecológicas y su alto potencial productivo. Estas características la convierten en una opción valiosa para los agricultores que buscan cultivos rentables y sostenibles en zonas de altitud tropical, promoviendo su consolidación como una especie de gran importancia comercial en la región andina, (Rodríguez & Salazar, 2023).

La mora de Castilla (*Rubus glaucus*) desarrolla un sistema radicular que puede alcanzar profundidades de hasta 1 metro en suelos adecuados. Según el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), la raíz principal es pivotante, mientras que las raíces secundarias se distribuyen principalmente entre los 10 y 20 centímetros de profundidad en suelos francos.

1.2.2. Impacto del riego en el crecimiento vegetativo y en la productividad del cultivo

El crecimiento vigoroso de la mora de castilla es un fenómeno intrínsecamente ligado a la abundancia de agua en el suelo. Como afirman Silva et al. (2019), el estrés hídrico en las fases iniciales de desarrollo puede ocasionar una disminución notable en el área foliar y en el desarrollo radicular de las plantas. Esta premisa subraya la necesidad imperiosa de adoptar métodos de riego que garanticen un suministro hídrico constante y adecuado. La salud y la expansión vegetativa de la mora dependen crucialmente de esta práctica, asegurando así una base sólida para su desarrollo óptimo.

La elección del método de riego influye significativamente en la producción de frutos en cultivos relacionados con la mora de castilla, como la frambuesa y la zarzamora. En el caso de la frambuesa, el riego por goteo es considerado el método más eficiente para suministrar agua y nutrientes directamente a la zona radicular, mejorando el rendimiento y la calidad del fruto (Intagri, s.f.). En el cultivo de mora, se recomienda el riego por goteo para garantizar un desarrollo óptimo de las plantas y una producción uniforme de frutos, ya que este sistema proporciona agua de manera constante y uniforme durante los periodos críticos de crecimiento (ATTRA, 2023). Por otro lado, el riego por aspersión no es aconsejable en estos cultivos, ya que mojar las hojas y los frutos puede aumentar el riesgo de enfermedades fúngicas como la botrytis y el oídio (INIA, 2013).

1.2.3. Influencia del riego en la calidad del fruto

La calidad sensorial y comercial de los frutos de mora de castilla se ve profundamente influenciada por la técnica de riego empleada. Según Martínez et al. (2018), aspectos como el contenido de sólidos solubles, la firmeza del fruto y la concentración de azúcares son directamente modulados por el manejo de la humedad del suelo. Específicamente, el riego por goteo emerge como una herramienta crucial, ofreciendo un control preciso sobre las condiciones hídricas. Este control se traduce en frutos de

mayor tamaño, más jugosos y de calidad superior, satisfaciendo las expectativas del mercado y del consumidor exigente.

1.2.4. Necesidad hídrica en la producción de mora

La gestión eficiente del agua en la producción de mora no solo es una necesidad operativa, sino también un compromiso con la sostenibilidad ambiental. Según Alcaraz et al. (2023), el riego por goteo representa una innovación significativa al reducir el consumo de agua hasta en un 40% en comparación con métodos tradicionales como el riego por inundación. Este avance no solo optimiza los recursos disponibles, sino que también minimiza el impacto ambiental en regiones afectadas por la escasez hídrica. Así, la adopción de técnicas de riego eficientes se posiciona como un pilar fundamental para el futuro sostenible del cultivo de mora, asegurando su viabilidad a largo plazo en un contexto global de cambio climático y recursos limitados.

La mora de Castilla (*Rubus glaucus*) presenta necesidades hídricas variables a lo largo de sus diferentes estados fenológicos, lo que subraya la importancia de un manejo del riego ajustado a cada etapa para optimizar el crecimiento y la productividad del cultivo.

1. **Etapla inicial:** Marcada por el desarrollo vegetativo, durante esta fase, que abarca desde la brotación hasta el desarrollo completo de las hojas, la planta requiere una humedad del suelo cercana a la capacidad de campo para promover un desarrollo radicular y foliar óptimo. Según el manual de nutrición del cultivo de mora de Castilla, es esencial mantener una adecuada humedad del suelo en esta etapa para asegurar un crecimiento vigoroso (AGROSAVIA, 2019).
2. **Etapla de floración:** En este periodo, que comprende desde la aparición de las primeras flores hasta su plena apertura, es crucial asegurar una humedad constante en el suelo. Déficits hídricos en esta etapa pueden afectar negativamente el cuajado de los frutos y, por ende, reducir el rendimiento final. Se recomienda una aplicación de riego de aproximadamente 3 mm diarios durante esta fase crítica (DICTA, 2005).
3. **Etapla de fructificación:** Desde la formación inicial del fruto hasta su maduración, la demanda de agua se incrementa significativamente. Un suministro hídrico adecuado durante esta fase contribuye al desarrollo de frutos de mayor tamaño y calidad, además de influir positivamente en parámetros como el contenido de sólidos solubles y la firmeza del fruto. Aunque no se dispone de un valor exacto en

la literatura consultada, es recomendable ajustar el riego en función de las condiciones climáticas y del suelo para satisfacer las necesidades hídricas de la planta.

4. **Maduración y Cosecha:** En la fase final, que culmina con la recolección de los frutos, es recomendable mantener niveles de humedad que eviten el estrés hídrico, pero sin exceder en el riego para prevenir problemas de pudrición o disminución en la calidad postcosecha. El manual de nutrición del cultivo de mora de Castilla sugiere que, durante esta etapa, se debe prestar especial atención al manejo del riego para asegurar la calidad del fruto (AGROSAVIA, 2019).

