CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHOS DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo…**Carlos Santiago Ordoñez Alvarado**……..

autor/a de la tesis titulada:

RIEGO POR GOTEO Y CONDICIONES DE DRENAJE EN EL DESARROLLO DE *Pelargonium sp.*, ESTUDIO PARA LA GESTIÓN HÍDRICA EN HORTICULTURA CIUDAD DE CUENCA – ECUADOR

mediante el presente documento, declaro que la obra mencionada es de mi exclusiva autoría y producción. Esta tesis ha sido elaborada como uno de los requisitos previos para la obtención del título de: "**Magíster en Sistemas de Riego y Manejo Integrado de Cuencas"** en la Universidad Andina Simón Bolívar - Sede Central (UASB).

Cesión de Derechos:

1. **Derechos cedidos:** A partir de la fecha de la defensa de grado, cedo a la UASB, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación de la obra. La UASB está autorizada a utilizar esta obra por cualquier medio, actualmente conocido o que se desarrolle en el futuro, siempre y cuando establezca adecuadamente mi autoría y se realice sin fines de lucro. Esta cesión incluye la reproducción total o parcial en formato físico, electrónico o digital, así como su uso y difusión en repositorios y otros recursos a través de Internet.
2. **Responsabilidades del Autor:** Declaro que, en caso de presentarse cualquier reclamo o demanda por parte de terceros respecto de los derechos de autor de la obra mencionada, asumo toda la responsabilidad legal frente a terceros y a la propia universidad, incluyendo, sin limitación, la defensa de tales reclamos y el mantenimiento de la UASB indemne frente a las mismas.
3. **Presentación de la Obra:** La obra y sus anexos se presentan ante la biblioteca de la UASB en formato digital.

Firma: …… Validar únicamente en FirmaEC. Firmado electrónicamente por: CARLOS SANTIAGO ORDOÑEZ ALVARADO

Nro. de documento de identidad:…**0104987649**……

UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL
Sucre – Bolivia

MAESTRÍA EN SISTEMAS DE RIEGO Y MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS

RIEGO POR GOTEO Y CONDICIONES DE DRENAJE EN EL DESARROLLO DE *Pelargonium sp.*, ESTUDIO PARA LA GESTIÓN HÍDRICA EN HORTICULTURA

CIUDAD DE CUENCA – ECUADOR

Tesis presentada para optar al Grado Académico de Magíster en Sistemas de Riego y Manejo Integrado de Cuencas

MAESTRANTE: CARLOS SANTIAGO ORDOÑEZ ALVARADO

Sucre – Bolivia

2026

UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL
Sucre – Bolivia

MAESTRÍA EN SISTEMAS DE RIEGO Y MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS

RIEGO POR GOTEO Y CONDICIONES DE DRENAJE EN EL DESARROLLO DE *Pelargonium sp.*, ESTUDIO PARA LA GESTIÓN HÍDRICA EN HORTICULTURA

CIUDAD DE CUENCA – ECUADOR

Tesis presentada para optar al Grado Académico de Magíster en Sistemas de Riego y Manejo Integrado de Cuencas

MAESTRANTE: CARLOS SANTIAGO ORDOÑEZ ALVARADO

TUTORA: MIRIAM REIBÁN

Sucre – Bolivia

2026

DEDICATORIA

A la vida, a cada desafío superado, a mi hija y a la naturaleza que me ha permitido apasionarme y entender la grandeza de la vida.

AGRADECIMIENTOS

A mí familia, mi esposa Verónica por ser el apoyo incondicional en este camino, a mi hija Emma, que con su llegada en esta trayectoria le dio más sentido a la vida. A mí directora Miriam Reiban, quien supo orientarme en este proceso, a mis familiares y amigos, que supieron comprender y apoyar a lo largo de los estudios.

RESUMEN

La gestión eficiente del recurso hídrico en la horticultura ornamental representa un desafío ante los efectos del cambio climático y las necesidades en contextos urbanos como la ciudad de Cuenca, Ecuador. El presente estudio evaluó los efectos de la frecuencia de riego por goteo automatizado y las condiciones de drenaje sobre el desarrollo foliar, floral y los signos visuales de estrés hídrico de Pelargonium sp. cultivado en macetas, con el propósito de generar criterios técnicos para la gestión hídrica en viveros locales.

Mediante un diseño factorial 2×2 con cinco repeticiones por tratamiento (n=20), se compararon dos frecuencias de riego (cada 2 y cada 4 días) y dos condiciones de drenaje (ausente y presente) durante un período de 60 días. El análisis de varianza de medidas repetidas (ANOVA RM) reveló que el tiempo constituyó el factor con mayor tamaño de efecto sobre la altura y la cantidad de hojas. Las condiciones de drenaje ejercieron efectos estadísticamente significativos sobre la altura, la cantidad de hojas y la producción floral, siendo superiores en las plantas con drenaje presente. La frecuencia de riego no mostró efectos significativos, y el marchitamiento se mantuvo en niveles leves en todos los tratamientos.

El tratamiento F2P —riego cada cuatro días con presencia de drenaje— presentó los valores más favorables de altura al término del ciclo experimental, constituyéndose como la estrategia de mayor eficiencia hídrica para la producción ornamental de geranio en maceta. Estos hallazgos aportan evidencia científica para la toma de decisiones en la gestión del riego en la horticultura de Cuenca, promoviendo prácticas sostenibles y el uso racional del agua.

Palabras clave: *Pelargonium* sp., riego por goteo, drenaje, plantas ornamentales, gestión hídrica, horticultura urbana.

ABSTRACT

Efficient water resource management in ornamental horticulture is a challenge given the effects of climate change and the needs of urban contexts such as the city of Cuenca, Ecuador. This study evaluated the effects of automated drip irrigation frequency and drainage conditions on the foliar and floral development and the visual signs of water stress of potted *Pelargonium* sp., with the aim of generating technical criteria for water management in local nurseries.

Using a 2×2 factorial design with five replicates per treatment (n = 20), two irrigation frequencies (every 2 and every 4 days) and two drainage conditions (absent and present) were compared over a 60-day period. Repeated-measures analysis of variance (RM ANOVA) showed that time was the factor with the largest effect size on plant height and number of leaves. Drainage conditions had statistically significant effects on height, number of leaves and flower production, with higher values in plants with drainage. Irrigation frequency showed no significant effects, and wilting remained at mild levels in all treatments.

Treatment F2P (irrigation every four days with drainage) showed the most favorable height values at the end of the experimental cycle, making it the most water-efficient strategy for the production of potted ornamental geranium. These findings provide scientific evidence to support irrigation management decisions in the horticulture of Cuenca, promoting sustainable practices and the rational use of water.

Keywords: *Pelargonium* sp., drip irrigation, drainage, ornamental plants, water management, urban horticulture.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN ..... **iii**

ABSTRACT ..... **iv**

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN **1**

1.1 Antecedentes 1

1.2 Justificación 3

1.3 Planteamiento del problema 4

1.3.1 Situación problemática 4

1.3.2 Formulación del problema (en pregunta) 6

1.4 Delimitación 7

1.4.1 Objeto de estudio 7

1.4.2 Campo de acción 7

1.5 Objetivos 7

1.5.1 Objetivo general 7

1.5.2 Objetivos específicos 7

1.6 Hipótesis 8

1.6.1 Formulación de la hipótesis 8

1.6.2 Identificación de variables y análisis de indicadores 8

1.6.2.1 Variables independientes 8

1.6.2.2 Variables dependientes 8

1.6.3 Operativización de variables 8

1.7 Metodología de la investigación 9

1.7.1 Métodos teóricos 9

1.7.2 Métodos e instrumentos para la indagación 10

1.7.2.1 Métodos empíricos 10

1.7.2.2 Técnicas 10

1.7.2.3 Muestra: diseño experimental 18

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO **20**

2.1 *Pelargonium* sp.: características y requerimientos hídricos 20
2.2 Características de desarrollo 21
2.2.1 Altura 21
2.2.2 Cantidad de hojas 21
2.2.3 Cantidad de flores 21
2.2.4 Marchitamiento 22
2.3 El goteo como técnica de riego 22
2.4 Eficiencia, limitaciones y beneficios del riego por goteo 24
2.5 Cultivo de plantas en macetas 25
2.6 Riego y drenaje en cultivo de *Pelargonium* sp. en macetas 26
CAPÍTULO III. MARCO CONTEXTUAL 27
3.1 Ubicación geográfica 27
3.2 División político-administrativa 27
3.3 Ubicación de la región 28
3.4 Escenarios de planificación 29
3.5 Condiciones socioeconómicas 30
3.6 Situación actual 30
3.7 Conclusiones 31
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES 32
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 42
5.1 Conclusiones 42
5.2 Recomendaciones 43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 44
ANEXOS 53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Operativización de variables* 9
Tabla 2. *Escala visual de marchitamiento* 13
Tabla 3. *Características iniciales de desarrollo foliar y floral* 32
Tabla 4. *Signos visuales iniciales de estrés hídrico* 33
Tabla 5. *Análisis ANOVA RM intrasujeto* 34
Tabla 6. *Análisis ANOVA RM entre sujetos* 36
Tabla 7. *Post hoc del tiempo* 37
Tabla 8. *Post hoc: frecuencia y drenaje* 38
Tabla 9. *Descriptivos en cada momento.* 39
Tabla 10. *Frecuencia de plantas en las etapas de marchitamiento en cada tiempo de medición.* 40
Tabla 11. *Comparación entre tratamientos en el T60 (a los 60 días) de las características: altura, cantidad de hojas, cantidad de flores y etapas de marchitamiento.* 41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Riego en superficie* 5
Figura 2. *Evidencia de falta de uniformidad en la producción.* 6
Figura 3. *Diagrama de sistema de riego automatizado.* 12
Figura 4. *Preparación de las macetas para los tratamientos con y sin drenaje.* 13
Figura 5. *Incorporación del material filtrante y llenado de las macetas con sustrato.* 14
Figura 6. *Codificación de macetas* 14
Figura 7. *Distribución de las unidades experimentales de geranio y disposición de las líneas de riego.* 15
Figura 8. *Electroválvulas instaladas en la línea principal de riego.* 15
Figura 9. *Ramificación de las líneas de riego hacia las unidades experimentales.* 16
Figura 10. *Ensamblaje de estaca, microtubo y gotero para el suministro de agua.* 16
Figura 11. *Presión al inicio (izquierda) y al final (derecha) en las líneas de funcionamiento.* 17
Figura 12. *Evidencia de limpieza* 17
Figura 13. *Evidencia de medición.* 18
Figura 14. *Diseño experimental* 19
Figura 15. *Ubicación geográfica de la provincia del Azuay.* 27
Figura 16. *Parroquias de la ciudad de Cuenca.* 28
Figura 17. *Cantones de la provincia del Azuay.* 29

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. *Ficha de registro* 53
Anexo 2. *Estructura de matriz para la base de datos (estructura parcial)* 54

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Con el desarrollo de la jardinería y el paisajismo, el sector productivo de plantas ornamentales y específicamente en la subcategoría de la floricultura, ha experimentado un crecimiento acelerado en las últimas décadas y su valor económico comercial se fija en función de su calidad y presentación final. Esto explica la necesidad de un ajuste riguroso en la nutrición, riegos, plagas, etc., por lo que el agua es uno de los factores más importantes para la producción. Sin embargo, su uso en muchos casos se hace sin un criterio objetivo que evite el derroche (Lorenzo et al., 2016).

Dentro de la horticultura ornamental, la floricultura, rama dedicada al cultivo de flores y plantas ornamentales, ha adquirido creciente relevancia. El geranio (Pelargonium spp.) es una de las plantas ornamentales más relevantes económicamente a nivel global, no solo por su valor estético en la floricultura comercial, sino también por el alto valor de sus aceites esenciales en las industrias cosmética y farmacéutica (Acosta Durán & Acosta Peñaloza, 2018; Narnoliya et al., 2019). La especie Pelargonium, comúnmente conocida como geranio, se utiliza en el cultivo de plantas en macetas y en aplicaciones de paisajismo en todo el mundo. Se estima que el mercado mundial del geranio mueve comercialmente aproximadamente 100 millones de dólares y son los productores israelitas quienes venden hasta el 5% del total; en el 2022 se identificaron aproximadamente 280 variedades de geranio (Kutsher et al., 2022) de las cuales cuatro especies de geranio tienen aplicaciones comerciales: geranio zonal (Pelargonium x hortorum), geranio perfumado (Pelargonium sp.), pelargonium real (Pelargonium x domesticum) y geranio hiedra real (Pelargonium peltatum)(Narnoliya et al., 2019) .

Las plantas ornamentales, entre ellas el geranio, son de rápido crecimiento y presentan un elevado consumo de agua y nutrientes, con una baja eficiencia en su utilización (Brentari et al., 2020). Además, los sistemas de producción ornamentales comparten problemas de producción similares, debido a la topografía climática y los sistemas específicos del sitio, por lo que la mayoría de las decisiones operativas diarias en la gestión del agua son únicas (Ristvey et al., 2019). Inclusive se pierden especies por desconocimiento de la cantidad de humedad que necesitan las plantas o por la falta de conocimiento sobre la frecuencia del riego en función de la capacidad que tiene el suelo para mantener la humedad y las necesidades hídricas de cada tipo de planta (Hernández Mendoza et al., 2022).

En este contexto, la seguridad hídrica en los sistemas de producción de plantas ornamentales es vital para mantener la rentabilidad; a menudo se necesitan sistemas de tratamiento costosos o complicados, junto con mano de obra calificada, para garantizar la

calidad del agua y la salud de las plantas (Ristvey et al., 2019). El agua de riego se aprovecha de manera más eficiente cuando se suministra a las plantas de forma casi instantánea, manteniendo un nivel de humedad constante a lo largo del tiempo y aportando únicamente la cantidad necesaria. Tanto el exceso como la deficiencia de agua tienen implicaciones para el desarrollo del cultivo, lo que está estrechamente relacionado con la forma de suministro (Quevedo Nolasco et al., 2023).

Además, durante el diseño, ejecución, manejo y explotación de jardines, intervienen varios factores, tales como vegetación, clima, movimiento de tierra, drenaje y sistema de riego; efectos del cambio climático, los mismos que influyen negativamente en el desarrollo de la vegetación, siendo necesario disponer de un sistema de riego de alta eficiencia hídrica, adaptado a las condiciones de explotación de las instalaciones. En el proceso de diseño, se deben definir las necesidades hídricas, fuentes de abasto, esquemas hidráulicos de redes, tipo de riego, selección y ubicación de puntos de riego, marco de riego, dimensionamiento de laterales y red principal de riego (Pino et al., 2020).

En este sentido, existen una diversidad de métodos para el abastecimiento de agua (riego) basados en el sistema agrícola, intensivo o extensivo (Quevedo Nolasco et al., 2023). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -FAO- (2020) clasifica los sistemas de riego según la energía requerida para la captación y según la distribución de agua; esta última puede clasificarse en inundación, aspersión, microaspersión y goteo. Entre ellos, el riego por goteo es un método económico y eficiente que reduce la escorrentía y la evaporación, y se utiliza cada vez más en jardines residenciales y árboles y arbustos (Dasberg & Or, 1999). Este tipo de sistema permite ahorrar agua y nutrientes mientras mantiene la salud de las plantas; sin embargo, requiere un diseño, una instalación y un mantenimiento adecuado para lograr eficiencia óptima (Guo & Li, 2024) .

Ante los desafíos del cambio climático y la necesidad de producción, la tecnificación del riego es fundamental para optimizar el uso del agua y fertilizantes, mejorando la calidad de la planta y garantizando la sostenibilidad de la producción en invernaderos (Morrison et al., 2024; Wheeler et al., 2018). Aunque la reducción de la frecuencia de riego ha demostrado ahorros hídricos significativos sin comprometer la calidad en otros contextos (Boyle et al., 2017), en el Ecuador existe una marcada carencia de documentación técnica y estudios específicos sobre la implementación de estas tecnologías en el cultivo de geranios, lo que limita la competitividad de los productores locales frente a estándares internacionales de eficiencia hídrica (Ristvey et al., 2019).