1.2.5. Cálculo de la uniformidad de riego

Existen varios métodos para calcular la uniformidad de riego en sistemas presurizados; con lo son goteo y microaspersión, entre ellos podemos mencionar al propuesto por Christiansens en 1942.

Método del coeficiente de Christiansen (CUC):

Colocar tazas colectoras equidistantes (por ejemplo, cada 1 m²) dentro de la unidad experimental para capturar el agua aplicada, posterior a esto medir el volumen de agua en cada taza tras el riego, finalmente aplicar la fórmula del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CUC):

$$CUC = 100 \times \left(1 - \frac{\sum |x_i - \bar{x}|}{n \times \bar{x}}\right)$$

- x_i : Volumen de agua recolectado en cada taza.
- $\bar{x}$: Volumen promedio.
- n : Número total de tazas.

(Durand, 2018)

Para calcular el coeficiente de uniformidad en el riego por inundación, se implementó un procedimiento que involucró la colocación de estacas a intervalos de 1 metro a lo largo del surco de riego. Estas estacas sirvieron como puntos de referencia para registrar el tiempo de llegada del agua y el momento en que esta se infiltraba completamente en el suelo. El "tiempo efectivo" se definió como el intervalo desde que el agua alcanzaba una estaca hasta su completa desaparición en la superficie. Este parámetro permitió calcular la lámina de agua infiltrada en cada sección del surco. Posteriormente, se

analizaron las desviaciones entre las láminas infiltradas en las distintas secciones para determinar la uniformidad del riego, finalmente utilizamos los valores que se obtuvieron en la formula del coeficiente de Christiansen (Rain Bird, 2019).

1.3. Objetivos

Objetivo general:

Determinar la influencia de tres métodos de riego en la productividad y calidad del cultivo de mora (*Rubus glaucus*).

Objetivos específicos

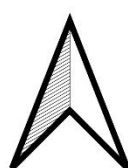
- Cuantificar la uniformidad de riego en los tres métodos de riego.
- Realizar un análisis de costos por tratamiento en la producción de mora bajo los diferentes métodos de riego empleados.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del estudio

El estudio se llevó a cabo en el barrio Palahua El Carmen, localizado en la parroquia Montalvo, cantón Ambato, en la provincia de Tungurahua, Ecuador. La zona se caracteriza por un clima templado andino, con temperaturas promedio que varían entre los 9 °C y 16 °C. (GADMA, 2020).



— Av. Manuela Garces
□ Ensayo
Google Satellite Hybrid



0 25 50 m

2.2. Caracterización del lugar.

El terreno experimental cuenta con suelo de textura franca, con buen drenaje y una moderada capacidad de retención de humedad, lo cual es favorable para la aplicación de diferentes métodos de riego. El sitio de estudio presenta una topografía ligeramente ondulada. (GADMA, 2020).

2.3. Equipos y materiales

2.3.1. Equipos

- Medidores de humedad del suelo (tensiómetros): Para registrar y monitorear el contenido de humedad en el suelo durante todo el ensayo en dos profundidades 20 cm y 40 cm.
- Balanza de precisión: Para medir el peso de los frutos en cada uno de los tratamientos, con el fin de determinar el rendimiento en términos de peso por planta.
- Software estadístico (INFOSTAT 2020): Utilizado para el análisis de datos y el desarrollo de análisis de varianza (ANOVA).
- Calibrador (Pie de rey)
- Brixómetro

2.3.2. Materiales

- Plantas de mora (*Rubus glaucus*): Se emplearon 27 plantas distribuidas en cada uno de los bloques.
- Cinta de riego por goteo con un caudal de 16 l/h cuyos goteros se encuentran dispuestos a 20 cm de manera equidistante, micro aspersores de un caudal de 30 l/h: Necesarios para la implementación de los métodos de riego evaluados en el estudio.
- Recipientes de recolección de agua: Pequeños contenedores (vasos) ubicados en distintos puntos del área de riego para captar el agua aplicada y medir su distribución en la superficie.
- Cinta métrica: Herramienta utilizada para medir las distancias entre los recipientes de recolección y verificar la disposición equidistante en el área de ensayo.

- Cronómetro: Dispositivo para registrar el tiempo de aplicación del agua en cada punto de medición, lo que permite calcular el tiempo efectivo de riego y la velocidad de infiltración.
- Fertilizantes y pesticidas: Aplicados según los requerimientos de las plantas para asegurar condiciones óptimas de crecimiento y productividad.

Fertilizantes:

- Fertilizantes nitrogenados: Urea $CO(NH_2)_2$.
- Fertilizantes fosforados: Fosfato di amónico $(NH_4)_2HPO_4$.
- Fertilizantes potásicos: Sulfato de potasio K_2SO_4 .

Pesticidas:

- Fungicidas a base de cobre: Oxiclورو de cobre.
- Fungicida sistémico: Metiltiofanato.

2.3.3. Material de oficina

Papelería y otros suministros: Se incluye papel, etiquetas para marcación de parcelas, y otros materiales de apoyo para la recolección de datos y registro de observaciones en campo.

2.4. Factores de Estudio:

2.4.1. Método de riego

- Riego por goteo (T1): Aplicación lenta y controlada de agua directamente en la zona radicular de la planta.
- Riego por microaspersión (T2): Método que dispersa agua en forma de pequeñas gotas, cubriendo un área definida alrededor de cada planta.
- Riego por inundación (T3): Consiste en llenar de agua toda el área de cultivo, dejando que esta se infiltre en el suelo de forma homogénea.