Considerando la importancia económica del geranio y la necesidad de incrementar la eficiencia en el uso del agua en los sistemas de producción ornamental, es fundamental

evaluar alternativas de manejo hídrico adaptadas a las condiciones locales. En este sentido, la presente investigación se llevó a cabo en la ciudad de Cuenca, Ecuador, con el propósito de generar información científica que contribuya a la tecnificación del riego y al mejoramiento de la calidad de las plantas ornamentales producidas en maceta.

1.2 Justificación

La flora ornamental y la diversidad de especies en zonas urbanas y periurbanas son relevantes para la conservación de los polinizadores y la biodiversidad global (Tasker et al., 2020). El análisis del crecimiento vegetal es extensamente aplicado a estudios fisiológicos y ecológicos básicos y a cultivos extensivos, pero su empleo en producciones bajo cultivo intensivo ornamental tiene menos difusión (Di Benedetto & Tognett, 2016).

Asimismo, en las plantas cultivadas en maceta, uno de los principales indicadores de calidad es la compacidad, entendida como el grado de ocupación del espacio por la biomasa fresca producida. Sin embargo, el manejo del riego en este tipo de sistemas resulta más complejo que en cultivos establecidos en suelo, debido al reducido volumen de sustrato disponible para el desarrollo radicular y a la mayor exposición de las plantas a fluctuaciones térmicas rápidas. Estas condiciones afectan significativamente las relaciones hídricas entre el sustrato y la planta, incrementando la probabilidad de estrés hídrico y, por consiguiente, comprometiendo su crecimiento y calidad ornamental (Lorenzo et al., 2016).

Similarmente al problema anterior, el estrés por sequía afecta el rendimiento y el crecimiento de las plantas, reduciendo el rendimiento y disminuyendo el crecimiento de las plantas (Hussain et al., 2019; Lamaoui et al., 2018). Para evitarlo, recomiendan diversos sistemas de riego: goteo, inundación, microcontroladores e incluso hidroponía (Brentari et al., 2020). La tecnología de riego ha mejorado gradualmente junto con la evolución de la tecnología del agua, la transferencia de agua y los sistemas agrícolas (Toriman & Mokhtar, 2012).

Asimismo, existen antecedentes de que las condiciones de retención y eliminación de agua (drenaje) afectan significativamente las características florales y foliares, así como la presencia de signos visuales de estrés hídrico en las plantas de geranio de macetas. Por ejemplo, en una investigación se determinó que el riego deficitario durante la fase de floración resultó en los valores más bajos de altura de la planta y calidad de la floración (Álvarez et al., 2013).

Además, en otra investigación, se señala que el riego durante 1 minuto a las 11:00 a. m. con 6 g de fertilizante de liberación controlada dio como resultado la mayor cantidad total de flores por planta, lo que sugiere que la gestión óptima del agua mejora las características de los geranios (Morrison et al., 2024) .

Por otra parte, los avances tecnológicos permiten a los agricultores maximizar los rendimientos y reducir las pérdidas al mismo tiempo, mejorar la calidad de las flores; la tecnología de riego ha revolucionado la producción, al proporcionar un control preciso sobre la aplicación de agua y nutrientes, dando como resultado mayores rendimientos, mejor calidad y menor consumo de agua; un sistema automatizado de riego superficial se refiere a su funcionamiento con temporizadores, sensores o computadoras o aparatos mecánicos con mínima participación manual (Wani et al., 2023).

Similarmente, Hernandez et al., (2022) concluyen que, independientemente de la cantidad de agua que se use para hacer el riego, la humedad alcanza un punto estacionario por la capacidad que tiene el suelo de conservar la humedad. Por tal motivo, es importante considerar el intervalo de tiempo en el que se tiene que regar la planta y las condiciones de drenaje, ya que, según lo observado, el regar con mayor cantidad de agua no determina que el suelo conserve mayor humedad, sino que es determinado por las características propias del suelo y su ubicación.

A diferencia del riego tradicional catalogado como superficial, el riego por goteo reduce el consumo de agua del campo entre un 30 y un 50 % (Guo & Li, 2024); no obstante, la FAO (2020) recomienda que la instalación debe efectuarla un especialista para evitar el marchitamiento de las plantas. Por ello, tiene un valor significativo en la evaluación de la resistencia de las plantas a la sequía, la salinidad, el frío, el calor y las enfermedades.

Es por ello, que esta investigación pretende determinar la mejor alternativa en frecuencia de riego por goteo y las condiciones de drenaje a partir de ensayos experimentales para uso en la producción comercial o el mantenimiento particular de la especie con respecto a sus características físicas como altura, cantidad de hojas, cantidad de flores y estado de marchitez visual de la planta. Los resultados de esta investigación contribuirán al fortalecimiento del conocimiento científico sobre la gestión eficiente del recurso hídrico en la horticultura ornamental, además de proporcionar criterios técnicos para la definición de estrategias de riego que optimicen el crecimiento y la calidad de las plantas. De igual manera, servirán como base para el desarrollo de prácticas productivas más eficientes y sostenibles, orientadas a la conservación de los recursos naturales en la agricultura contemporánea.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Situación problemática

En el contexto urbano, la gestión del riego en plantas ornamentales constituye un reto tanto para los viveros como para los usuarios finales. En los sistemas de propagación, producción y comercialización, esta problemática se asocia frecuentemente a la escasez de personal especializado, mientras que en entornos domésticos y laborales está relacionada

con el desconocimiento de los requerimientos específicos de las especies y la limitada disponibilidad de tiempo para su cuidado. Como consecuencia, el riego suele aplicarse de forma reactiva, cuando las plantas presentan síntomas visibles de estrés o deterioro (Hernández Mendoza et al., 2022). En otros casos, se incurre en un exceso de riego que provoca pérdidas de agua y posibles afectaciones al crecimiento de las plantas, debido a que no se consideran variables fundamentales como las condiciones ambientales, las necesidades fisiológicas de la especie y la capacidad de drenaje de los contenedores. (Ver Figura 1)

Figura 1.

Riego en superficie

Nota: Fotografía tomada por el autor durante el desarrollo de la investigación.

El riego excesivo y la variabilidad en sus requerimientos generan un impacto ambiental significativo; ante la escasez de recursos y la necesidad de sostenibilidad, el sector avanza hacia técnicas más eficientes, como cultivos sin suelo, fertirrigación y riego por goteo en invernaderos, mejorando la calidad del producto y reduciendo el desperdicio de agua y nutrientes (Brentari et al., 2020).

Por otra parte, en los viveros, la producción de cultivos ornamentales se desarrolla en contenedores, factor que limita la disponibilidad de nutrientes y agua para las plantas, que deben obtenerse del volumen relativamente pequeño de medio de cultivo (Rouphael et al., 2008). Las plantas de geranio son una parte importante de las áreas verdes urbanas, pero sufren sequía, especialmente cuando se cultivan en contenedores con un volumen limitado de medio (Sánchez-Blanco et al., 2009).

Ya se ha determinado que el riego basado en temporizador funciona tan bien como el control manual; sin embargo, se recomienda explorar factores adicionales que influyen en las

respuestas de las plantas para maximizar el rendimiento del cultivo y minimizar los impactos ambientales en múltiples especies, ubicaciones y tiempos y cantidades de riego (Morrison et al., 2024).

Así también, las condiciones de drenaje según antecedentes en otro tipo de plantas ornamentales, son determinantes para el desarrollo (Holden et al., 2024) . Más aún en las condiciones climáticas de la ciudad de Cuenca, que en el año 2024 se registraron 160 días de sequía hidrológica (ETAPA EP, 2024).

Uno de los principales retos en la producción de plantas en maceta consiste en lograr un adecuado equilibrio entre la disponibilidad de agua y la porosidad del sustrato. Este balance es determinante para asegurar un crecimiento uniforme y saludable de las plantas, ya que una deficiencia o exceso en cualquiera de estos factores puede comprometer la calidad y homogeneidad de la producción (ver Figura 2).

Figura 2.