2.5. Manejo del experimento

2.5.1. Selección del sitio:

Tamaño: Se aseguró un área adecuada para establecer tres bloques experimentales, lo que permite establecer comparaciones precisas entre tratamientos.

Densidad de plantación: El ensayo tuvo lugar en un cultivo preestablecido de mora con una separación de 1.5 metros entre plantas y 2 metros entre filas, dejando callejones de 3 metros entre cada bloque para facilitar el acceso y manejo.

2.5.3. Uso de tensiómetros en la dotación de la lámina de riego

La determinación de la cantidad de agua que se aplicó en cada método de riego (goteo, inundación y microaspersión) se realizó en función de las lecturas obtenidas mediante tensiómetros instalados en los bloques experimentales. Estos instrumentos fueron instalados a una profundidad de 20 y 40 cm, dos tensiómetros por bloque, lo que permitió medir con precisión la presión del agua en el suelo. La aplicación de agua en cada uno de los bloques experimentales fue regulada mediante el uso de tensiómetros, con el objetivo de monitorear la disponibilidad hídrica del suelo y determinar el momento oportuno para la ejecución del riego. Para ello, se instalaron dos tensiómetros por bloque, ubicados a profundidades de 20 cm y 40 cm, permitiendo evaluar la humedad en la zona radicular más activa y en las capas inferiores del suelo.

Dado que el suelo presentó una textura franca, se establecieron valores de referencia para la toma de decisiones en la dotación de agua. Cuando los tensiómetros registraron valores inferiores a 10 centibares (cb), se consideró que el contenido de humedad era suficiente, por lo que no se requirió la aplicación de riego en ese momento. En contraste, cuando la medición a 20 cm alcanzó valores entre 30 y 35 cb, se determinó que el suelo había alcanzado un nivel de humedad crítico, indicando la necesidad de riego. De manera similar, si la lectura a 40 cm superó los 40 cb, se procedió a la aplicación del riego para evitar la exposición del cultivo a condiciones de estrés hídrico.

2.5.4. Cantidad y ajustes de la dotación de la lámina de riego:

Para determinar la cantidad de agua aplicada en cada método de riego, se realizaron cálculos basados en la necesidad hídrica del cultivo de mora de Castilla (*Rubus glaucus*) durante la etapa de floración. Según la literatura agronómica, esta fase requiere aproximadamente 3 mm de agua diarios, lo que equivale a 21 mm por semana. No obstante, debido a que el riego se efectuó una vez por semana, se ajustó la dotación para garantizar el suministro hídrico adecuado en cada bloque experimental.

El cálculo de la lámina de riego aplicada en cada método se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$L = \frac{ETc}{E}$$

Donde:

- **L** = Lámina de riego a aplicar (mm)
- **ETc** = Evapotranspiración del cultivo, en este caso, 21 mm/semana
- **E** = Eficiencia del sistema de riego

Cada método de riego presentó un coeficiente de eficiencia distinto: 90% para riego por goteo, 85% para microaspersión y 70% para inundación. Con base en estos valores, la lámina de riego ajustada para cada sistema se calculó de la siguiente manera:

- **Riego por goteo:**

$$L = \frac{21 \text{ mm/semana}}{0.90} = 23.3 \text{ mm/semana}$$

- **Riego por microaspersión:**

$$L = \frac{21 \text{ mm/semana}}{0.85} = 24.7 \text{ mm/semana}$$

- **Riego por inundación:**

$$L = \frac{21 \text{ mm/semana}}{0.70} = 30 \text{ mm/semana}$$

2.6. Tamaño de la muestra

Se seleccionaron 9 plantas por tratamiento, distribuidas en tres repeticiones de tres plantas por tratamiento, siguiendo un diseño de bloques completos al azar (DBCA). Esta configuración permite comparar de manera robusta las diferencias entre los tratamientos de riego en términos de rendimiento y calidad del fruto.

2.7. Variables respuestas

Número de frutos por planta: se contabilizó el total de frutos de la primera cosecha en cada una de las plantas y en cada tratamiento.

Peso total de los frutos por planta: se pesó el total de frutos producidos por planta tras la primera cosecha

Grados Brix: se midió el contenido de azúcares solubles en un solo fruto al azar, mediante la utilización de un Brixómetro

Diámetro Polar: se midió el diámetro polar de un fruto al azar por cada uno de los cuatro tallos de cada planta y se realizó un promedio de estos

Diámetro Ecuatorial: se midió el diámetro ecuatorial de un fruto al azar por cada uno de los cuatro tallos de cada planta y se realizó un promedio de estos

Altura de la planta: se midió la altura de planta desde suelo hasta el ápice de cada uno de los tallos, al inicio del periodo de fructificación

Diámetro del tallo: se midió el diámetro de cada uno de los 4 tallos con los que se realizó el ensayo a 10 cm del suelo, al inicio de la etapa fenológica de fructificación

Uniformidad de riego: se colocaron recipientes en los cuales se recolectó el agua, distribuidas uniformemente en el área regada. Posteriormente, se midió el volumen de agua recolectado en cada recipiente utilizando una regla graduada. Se procedió al cálculo del promedio de los volúmenes, finalmente se calculó la desviación con respecto al promedio para determinar el coeficiente de uniformidad de riego mediante la fórmula del coeficiente de uniformidad de Christiansens.

Costos por tratamiento: se registraron los costos de instalación de cada uno de los tratamientos implementados en el proceso de investigación

2.8. Diseño experimental

Se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres tratamientos y tres repeticiones. Las parcelas se asignaron aleatoriamente a cada tratamiento de riego para reducir el sesgo. Las diferencias significativas entre los tratamientos se analizaron mediante un ANOVA, y se aplicó la prueba de Tukey al 5% para determinar qué tratamientos presentan diferencias significativas en las variables evaluadas.

2.9. Hipótesis de investigación

Hipótesis nula (H_0): No existen diferencias significativas entre los métodos de riego en la productividad y calidad del cultivo de mora

Hipótesis alternativa (H_1): Existen diferencias significativas entre los métodos de riego en la productividad y calidad del cultivo de mora

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Número de frutos por planta primera cosecha

Realizado el Análisis de Varianza (ADEVA), para la variable Número de frutos por planta en la primera cosecha (Tabla 1), se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos (p-valor = 0,3936). El Coeficiente de Variación para esta variable fue de 12,79%.

Tabla 1 Análisis de Varianza para la variable número de frutos por planta en la primera cosecha

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	10.15	2	5.07	6.40	0.05
Tratamientos	1.88	2	0.94	1.18	0.39
Error	3.17	4	0.79		
Total	15.21	8			

Fischer y Orduz-Rodríguez (2012) reportan que la gestión eficiente de los recursos hídricos para el riego aumenta considerablemente la producción de mora debido a una mejor disponibilidad y distribución del agua durante períodos críticos de desarrollo del fruto; estos autores enfatizaron que el riego por goteo mejoró la distribución del agua en las plantas, permitiendo una optimización de la fructificación por planta, lo cual contrasta con lo que se registró en esta investigación, ya que no se pudo demostrar que los tratamientos (riego por goteo, inundación y microaspersión) tuvieran un impacto significativo en el número de frutos por planta.

Cevallos (2015) explica que la implementación de prácticas de manejo como el riego localizado en mora de Castilla (*Rubus glaucus*) debe influir en la uniformidad del rendimiento, especialmente en la etapa de fructificación. Sin embargo, en este estudio, el hecho de no encontrar diferencias significativas puede estar relacionado con factores externos no controlados, como las condiciones climáticas o las características del suelo, que podrían haber homogenizado el efecto de los tratamientos. Además, la etapa fenológica del cultivo y el estado fisiológico de las plantas podrían haber limitado el impacto diferencial del riego

3.2. Peso total de los frutos por planta primera cosecha

Al realizar el ADEVA en la variable peso total de frutos por planta primera cosecha (Tabla 2), se determinó diferencias estadísticas significativas para tratamientos (p-valor = 0.0031). El coeficiente de Variación para esta variable fue del 0,54%.

Tabla 2 Análisis de Varianza para la variable peso total de frutos por planta en la primera cosecha

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	2148.70	2	1074.35	4619.99	<0.0001
Tratamientos	15.90	2	7.95	34.19	0.0031
Error	0.93	4	0.23		
Total	2165.54	8			

Realizado la Prueba de Tukey al 5% para la variable peso total de frutos por planta en la primera cosecha (Tabla 3), se encontró dos rangos de significación, ubicándose en el primer rango el tratamiento riego por microaspersión con un promedio de 90.09 gramos de peso por planta. En el último rango se encuentran los tratamientos de riego por inundación y goteo con un promedio de 87.40 y 87.15 gramos de peso por planta respectivamente.

Tabla 3 Prueba de Tukey al 5% para la variable Peso total de los frutos por planta en la primera cosecha

Tratamientos	Medias(g)	Rango
Microaspersión	90.09	A
Inundación	87.40	B
Goteo	87.15	B

Según el SIAP (2018), los sistemas de riego localizado, como el goteo y la microaspersión, optimizan la producción en cultivos como la zarzamora al mejorar la eficiencia en la entrega de agua y nutrientes a la zona radicular. En el presente estudio, aunque se observó que el riego por microaspersión tuvo un mejor desempeño en términos de peso total de frutos por planta en la primera cosecha, los resultados para los tratamientos de riego por goteo e inundación fueron estadísticamente similares y se

ubicaron en un rango inferior. Esto sugiere que, si bien los sistemas de riego localizado pueden incrementar la productividad, su impacto podría variar dependiendo de factores como las condiciones específicas del suelo, la distribución del agua y el manejo agronómico aplicado, lo que refuerza la importancia de adaptar las estrategias de riego a las particularidades del cultivo y la región.

3.3. Grados Brix

Al realizar el ADEVA en la variable grados brix de los frutos en la primera cosecha (Tabla 4), se determinó diferencias estadísticas significativas para tratamientos (p-valor = 0.0002). El coeficiente de variación para esta variable fue del 0.26%.

Tabla 4 Análisis de varianza para la variable Grados Brix

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	6.29	2	3.14	5781.14	<0.0001
Tratamientos	0.17	2	0.08	156.26	0.0002
Error	0.002	4	0.001		
Total	6.46	8			

Al realizarse la prueba de Tukey al 5% para la variable de grados brix de los frutos en la primera cosecha (Tabla 5) se encontraron 3 rangos de significación, el primer rango riego por goteo con un promedio de 9.08 °Brix, en el segundo rango se encuentra el riego por inundación con un promedio de 8.83 °Brix. En el último rango se posiciona el riego por microaspersión constando con un promedio de 8.75 °Brix

Tabla 5 Prueba de Tukey al 5% para la variable Grados Brix

TRATAMIENTOS	Medias(°Brix)	RANGO
Goteo	9.08	A
Inundación	8.86	B
Microaspersión	8.75	C