Evidencia de falta de uniformidad en la producción.

Nota: Fotografía tomada por el autor durante el desarrollo de la investigación.

Un exceso de riego o un drenaje deficiente provocan estrés hídrico, pudrición radicular y pérdida de calidad ornamental (Lamichhane et al., 2017; Pineda Pineda et al., 2020; Zhang et al., 2024). En este orden de ideas, es necesario comprobar empíricamente la eficiencia de un sistema de riego por goteo para este tipo de plantas que permite ahorrar agua y prácticas eficientes. En este contexto nace la siguiente pregunta de investigación.

1.3.2 Formulación del problema (en pregunta)

¿Cuáles son los efectos del riego por goteo y las condiciones de drenaje en el desarrollo de *Pelargonium sp*. en macetas en Cuenca, Ecuador?

1.4 Delimitación

1.4.1 Objeto de estudio

Condiciones foliares, florales y signos visuales de estrés hídrico de geranios (*Pelargonium sp*.) cultivados en macetas.

1.4.2 Campo de acción

El campo de acción de la investigación es la floricultura, específicamente el cultivo de geranio en maceta, desarrollado en la ciudad de Cuenca, ubicada al sur del Ecuador. La zona urbana tiene una altitud promedio de 2.560 m s. n. m. y se encuentra a menor altitud que la zona rural, de tal manera que intensifica el calor urbano; según la clasificación climática de

Según la clasificación de Köppen-Geiger, la ciudad de Cuenca se cataloga como Cfb, que corresponde a un clima de latitudes medias, húmedo y templado. El promedio de temperatura de estas tres últimas décadas y los años desde 2010 hasta 2017 se han mantenido oscilando entre los 16 y 17 ºC (Bustamante Campoverde, 2018). El estudio se llevó a cabo en un vivero de comercialización de plantas ubicado al norte de la ciudad de Cuenca.

1.5 Objetivos

Para resolver la pregunta de investigación se cumplieron los siguientes objetivos:

1.5.1 Objetivo general

Evaluar los efectos de la frecuencia de riego por goteo y de las condiciones de drenaje en el desarrollo foliar, floral y signos visuales de estrés hídrico de geranios (*Pelargonium sp*.) cultivados en macetas, en el marco de la floricultura urbana de la ciudad de Cuenca, Ecuador

Esta evaluación morfológica y fisiológica constituye la base técnica para establecer criterios de gestión hídrica (frecuencia de riego y manejo del drenaje) en la producción de geranio en maceta.

1.5.2 Objetivos específicos

- Identificar los efectos de diferentes frecuencias de riego por goteo y condición de drenaje en el desarrollo foliar (altura y cantidad de hojas) de los geranios (*Pelargonium sp*.).
- Analizar los efectos de diferentes frecuencias de riego por goteo y condición de drenaje en el desarrollo floral (cantidad de flores) de los geranios (*Pelargonium sp*.).

- Cuantificar los efectos de diferentes frecuencias de riego por goteo y condición de drenaje en los signos visuales de estrés hídrico (estado de marchitez) de los geranios (*Pelargonium sp*.).

1.6 Hipótesis

1.6.1 Formulación de la hipótesis

La frecuencia de riego por goteo y las condiciones de drenaje tienen un impacto en el desarrollo foliar y floral, así como en la aparición de signos visuales de estrés hídrico de geranios (*Pelargonium sp*.) cultivados en macetas en la ciudad de Cuenca, Ecuador.

1.6.2 Identificación de variables y análisis de indicadores

La investigación contó con dos variables independientes y cuatro variables dependientes.

1.6.2.1 Variables independientes

Frecuencia de riego: Se establecieron dos frecuencias de riego según los resultados de riego normal y signos de estrés (Boyle et al., 2017)**.**

- **Frecuencia 1 = F1 =** Riego cada 2 días.
- **Frecuencia 2 = F2=** Riego cada 4 días.

Condiciones de drenaje: Se evaluaron dos condiciones de drenaje en las macetas:

- **Condición de drenaje ausente = A:** Las macetas no presentaron agujeros de drenaje.
- **Condición de drenaje presente = P :** Las macetas estuvieron perforadas en el fondo.

1.6.2.2 Variables dependientes

Desarrollo foliar: altura medida en cm y cantidad de hojas medida en unidades.

Desarrollo floral: cantidad de flores medida en unidades

Signos visuales de estrés hídrico: estado de marchitez según la evaluación visual de marchitamiento, medido en escala del 1 al 6 (Tabla 2).

1.6.3 Operativización de variables

La operativización de variables en la que se enlaza la pregunta de investigación, con los objetivos, indicadores y los instrumentos utilizados se observan en la Tabla 1.

Tabla 1.

Operativización de variables

Pregunta de investigación	Objetivo General	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
¿Cuáles son los efectos del riego por goteo y las condiciones de drenaje en el desarrollo de *Pelargonium sp*. en macetas en Cuenca – Ecuador?	Evaluar los efectos de la frecuencia de riego por goteo y de las condiciones de drenaje en el desarrollo foliar, floral y signos visuales de estrés hídrico de geranios *(Pelargonium* sp.) cultivados en macetas en la ciudad de Cuenca, Ecuador.	Variables independientes: frecuencia de riego por goteo y condiciones de drenaje	Frecuencia de riego	F1= cada 2 días F2= cada 4 días	Registros de riego
			Condiciones de drenaje	0= Maceta sin agujeros en la base 1= Maceta con agujeros en la base	Inspección visual y ficha técnica
		Variables dependientes: Desarrollo foliar, desarrollo florar y signos visuales de estrés hídrico	Desarrollo foliar: Crecimiento vegetativo	Altura en cm	Calibrador
			Desarrollo foliar: Densidad foliar	Cantidad de Hojas (número de hojas)	Ficha de registro
			Desarrollo floral: Producción floral	Cantidad de Flores (número de flores)	Ficha de registro y conteo manual
			Signos de estrés hídrico: Estado fisiológico	Marchitez	Escala visual de severidad del estrés

Nota: Elaboración propia

1.7 Metodología de la investigación

1.7.1 Métodos teóricos

Esta investigación presenta un enfoque cuantitativo, porque se empleó un método estadístico que se centra en la interpretación de los resultados de los métodos de análisis cuantitativo (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018), a nivel experimental de tipo cuasi experimental, debido a que se manipuló al menos una variable independiente para constatar el efecto sobre una o más variables dependientes (Moscoso et al., 2022). Las variables manipuladas fueron la frecuencia de riego y la condición de drenaje, mientras que los indicadores de crecimiento foliar y floral de la planta, así como los signos visuales de estrés hídrico, fueron las variables dependientes.

Para fundamentar teóricamente, se realizó una exploración de la literatura científica reflejada en el marco teórico y se realizó un proceso de inducción y deducción para la sección empírica. A través de la inducción, se identificaron los patrones de respuesta de las plantas en los distintos tratamientos, mientras que en la deducción se aplicaron teorías previas sobre la respuesta ante el riego en este tipo de plantas ornamentales. Finalmente, se contrastaron los resultados obtenidos en el experimento con estudios similares y se formularon generalizaciones óptimas para el desarrollo de *Pelargonium sp.*

1.7.2 Métodos e instrumentos para la indagación

1.7.2.1 Métodos empíricos

Para analizar los efectos de diferentes frecuencias de riego por goteo y condiciones de drenaje sobre el desarrollo de los geranios (*Pelargonium sp)*. Se aplicó un diseño factorial de 2X2 completamente aleatorizado que incluyó cuatro tratamientos.

Se realizó un análisis de varianza ANOVA de medidas repetidas (RM ANOVA) para cada una de las variables medidas. (desarrollo foliar, desarrollo floral y signos visuales de estrés hídrico). El análisis intra sujetos permitió observar los cambios en las variables de respuesta a lo largo del tiempo considerando que las mismas unidades experimentales fueron medidas repetidamente durante el periodo de evaluación, mientras que el análisis entre sujetos posibilitó evaluar si existen diferencias globales entre los tratamientos, independientemente de la variación temporal observada en las mediciones repetidas. Para ello se realizó la prueba de normalidad Shapiro Wilk. Además para la interpretación del tamaño del efecto se siguieron las recomendaciones de Cohen: efectos pequeños valores de 0.1 a 0.29, medianos de 0.3 a 0.49, grandes de 0.5 a 0.69 y muy grandes ≥ 0.7 (Rendón-Macías et al., 2021).