Según Fischer et al. (2019), el suministro irregular de agua influye negativamente en la calidad de los frutos, incluyendo parámetros como los grados Brix, al alterar el equilibrio hídrico y metabólico de la planta. Al contrastar esta afirmación con los resultados obtenidos en la prueba de Tukey al 5% para la primera cosecha, se observa que el riego por goteo presentó el mayor contenido de sólidos solubles (9.08 °Brix), superando significativamente al riego por inundación (8.83 °Brix) y al riego por microaspersión (8.75 °Brix). Este hallazgo respalda la idea de que el manejo hídrico brindado de manera eficiente, como el proporcionado por el riego por goteo, permite a la planta mantener una mejor regulación del transporte y acumulación de azúcares en el fruto. Por el contrario, los métodos menos uniformes, como el riego por microaspersión, pueden reducir la calidad del fruto debido a un suministro de agua menos controlado, alineándose con lo reportado por Fischer et al. (2019) sobre la importancia de la uniformidad en el riego.

3.4. Diámetro polar

Al realizar el ADEVA en la variable diámetro polar del fruto (Tabla 6), se determinó que no existen diferencias estadísticas significativas para los tratamientos (p-valor = 0.73). El coeficiente de Variación para esta variable fue de 1.90%

Tabla 6 Análisis de Varianza para la variable Diámetro polar en los frutos de la primera cosecha

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	20.94	2	10.47	147.25	0.0002
Tratamientos	0.04	2	0.02	0.33	0.73
Error	0.28	4	0.07		
Total	21.27	8			

Según el Servicio de Educación Agrícola y Extensión de Honduras (2021), el riego adecuado en el cultivo de mora es esencial para optimizar el rendimiento y la calidad de los frutos, ya que un suministro hídrico constante y uniforme puede incrementar el tamaño de la fruta, incluyendo su diámetro. Sin embargo, en el presente estudio, el

análisis de varianza para el diámetro polar del fruto no mostró diferencias significativas entre los distintos tratamientos de riego. Este resultado sugiere que, bajo las condiciones específicas del experimento, el diámetro polar de los frutos no se vio afectado por las variaciones en el manejo del riego. Es posible que factores genéticos o ambientales, no considerados en este análisis, desempeñen un papel más determinante en esta característica específica del fruto.

3.5. Diámetro ecuatorial

Al realizarse el ADEVA para la variable del diámetro ecuatorial en los frutos de la primera cosecha (Tabla 7), se determinó que no existen diferencias significativas en los tratamientos (p-valor = 0.45). El coeficiente de variación para esta variable fue de 2.73%

Tabla 7 Análisis de Varianza para la variable diámetro ecuatorial en los frutos de la primera cosecha

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	14.09	2	7.04	61.47	0.001
Tratamientos	0.22	2	0.11	0.96	0.45
Error	0.45	4	0.11		
Total	14.77	8			

Según Alzate, Mayor y Montoya (2020), las prácticas de manejo agronómico, incluyendo el riego, pueden influir en las propiedades fisicoquímicas y fisiológicas de los frutos de mora (*Rubus glaucus*), afectando aspectos como el tamaño y la calidad del fruto, sin embargo, en el presente estudio, el análisis de varianza para el diámetro ecuatorial del fruto no mostró diferencias significativas entre los distintos tratamientos de riego. Este resultado sugiere que, bajo las condiciones específicas del experimento, el diámetro ecuatorial de los frutos no se vio afectado por las variaciones en el manejo del riego.

3.7. Altura de la planta

Se realizó un ADEVA para evaluar el efecto de diferentes tratamientos sobre la altura de la planta al inicio de la etapa fenológica de fructificación (Tabla 8). Los resultados del análisis muestran que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (p-valor = 0.96). El coeficiente de variación para esta variable fue del 25.76%.

Tabla 8 Análisis de Varianza para la variable Altura de la planta al inicio de la etapa fenológica de fructificación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	494.865	2	247.432	0.26	0.7829
Tratamientos	61.161	2	30.58	0.032	0.9686
Error	3802.273	4	950.568		
Total	4358.299	8			

Bautista (2018), menciona que, el riego durante la floración y el crecimiento de la fruta es crucial para aumentar el rendimiento del cultivo de mora, mejorando la cantidad y tamaño de la fruta, así como el diámetro de las ramas, sin embargo, en el presente estudio, el análisis de varianza para la altura de la planta al inicio de la etapa fenológica de fructificación no mostró diferencias significativas entre los distintos tratamientos de riego.

3.8. Diámetro del tallo

Realizado el ADEVA sobre la variable de diámetro del tallo al inicio de la etapa fenológica de fructificación (Tabla 9). Los resultados del análisis indican que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (p-valor = 0.42). El coeficiente de variación para esta variable fue del 33.90%.

Tabla 9 Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo al inicio de la etapa fenológica de fructificación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	211.75	2	105.87	0.28	0.76
Tratamientos	781.78	2	390.89	1.05	0.42
Error	1486.21	4	371.55		
Total	2479.74	8			

Según el Instituto Colombiano Agropecuario (sf), el manejo fitosanitario aunado con prácticas agronómicas adecuadas como la implementación de un correcto método de riego, puede influir en el desarrollo general de la planta, incluyendo el diámetro del tallo.

Sin embargo, en el presente estudio, el análisis de varianza para el diámetro del tallo al inicio de la etapa fenológica de fructificación no mostró diferencias significativas entre los distintos tratamientos de riego, este resultado sugiere que, bajo las condiciones específicas del experimento, el diámetro del tallo no se vio afectado por las variaciones en el manejo del riego.