Se efectuó comparaciones múltiples mediante la corrección de Bonferroni, ($p<0.05$) para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos con el fin de controlar el incremento del error tipo I asociado a la realización de múltiples comparaciones pareadas entre los momentos de evaluación dentro del modelo.

Posteriormente, se determinaron estadísticos descriptivos mediante medidas de tendencia central y dispersión y, posteriormente. El procesamiento se realizó en el software libre JASP 0.19.3.0 y se consideró una significancia del 5%.

1.7.2.2 Técnicas

El sistema de riego por goteo automatizado se realizó según las recomendaciones de la norma técnica ASAE EP405.1 APR1988 (R2019) Design and Installation of Microirrigation Systems. la cual establece los criterios técnicos necesarios para garantizar una distribución uniforme y eficiente del agua; entre sus lineamientos se incluyen aspectos relacionados con la fuente de abastecimiento, el sistema de filtración, la red de conducción y distribución, los dispositivos de control y regulación, así como los emisores y demás componentes requeridos para el correcto funcionamiento del sistema. A continuación, se describen las características y especificaciones consideradas para cada uno de estos elementos en el presente estudio.

El diseño del sistema se realizó considerando las condiciones de producción, climatología y el sustrato empleado en las macetas. El espaciamiento entre los emisores no aplica en este sistema debido a que cada maceta cuenta con su propio emisor.

El sistema de filtrado fue mediante piedra grava de diámetro de ½ pulgada (12.7 mm), el agua que se utilizó fue la que llega en tubería en la ciudad de Cuenca que es potable (ETAPA EP, 2024), con parámetros elevados de calidad según la norma Ecuatoriana INEN 1108-2020 y la OMS (Solange Aynara Sánchez Aroca & Guangasig Toapanta, 2023).

La presión utilizada fue de 4 bares. Para la uniformidad de emisión se realizaron pruebas de caudal y coeficiente de variación previo al inicio del experimento, y no existieron pérdidas de carga al ser en macetas.

La red de distribución estuvo conformada por tuberías principales de PVC de ½ pulgada (12,7 mm) de diámetro y líneas laterales de polietileno de 16 mm. La aplicación del agua se realizó mediante goteros auto compensantes con un caudal nominal de 2 L/h, seleccionados para garantizar una distribución uniforme independientemente de las variaciones de presión dentro del sistema. El control del flujo se efectuó mediante electroválvulas y la programación y automatización de los eventos de riego se llevó a cabo utilizando temporizadores digitales.

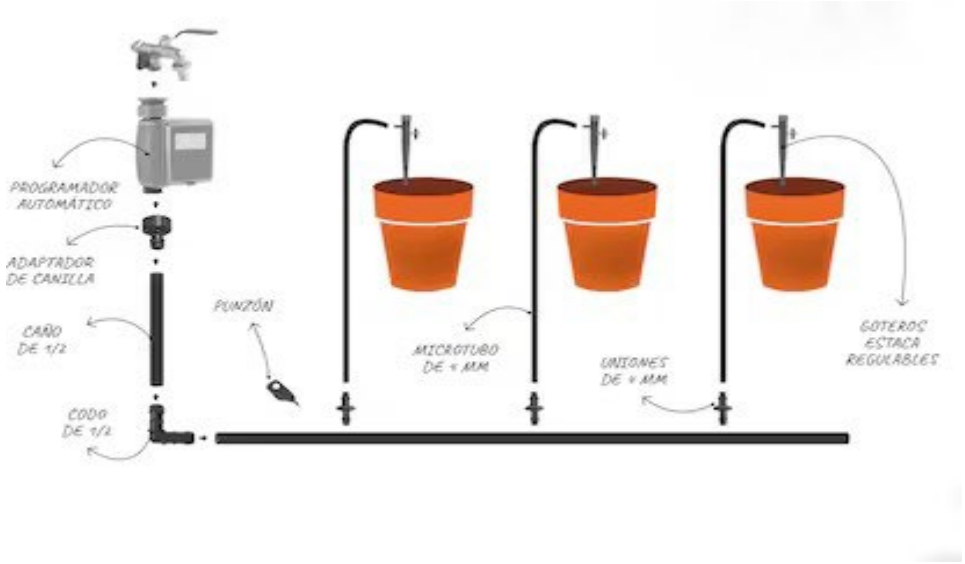
Se realizaron revisiones periódicas para evitar fugas de agua y contaminación del suelo. Además, la eficiencia del agua se evaluó mediante el cálculo de la eficiencia de aplicación y distribución.

El volumen de agua aplicado fue de 66 ml por maceta durante 2 minutos cada día a las 09:00, replicando una investigación que compara los ajustes del controlador automático para las necesidades hídricas de los geranios en maceta (Morrison et al., 2024).

A continuación, se presentan los planos del sistema realizado para el experimento.

Figura 3.

Diagrama de sistema de riego automatizado.



Nota: Esquema de un sistema de riego automático para macetas. Adaptado de Cómo hacer un sistema de riego automático para tu balcón, patio o terraza, por A. Anguita, 2022, Revista Jardín – La Nación.

Se realizaron mediciones de las variables planteadas de la siguiente manera:

1. **Desarrollo foliar:**

○ *Altura de la planta:* Se midió la altura total de la planta desde la base hasta la punta de la rama principal, utilizando una regla milimétrica (Morrison et al., 2024; Rápalo-Cruz et al., 2024).

○ *Cantidad de hojas:* Se contabilizó el número total de hojas desarrolladas por cada planta.

2. **Desarrollo floral:**

○ *Cantidad de flores:* se contabilizó el número de flores desarrolladas en cada planta al final de cada ciclo de medición.

3. **Signos visuales de estrés hídrico:**

○ *Marchitez:* El estado de marchitez por estrés hídrico o la etapa de marchitamiento en la que se encuentren las plantas se categorizó según la evaluación visual del marchitamiento, sugerida y validada por (Engelbrecht et al., 2007). En el que se establecen 5 categorías según el estado de las hojas, para la categoría casi muerto se utilizó como el parámetro “B” que corresponde al tipo invernadero. Ver Tabla 2.

Tabla 2.

Escala visual de marchitamiento

Categoría	Etapa de marchitamiento	Características visuales
1	Normal (sin marchitamiento)	Sin signos de marchitamiento o estrés por sequía.
2	Ligeramente marchito	Ligeros cambios en el ángulo de la hoja, pero sin plegado, enrollamiento o cambios en la estructura de la superficie foliar.
3	Marchito	Cambio fuerte en el ángulo de la hoja o protrusión de las venas en la superficie foliar, pero sin muerte celular.
4	Severamente marchito	Cambio muy fuerte en el ángulo de la hoja o protrusión de las venas en la superficie foliar con necrosis inicial.
5	Casi muerto	A. Todas las hojas muertas, pero el tallo vivo; distinguible por el color y la elasticidad.
		B. La mayoría de las hojas necróticas, algunas hojas jóvenes aún verdes cerca del nervio medio, ángulos de las hojas mayormente cerca de 0°.
6	Muerto	Todas las partes aéreas muertas, sin rebrotes después del riego al final del experimento.

Nota: tomado de (Engelbrecht et al., 2007)

Para la ejecución del experimento se realizaron los siguientes pasos y se observa la evidencia:

Para el trasplante de las plantas

1. Se seleccionaron las macetas y se realizaron cuatro agujeros a unas de ellas (grises) para establecer la condición con drenaje y las cafés sin drenaje

Figura 4.