3.9. Uniformidad de riego

Al realizar el ADEVA para la variable Uniformidad de riego (Tabla 10), se determinó que existe una diferencia estadística significativa entre los tratamientos (p-valor =0.0002). El coeficiente de variación para esta variable fue de 3.84%.

Tabla 10 Análisis de varianza para la variable de uniformidad de riego

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	30	2	15	1.61	0.3077
Tratamientos	2721.02	2	1360.51	145.62	0.0002
Error	37.37	4	9.34		
Total	2788.39	8			

Realizando la prueba de Tukey al 5 % se encontraron 2 rangos de significancia, en el primer rango de significación se encuentran riego por goteo y microaspersión con un promedio de 93.89 % y 89.69% de uniformidad de riego respectivamente, en el último rango se encuentra el riego por inundación con un promedio de 55.09 % de uniformidad de riego.

Tabla 11 Prueba de Tukey al 5 % para la variable Uniformidad de riego en %

Tratamientos	Medias (%)	Rango
Goteo	93.89	A
Microaspersión	89.69	A
Inundación	55.09	B

Según Bird (2019), la uniformidad de riego (CUC) mide qué tan equitativamente se aplica el agua en un campo durante el riego, siendo esencial para la eficiencia del sistema, estos resultados sugieren que los sistemas de riego por goteo y microaspersión proporcionan una distribución de agua más uniforme en el cultivo de mora, lo que podría traducirse en una mayor eficiencia en el uso del recurso hídrico y potencialmente en mejores rendimientos del cultivo. Por otro lado, el riego por inundación muestra una uniformidad insuficiente, lo que podría afectar negativamente el desarrollo homogéneo de las plantas y la productividad del cultivo

3.10. Costos por tratamiento

Al realizarse el cálculo de los costos de instalación por tratamiento (Tabla 12), se determinó que cada uno de los métodos de riego tienen un valor diferente.

Tabla 12 Análisis de los costos totales de instalación por tratamiento

Elemento	Riego por Goteo (USD)	Riego por Microaspersión (USD)	Riego por Inundación (USD)
Tuberías principales (Ø 2")	50	50	20
Tuberías secundarias (Ø 1.5")	30	25	10
Válvulas de apertura	11.25	11.25	11.25
Cintas goteras (Netafim DripNet)	45	0	0
Micro aspersores (Rain Bird 1800 Series)	0	27	0
Bomba de agua (2 HP Eléctrica)	100	100	100
Filtro de anillos (Irritec RDF-2)	30	30	30
Costos de instalación	15	15	0
Total por método de riego (USD)	281.25	258.25	171.25

El SIAP (2018) señala que los sistemas de riego localizado tienden a generar mayores rendimientos que compensan los costos iniciales más altos, especialmente en cultivos

como la zarzamora o también conocida como mora de castilla, que son sensibles a la eficiencia en el manejo del agua. Sin embargo, los costos relativamente bajos asociados al riego por inundación pueden ser una ventaja para productores con recursos limitados, aunque este método puede no ser tan eficiente en términos de uniformidad de riego y sostenibilidad a largo plazo, esto concuerda con los resultados mostrados en ésta investigación ya que se demuestra que los costos significativamente más altos de los riegos por goteo e inundación en comparación con inundación afectan a la calidad del fruto.

3.11. Comprobación de la hipótesis

Por medio de la investigación que se realizó se acepta la hipótesis alterna en la que se menciona que existen diferencias significativas entre los métodos de riego en la productividad y calidad del cultivo de mora

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

El análisis de los tres métodos de riego empleados mostró que el riego por goteo y microaspersión lograron altos niveles de uniformidad, con coeficientes de uniformidad cercanos al 95% y 90%, respectivamente, lo que garantiza una distribución eficiente del agua en el área de cultivo. Por el contrario, el riego por inundación presentó un coeficiente de uniformidad del 56%, reflejando una menor eficiencia en la aplicación del agua. A pesar de esto, su simplicidad y menores requerimientos técnicos lo convierten en una alternativa viable para pequeños productores que buscan reducir costos. Estos resultados destacan que la elección del método de riego debe considerar tanto la eficiencia hídrica como las condiciones específicas del suelo y la disponibilidad de recursos, reforzando la importancia del manejo adecuado del agua para la sostenibilidad y productividad del cultivo de mora de Castilla.

La evaluación de los costos de instalación de los sistemas de riego determinó que el riego por goteo tuvo el mayor costo, con un total de \$281.25, seguido por el microaspersión con \$258.25, y finalmente el riego por inundación, que representó el método más económico con un costo de \$171.25. A pesar de esta diferencia, los métodos de riego localizado como el goteo y el microaspersión demostraron una mayor eficiencia en el uso del agua y uniformidad de aplicación, lo que puede traducirse en mejores rendimientos a largo plazo. Estos hallazgos enfatizan que, aunque los costos iniciales pueden ser más altos, los beneficios en términos de productividad y sostenibilidad justifican la inversión, particularmente en cultivos como la mora de Castilla, donde la gestión del agua es crítica para maximizar la calidad y el rendimiento.

4.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación del sistema de riego por goteo y microaspersión en futuras investigaciones y prácticas agrícolas pudiéndose ser tanto a mayor como a menor escala, ya que se mostraron mejoras significativas en el rendimiento y calidad del fruto, lo que subraya el potencial de estos métodos de riego para optimizar la producción agrícola y el uso eficiente del agua.