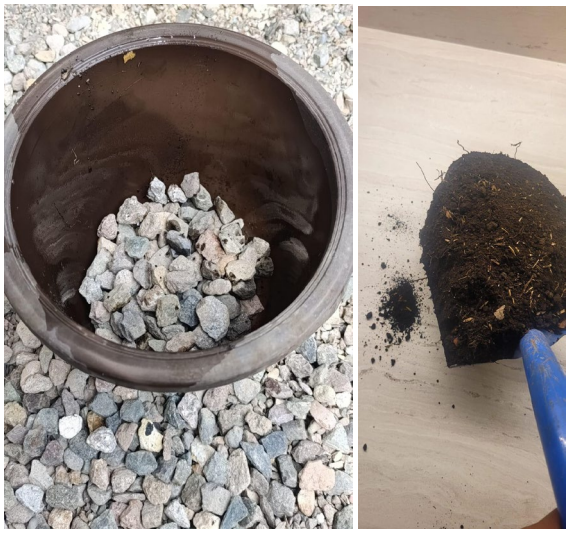
Preparación de las macetas para los tratamientos con y sin drenaje.

Nota: Fotografía tomada por el autor durante el desarrollo de la investigación

2. Se colocó material filtrante y sustrato de tierra vegetal con cascarilla de arroz

Figura 5.

Incorporación del material filtrante y llenado de las macetas con sustrato.



Nota: Fotografía tomada por el autor durante el desarrollo de la investigación

3. Se codificaron las macetas

Figura 6.

Codificación de macetas

Nota: Fotografía tomada por el autor durante el desarrollo de la investigación

4. Se trasplantaron los geranios optimizando los materiales y las líneas de riego, así las macetas con drenaje se encontraron en la mitad y las macetas sin drenaje a los extremos

Figura 7.

Distribución de las unidades experimentales de geranio y disposición de las líneas de riego.

Nota: Fotografía tomada por el autor durante el desarrollo de la investigación

Para las conexiones del sistema de riego automatizado

1. Se instalaron las electroválvulas a la red principal de agua

Figura 8.

Electroválvulas instaladas en la línea principal de riego.

Nota: Fotografía tomada por el autor durante el desarrollo de la investigación

2. Se derivaron las líneas de riego

Figura 9.

Ramificación de las líneas de riego hacia las unidades experimentales.

Nota: Fotografía tomada por el autor durante el desarrollo de la investigación

3. Se realizaron las conexiones de estaca, manguera y gotero

Figura 10.

Ensamblaje de estaca, microtubo y gotero para el suministro de agua.

Nota: Fotografía tomada por el autor durante el desarrollo de la investigación

4. Se verificó las presiones iniciales y finales en las líneas en funcionamiento

Figura 11.

Presión al inicio (izquierda) y al final (derecha) en las líneas de funcionamiento.

Nota: Fotografía tomada por el autor durante el desarrollo de la investigación

Para la toma de datos del experimento

1. Se realizó la limpieza antes de cada medición, eliminando las hojas y flores secas

Figura 12.

Evidencia de limpieza

Nota: Fotografía tomada por el autor durante el desarrollo de la investigación

2. Se ejecutó la medición, conteo de hojas y flores y evaluación de marchitez

Figura 13.

Evidencia de medición.

Nota: Fotografía tomada por el autor durante el desarrollo de la investigación

Para el registro de la información se usó la ficha de registro señalada en el ANEXO 1 y se consolidó la información en una matriz en Excel.

1.7.2.3 Muestra: diseño experimental

El experimento se constituyó en cuatro grupos experimentales con diseño completamente al azar, con 5 repeticiones cada uno. El experimento se llevó a cabo durante un período de 60 días. Se tomaron mediciones cada 20 días así: T0= inicio; T1= 20 días, T2= 40 días y T3= 60 días siguiendo una investigación realizada en España (Sánchez-Blanco et al., 2009) y en -Italia (Brentari et al., 2020)

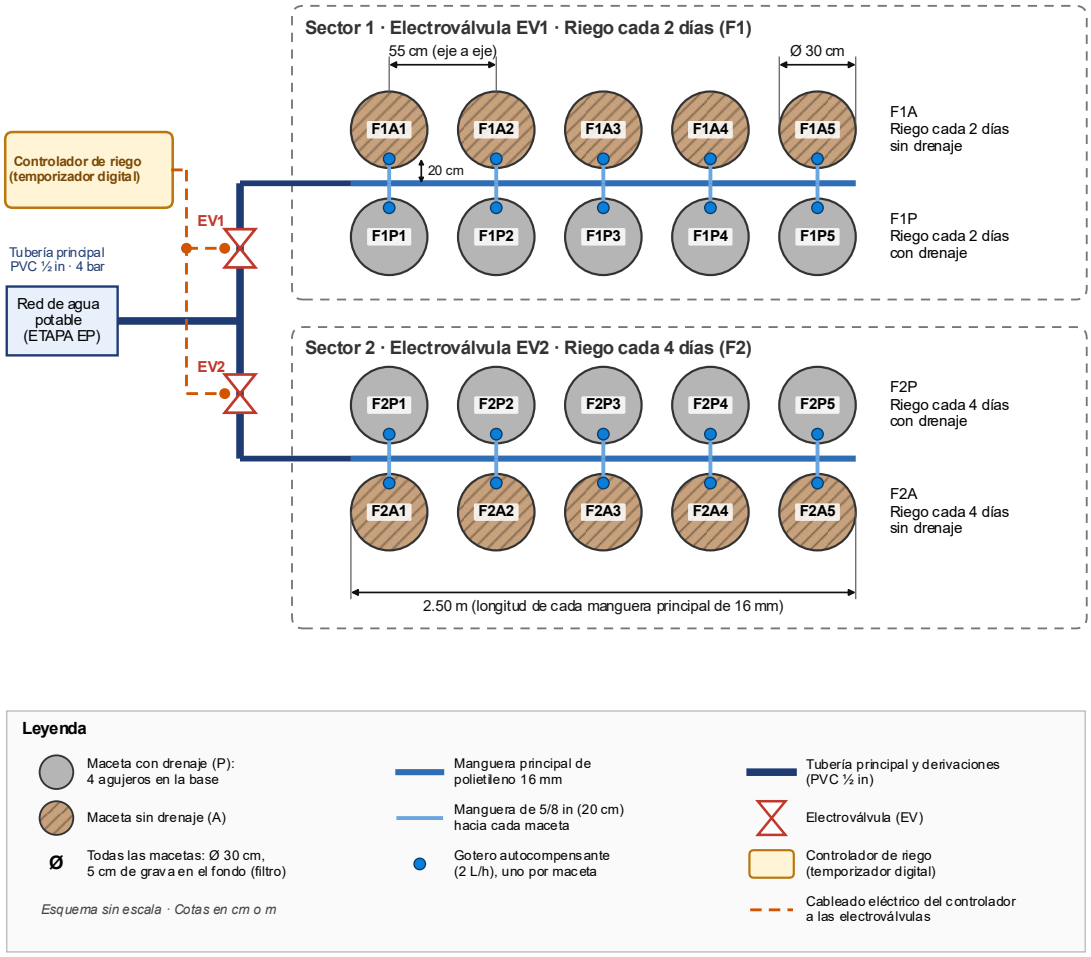
Este enfoque permitió evaluar los efectos combinados de la frecuencia de riego y la condición de drenaje sobre el crecimiento y la salud de los geranios, brindando una comprensión integral de las condiciones óptimas para su desarrollo.

Los tratamientos se asignaron aleatoriamente a los diferentes grupos experimentales, con cinco repeticiones por tratamiento, con un total de 20 plantas analizadas. Se utilizó una codificación según el grupo de pertenencia; así, por ejemplo, el código **F1A1**, corresponde a la repetición número 1 de la **FRECUENCIA** 1 de riego (cada 2 días) con una condición de drenaje **AUSENTE.** La distribución física de las unidades experimentales y del sistema de riego se muestra en la Figura 14

Así: F1= frecuencia 1, F2= frecuencia 2, P= condición de drenaje presente y A= condición de drenaje ausente el último número corresponde al número de la repetición.

Figura 14.

Diseño experimental



Nota: F1A= Riego cada dos días con ausencia de drenaje; F1P= Riego cada dos días con presencia de drenaje; F2A= Riego cada cuatro días con ausencia de drenaje; F2P= Riego cada cuatro días con presencia de drenaje. La manguera principal de polietileno de 16 mm alimenta a las macetas mediante ramales de 5/8 in de 20 cm. Elaborado por el autor

Se utilizaron plantas jóvenes de geranios (*Pelargonium sp.*) de tamaño homogéneo y edad similar (aproximadamente 2 meses). Las plantas se trasplantaron en macetas de 30 cm de diámetro, con un fondo de 5 cm de grava y llenas con tierra vegetal con cascarilla de arroz (sustrato). Las plantas se cultivaron en un vivero.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 *Pelargonium* sp.: características y requerimientos hídricos

El género *Pelargonium* pertenece a la familia Geraneaceae y tiene cerca de 300 especies de plantas anuales, bianuales y perennes, frecuentemente utilizadas en jardinería por sus atractivas flores y su aroma característico (Lis-Balchin, 2004; Verma et al., 2016). Comprende plantas con los tallos a veces suculentos o engrosados que, cuando son adultos, tienden a lignificarse; las hojas son alternas, pinnadas o palmeadas, simples o compuestas, lobuladas o dentadas y a veces despiden un agradable aroma al estrujarlas; el peciolo es largo y las flores están dispuestas en falsas umbelas y la corola presenta generalmente cinco pétalos libres, dos de ellos a menudo de mayor tamaño que el resto (Acosta Durán & Acosta Peñaloza, 2018).

El género *Pelargonium* es nativo de África y fue introducido en el Ecuador con tres géneros frecuentes: *Pelargonium graveolens*, conocido en el medio como esencia de rosa, *Pelargonium sp*. Reconocido como geranio y *Pelargonium odoratissimum* como malva olorosa, las dos últimas son las de mayor presencia, utilizadas no únicamente como especies decorativas, sino por sus propiedades medicinales ancestrales y etnobotánicas (Pino et al., 2020).

Es un cultivo que requiere luz y ventilación para el buen desarrollo vegetativo y la floración abundante; la temperatura debe estar entre los 16 °C y los 22 °C durante el día y no bajar de los 12 °C durante la noche, ya que el crecimiento se ve reducido; es una especie muy resistente a la sequía y no soporta heladas. Esta tolerancia se relaciona con la disminución de la conductancia estomática y de la transpiración bajo baja frecuencia de riego, lo que permite mantener el contenido relativo de agua de la hoja (Eiasu et al., 2012), y con la buena respuesta del género a riegos menos frecuentes (Boyle et al., 2017). Existen muchísimas variedades en el mercado, diferenciándose por el color y tipo de flor, así como por el vigor, color y dibujo de las hojas (Acosta Durán & Acosta Peñaloza, 2018; El-Sharnouby et al., 2019).

Para optimizar el crecimiento de los geranios (*Pelargonium sp.*) en macetas, deben considerarse varios factores clave, como las características del contenedor, mantener una temperatura del aire adecuada específicamente en la producción de aceites esenciales de geranios de 27 ± 3°C junto con un 70% de humedad del suelo puede mejorar el crecimiento de las plantas, las características fisiológicas y la producción. (El-Sharnouby et al., 2019).

2.2 Características de desarrollo

Las células vegetales poseen paredes celulares resistentes, formadas por fibrillas de celulosa integradas en una matriz de polisacáridos y proteínas, que determinan la resistencia mecánica de las estructuras vegetales; su estado de hidratación influye directamente en la flexibilidad y en la capacidad de respuesta a estímulos externos. Las condiciones ideales de crecimiento son aquellas que permiten a la planta alcanzar su máximo potencial de crecimiento y reproducción, medido por el peso, la altura y el número de semillas, que en conjunto constituyen la biomasa total (Taiz et al., 2023).

Por otra parte, el estrés puede definirse como cualquier condición ambiental que impida que la planta alcance su máximo potencial genético. Ante una disminución en la disponibilidad de agua, las plantas cierran sus estomas para reducir la pérdida por transpiración; sin embargo, esto también disminuye la absorción de CO_2, reduce la fotosíntesis y suprime el crecimiento (Taiz et al., 2023). Por lo que la respuesta fisiológica a diferentes frecuencias de riego puede afectar el crecimiento y la eficiencia en el uso del agua, y con ello las características comerciales (Boyle et al., 2017).

Además, los cambios climáticos regionales pueden afectar la distribución de las características de las plantas (Hati & Singh, 2023; Madani et al., 2018). Para esta investigación se consideraron como indicadores determinantes de la salud y la productividad las características foliares, florales y los signos visuales de estrés hídrico: altura, cantidad de hojas, cantidad de flores y estado de marchitamiento.

2.2.1 Altura

La altura es un rasgo morfológico clave que afecta la captación de luz y la eficiencia de la fotosíntesis. Los factores genéticos y las condiciones ambientales, como la calidad del suelo y la disponibilidad de agua, influyen significativamente en la altura (Sanfuentes et al., 2012).

2.2.2 Cantidad de hojas

La hoja es el órgano más variable de las plantas; el término filoma agrupa las hojas fotosintéticas, las escamas protectoras de las yemas, las brácteas y los órganos florales (Taiz et al., 2023). La cantidad de hojas es crucial para la capacidad fotosintética y generalmente se correlaciona con una mayor biomasa; su producción depende de la etapa de desarrollo de la planta y el crecimiento rápido ocurre en condiciones favorables (Chandra, 2024).

2.2.3 Cantidad de flores

El momento de la floración está determinado por componentes genéticos endógenos y por factores ambientales como el fotoperiodo, la temperatura, el estrés, la disponibilidad de

agua y nutrientes, los compuestos químicos exógenos, los microbios y la disponibilidad de polinizadores; comprender los mecanismos por los que estos factores lo modulan es útil para desarrollar estrategias de manejo en la producción vegetal (Cho et al., 2017).

2.2.4 Marchitamiento

El marchitamiento se refiere a los síntomas que se presentan cuando las plantas no pueden mantener su estado normal debido a cambios en las diferencias de presión interna y externa dentro de su tejido celular. Es causado por varios factores de estrés, como la sequía, el anegamiento, las altas temperaturas, el daño por frío y las enfermedades (Zhang et al., 2024), y es el indicador más utilizado de estrés por sequía, tanto en agricultura como en jardinería (Bannister, 1986). Debido a que los potenciales hídricos de las hojas y el estado del agua del suelo están acoplados bajo una amplia gama de condiciones, la variación de las etapas de marchitamiento refleja la variación de la humedad del suelo (Engelbrecht et al., 2007).

Es la manifestación morfológica más intuitiva del estrés y ocurre antes de que se produzca un daño permanente; por ello, tiene un valor significativo en la evaluación de la resistencia de las plantas a la sequía, la salinidad, el frío, el calor y las enfermedades. Al ser el primer cambio fenotípico visible, el enrollamiento de las hojas reduce la superficie expuesta, disminuye la transpiración y contribuye a mantener el balance hídrico interno, lo que mejora la capacidad de supervivencia; no obstante, también puede llevar al cierre de los estomas, reducir la entrada de CO2 y afectar la fotosíntesis, y un marchitamiento prolongado puede reducir el contenido de clorofila y dañar el mecanismo fotosintético (Zhang et al., 2024).

2.3 El goteo como técnica de riego

La American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE) reconoce al sistema de riego por goteo como sistema de microirrigación (ASABE, 2019). El riego por goteo se considera una de las formas de riego más eficientes en términos de consumo de agua hasta la fecha; es una técnica de aplicación localizada de agua. Su característica es la entrega de agua bajo presión a través de un sistema de tuberías de riego por goteo a tuberías laterales, y luego el agua se emite de manera controlada en forma de gotas a través de emisores, orificios o cintas de goteo instaladas en las tuberías laterales (Guo & Li, 2024).

Este método de riego gotea agua de manera uniforme y lenta en el suelo para satisfacer las necesidades de crecimiento de los cultivos, mantiene las raíces húmedas, pero no empapadas y utiliza mucha menos agua que otros métodos de riego (Naganjali et al., 2024).