Adicionalmente, se recomienda que para futuras investigaciones se realice un análisis de los métodos de riego considerando diferentes densidades de plantación y tipos de suelo con el fin de determinar la productividad y calidad del fruto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaraz, J., Díaz, M., & Pérez, F. (2023). Eficiencia hídrica en cultivos de mora: Un enfoque sobre el riego por goteo. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 45(2), 112-120.

Ali, S., Liu, Y., Ishaq, M., Shah, T., Abdullah, Ilyas, A., & Din, I. U. (2017). Climate change and its impact on the yield of major food crops: Evidence from Pakistan. *Foods*, 6(6), 1–19. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/foods6060039>

Alvarado, R., Herrera, S., & López, G. (2021). Evaluación comparativa de métodos de riego en cultivos frutales. *Journal of Agricultural Research*, 36(1), 88-97.

Alzate Quintero, A. C., Mayor Marín, N., & Montoya Barreto, S. (2020). Influencia del manejo agronómico, condiciones edáficas y climáticas sobre las propiedades fisicoquímicas y fisiológicas de la mora (*Rubus glaucus* Benth.) en dos zonas de la región centro sur del departamento de Caldas. *Agronomía*, 18(2), 37-46. Recuperado de https://doctoradoagrarias.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/07/influencia-del-manejo-agronomico-mora-agronomia182_5.pdf

Andrade, R., & Chicaiza, D. (2016). Optimización del riego en cultivos frutales en la sierra ecuatoriana. *Ciencias Agrícolas Latinoamericanas*, 15(3), 55-63.

ATTRA. (2023). Zarcas: Producción Orgánica. Recuperado de <https://attra.ncat.org/es/publication/brambles-produccion-organica/>

Banco Mundial. (2021). *En Ecuador, el riego tecnificado equivale a cultivos más sostenibles y mejor alimentación*. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2021/07/14/en-ecuador-el-riego-tecnificado-equivale-a-cultivos-m-s-sostenibles-y-mejor-alimentacion>

Banco Mundial. (2023). *Cambio climático en Ecuador: Retos y oportunidades para un desarrollo bajo en carbono*. Recuperado de <https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/cambio-climatico-en-ecuador--retos-y-oportunidades-para-un-desar>

Bautista, M. (2018). *Manejo agronómico del cultivo de mora de castilla (Rubus glaucus Benth.) en la zona de San Juan, provincia de Pichincha*. Universidad Agraria del Ecuador. Recuperado de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CEVALLOS%20BERMEO%20LUIS%20ALBERTO.pdf>

Bird, R. (2019). *Uniformidad de la Distribución*. Recuperado de https://www.rainbird.com/sites/default/files/201610/models/documentsagL387_DistributionUniformity_es.pdf

Cárdenas, J., & Pérez, M. (2021). *Caracterización morfológica y productiva de la mora de Castilla en Colombia*. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 18(2), 45-60.

Cevallos Bermeo, L. A. (2019). *Manejo agronómico del cultivo de mora de Castilla (Rubus glaucus Benth.) en la zona de San Juan, provincia de Chimborazo* [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio Institucional UAGRARIA. [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CEVALLOS%20BERMEO%20LUIS%20ALBERT O.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CEVALLOS%20BERMEO%20LUIS%20ALBERT%20O.pdf)

Durand, G. (2018). *Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Riego por Aspersión con Línea Lateral Unitaria en el Distrito Huambo, Provincia Caylloma, Región Arequipa*. Universidad Católica de Santa María. Recuperado de <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/8672>

Feicán M, C., Huaraca, H., Martínez, A., & Viteri D., P. (2019). *Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de mora (Rubus glaucus Benth.)*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5476>

Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of experimental botany*, 58(2), 147-159.

Fischer, G., & Orduz-Rodríguez, J. O. (2019). Efecto del agua en la calidad del fruto. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(1), 76-89. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Gerhard_Fischer/publication/257409041_Efecto_del_agua_en_la_calidad_del_fruto/links/0c9605253310700c68000000/Efecto-del-agua-en-la-calidad-del-fruto.pdf

Franco, G., Díaz Jiménez, J., & Martínez, R. (2020). Factores que afectan la producción de mora de castilla en América y Europa. *Horticultural Science*, 25(1), 98-110.

Galarza, W., Jácome, R., & Encalada, F. (2017). *El cultivo de la mora en el Ecuador*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/314313962_El_cultivo_de_la_mora_en_el_Ecuador

González, L., Ramírez, D., & Suárez, C. (2019). *Normativas y estándares de calidad en frutos de mora de Castilla*. *Boletín Técnico Agrícola*, 12(4), 33-48.

INIA. (2013). *Riego en Frambuesa*. Recuperado de <https://biblioteca.inia.cl/bitstreams/d4996530-7777-4228-9e53-b26dcda8fd9d/download>

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (sf). *Manejo fitosanitario del cultivo de la mora*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getattachment/b7e061eb-ebd3-4f80-9518->

c771712405eb/-nbsp3bmanejo-fitosanitario-delcultivo-de-la-mora.aspx

Intagri. (s.f.). El Cultivo de la Frambuesa. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/frutillas/el-cultivo-de-la-frambuesa>

López, G., Pérez, C., & Morales, L. (2020). Impacto del riego en la fisiología y productividad de *Rubus glaucus*. *Journal of Plant Science*, 12(3), 65-75.

Martínez, R., Silva, J., & Gómez, P. (2018). Calidad del fruto de *Rubus glaucus* bajo diferentes sistemas de riego. *Revista Agroecológica*, 18(2), 134-141.

Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. (2015). *Manual de manejo del cultivo de mora de castilla*. Quito, Ecuador: MAG.

Morales, L., Gómez, F., & Torres, V. (2022). Riego eficiente en la mejora de la calidad de mora de castilla. *Ciencias Agrícolas Latinoamericanas*, 29(4), 50-58.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s.f.). *Contaminación agrícola de los recursos hídricos: Introducción*. Recuperado de <https://www.fao.org/4/w2598s/w2598s03.htm>

Pacheco, R., & Herrera, G. (2022). *Crecimiento y desarrollo de Rubus glaucus en condiciones agroecológicas de la región andina*. *Ciencia y Tecnología Agraria*, 25(1), 15-30.

Paredes, D., Herrera, S., & Alcaraz, J. (2021). Impacto ambiental de los métodos de riego en cultivos perennes. *Revista de Medio Ambiente y Agricultura*, 22(3), 85-94.

Parra, C. J. (2020). *Diseño de un sistema de riego para un cultivo de mora de castilla de 0.7 hectáreas de la finca La Esperanza en Chiquinquirá (Boyacá)*. Universidad Autónoma de Nariño. Recuperado de <https://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/2804/13/2020CarlosJordanParraRocha.pdf>

Pérez, A. (2025). En Villarrobledo y Tomelloso se estudia la aplicación de la Inteligencia Artificial en la agricultura. *Radio Azul SER*. Recuperado de <https://cadenaser.com/castillalamancha/2025/01/15/en-villarrobledo-y-tomelloso-se-estudia-la-aplicacion-de-la-inteligencia-artificial-en-la-agricultura-radio-azul/>

Ramírez, A., López, V., & Martínez, H. (2020). *Producción y manejo agronómico de la mora en sistemas sostenibles*. Editorial Agroecológica Andina.

Rodríguez, M., & Salazar, E. (2023). *Evaluación de la productividad de mora de Castilla en sistemas de riego localizado*. *Revista Latinoamericana de Agricultura*, 30(3), 85-100.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2018). *Muestra de costos*

para producir y cosechar zarzamoras. Recuperado de https://coststudyfiles.ucdavis.edu/uploads/cs_public/3e/6e/3e6e2dd9-a6c7-4272-84b4-f5eaaddcdb1c/span_bpblackberrycc2018-final.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2018). *Muestra de costos para producir y cosechar zarzamoras.* Recuperado de https://coststudyfiles.ucdavis.edu/uploads/cs_public/3e/6e/3e6e2dd9-a6c7-4272-84b4-f5eaaddcdb1c/span_bpblackberrycc2018-final.pdf

Silva, J., Morales, L., & Pérez, M. (2019). Efecto del riego en la producción y fotosíntesis en mora de castilla. *Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 15(2), 101-109.

Sota, F., Díaz, M., & Pérez, F. (2019). Necesidades hídricas en *Rubus glaucus*: Un enfoque agronómico. *Revista Científica Agropecuaria*, 14(3), 72-79.

ANEXOS

1. DATOS RECOLECTADOS DE ALTURA PLANTA(CM)

TRATAMIENTO	I	II	III
GOTEO	127.50	141.67	84.58
INUNDACIÓN	137.92	92.50	139.58
MICROASPERSIÓN	116.67	94.75	141.67

2. DATOS RECOLECTADOS DE DIAMETRO TALLO(MM)

TRATAMIENTO	I	II	III
GOTEO	75.00	78.33	50.00
INUNDACIÓN	19.17	54.17	61.67
MICROASPERSIÓN	55.83	49.17	68.33

3. DATOS RECOLECTADOS DE GRADOS BRUX

TRATAMIENTO	I	II	III
GOTEO	10.10	9.13	8.03
INUNDACIÓN	9.83	8.93	7.83
MICROASPERSIÓN	9.77	8.80	7.70

4. DATOS RECOLECTADOS DE NÚMERO DE FRUTOS

TRATAMIENTO	I	II	III
GOTEO	8.66	4.66	6.00
INUNDACIÓN	7.66	7.00	6.00
MICROASPERSIÓN	9.00	6.33	7.33

5. DATOS RECOLECTADOS DE PESO TOTAL (G)

TRATAMIENTO	I	II	III
GOTEO	106.00	87.33	68.13
INUNDACIÓN	105.67	87.87	68.67
MICROASPERSIÓN	109.47	90.00	70.80

6. DATOS RECOLECTADOS DE DIÁMETRO POLAR (MM)

TRATAMIENTO	I	II	III
GOTEO	15.90	13.90	11.90
INUNDACIÓN	16.07	14.07	12.07
MICROASPERSIÓN	15.50	14.30	12.30

7. DATOS RECOLECTADOS DE DIÁMETRO ECUATORIAL (MM)

TRATAMIENTO	I	II	III
GOTEO	13.83	12.53	10.67
INUNDACIÓN	13.97	11.70	11.00
MICROASPERSIÓN	14.30	12.17	11.33

8. DATOS RECOLECTADOS DE CUC (%)

TRATAMIENTO	I	II	III
GOTEO	94.10	93.55	94.03
INUNDACIÓN	54.29	50.97	60.00
MICROASPERSIÓN	85.63	91.11	92.33

9. DISPOSICIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
T1	T3	T2
T2	T1	T3
T3	T2	T1

10. EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DE INSTALCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO



11. EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DE PRIMERA PODA



12. EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DE INSTALACION DEL SISTEMA DE TUTORAJE



13. EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DE TOMA DE DATOS