La idea es hacer llegar agua a la zona de las raíces rápidamente y reducir la evaporación, debido a que el riego por goteo reduce el estrés hídrico porque reduce la pérdida de agua causada por la percolación profunda, la evaporación del suelo y la escorrentía al controlar la dosis y frecuencia de riego; mejora así la eficiencia en el uso de los recursos hídricos (Guo & Li, 2024). El dosel del cultivo se desarrolla mejor, lo que resulta en una mayor absorción de radiación por parte del dosel y una mayor tasa de transpiración (Parthasarathi et al., 2018).

Los sistemas de riego por goteo utilizan una red de válvulas, tuberías y emisores para transferir agua y pueden ser más eficientes que otros tipos de sistemas de riego, como el riego por superficie o el riego por aspersión, dependiendo de la eficacia con que esté diseñado, instalado, mantenido y operado (Guo & Li, 2024).

Según la norma ASAE EP405.1 APR1988 (R2019) Design and Installation of Microirrigation Systems, los requerimientos técnicos mínimos para el diseño, instalación y operación de sistemas de riego por goteo son:

1. **Calidad del agua:** Se requiere filtración acorde con la calidad del agua (malla, arena o anillos; 120–130 micras en la mayoría de sistemas) y un análisis físico-químico que detecte sólidos suspendidos, sales, hierro y manganeso capaces de obstruir los emisores.
2. **Diseño hidráulico:** La presión de trabajo típica oscila entre 2 y 5 bar (29 a 72,5 psi), con un coeficiente de uniformidad superior al 90 % y el cálculo de pérdidas de carga en las tuberías para asegurar un flujo uniforme en todos los emisores.
3. **Componentes del sistema:** Incluye tubería principal (PVC o polietileno), laterales flexibles de 16 mm, emisores autocompensantes o no compensantes de 2 a 4 L/h, filtros, válvulas de control manual o automático y programadores para gestionar el tiempo y la frecuencia de riego.
4. **Instalación:** El diseño debe considerar la topografía, el cultivo y las necesidades hídricas, evitando pendientes pronunciadas que varíen la presión, y un espaciamiento de emisores adecuado (30 a 50 cm en cultivos intensivos).
5. **Mantenimiento:** Exige limpieza periódica (ácidos o cloro) para evitar obstrucciones y monitoreo regular de presión, caudal y uniformidad.
6. **Consideraciones ambientales:** Debe maximizar la eficiencia del agua, minimizando pérdidas por evaporación o escorrentía, y evitar fugas y acumulación de sales.

7. **Documentación:** Se deben proporcionar planos y especificaciones técnicas detallados del sistema, incluyendo la ubicación de tuberías, válvulas, filtros y emisores (ASABE, 2019).

2.4 Eficiencia, limitaciones y beneficios del riego por goteo

La eficiencia del riego por goteo está estrechamente influenciada por la precisión de su diseño, en particular por el rendimiento hidráulico y de fabricación de los emisores; entre mejor diseñado se encuentre con respecto a la presión y con mejores materiales, mejor será el rendimiento hídrico (Kunapara et al., 2024). Además, el rendimiento depende de la tasa de aplicación de agua, el tipo de suelo, las tasas de descarga de los emisores y la ubicación de estos (Gopala Reddy et al., 2017). Por ello, la eficiencia disminuye cuando hay variaciones en la distribución del agua entre goteros debido a longitudes excesivas de tubería, desniveles en el terreno y desgaste de los emisores (Yari et al., 2017), y mejora con la elección correcta del diámetro de las tuberías, la sectorización del riego según la demanda hídrica y la ubicación precisa de los goteros cerca del sistema radicular (Kunapara et al., 2024).

Entre las limitaciones identificadas se encuentran los altos costos iniciales de instalación y de repuestos, el suministro insuficiente de electricidad y el mal servicio postventa (infraestructurales); la obstrucción de los emisores y el daño a los ramales por ratas (técnicos); y los distintos requisitos de espaciamiento según el cultivo y las dificultades del cultivo intercalado (generales) (Kumar et al., 2024; Rouillard & Rinaudo, 2020).

Por otra parte, sus ventajas, como un ciclo de riego corto, una humedad moderada del suelo e interfaces secas y húmedas evidentes, pueden mejorar el índice de área foliar y la acumulación de biomasa, la dinámica de las raíces y la distribución de los productos fotosintéticos hacia las partes aéreas y, por lo tanto, el rendimiento de los cultivos (Al-Saadi et al., 2024; Guo & Li, 2024). La alternancia frecuente de suelo seco y húmedo promueve la emisión de dióxido de carbono del suelo, pero mejora el secuestro de carbono al aumentar la tasa fotosintética y la conductancia estomática, lo que acelera el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Al-Saadi et al., 2024). Por ello, el riego por goteo contribuye al avance de varios Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, al conservar el agua, mejorar la calidad del crecimiento de los cultivos y promover los procesos ecohidrológicos (Al-Saadi et al., 2024).

Finalmente, existen investigaciones en las que se observó un mejor desarrollo bajo riego por goteo subsuperficial (El Khoumsi et al., 2024) y en las que el riego controlado mediante temporizador tuvo un rendimiento similar al control manual, lo que permite automatizar el riego (Morrison et al., 2024).

2.5 Cultivo de plantas en macetas

El cuidado de las plantas, condiciones de suelo y efectos del cambio climático podrían influir en el desarrollo de la planta, debido a que un sistema a pequeña escala que cuide de forma automática las plantas de ornato provee beneficios a los usuarios sin la necesidad de preocuparse del riego (Hernández Mendoza et al., 2022). Las prácticas de riego para cultivos de vivero en contenedores a menudo resultan en una aplicación excesiva y pueden provocar la lixiviación de nutrientes y un crecimiento reducido (Fernandez et al., 2019).

Las plantas en maceta con flores requieren mayor mano de obra en comparación con las flores cortadas; sin embargo, el cultivo en maceta facilita la automatización del proceso, ya que cada planta se maneja de forma individual (Raviv et al., 2019). El cultivo de plantas en macetas requiere una consideración cuidadosa de varios factores, entre ellos el sistema de riego y las condiciones de drenaje (Sultan & Ahmad, 2023).

El manejo del riego por goteo en macetas presenta diferencias frente al riego aplicado en campo abierto, debido a las particularidades físicas y limitaciones del cultivo en contenedor; uno de los aspectos clave es el volumen reducido de sustrato, lo que limita la capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes (Santos et al., 2020).

El riego en macetas requiere mayor frecuencia que en campo abierto debido a su volumen limitado y rápida pérdida de humedad, especialmente bajo alta evaporación; la programación del riego por goteo debe considerar la demanda evapotranspirativa y las características del sustrato, evitando déficits hídricos que afecten el crecimiento y la floración (Warsaw et al., 2009). El tipo de sustrato influye en la retención y distribución del agua, siendo crucial adaptar el riego para evitar saturación o deficiencia (Raviv et al., 2019).

El agua que drena de los contenedores transporta nutrientes y potencialmente otros contaminantes del sustrato del contenedor (Warsaw et al., 2009). Sin embargo, un drenaje adecuado previene anoxia radicular y acumulación de sales, optimizando la producción y calidad de plantas ornamentales (Pineda Pineda et al., 2020).

Los efectos del tamaño de la maceta en las respuestas al déficit de agua y las relaciones alométricas revelaron fuertes interacciones de múltiples niveles entre el tamaño de la maceta y el régimen de riego. El déficit de agua aumentó la relación raíz:brote en macetas grandes, pero no en macetas pequeñas; a escala celular, el déficit de agua disminuyó el área de células epidérmicas de las hojas en macetas grandes, pero no en macetas pequeñas (Dambreville et al., 2017). Este déficit puede ser controlado por el riego y además por las condiciones de drenaje.

2.6 Riego y drenaje en cultivo de *Pelargonium* sp. en macetas

La frecuencia de riego es uno de los factores oportunos aplicables en el campo de la ciencia y aplicación práctica para el cultivo de *Pelargonium sp .* Los estudios indican que los geranios responden bien a niveles de humedad constantes. El riego frecuente (cada 2-3 días) favorece el crecimiento saludable de las hojas, mientras que el riego infrecuente (cada 4-5 días) puede inducir un estrés leve, lo que podría afectar las tasas de crecimiento (Álvarez et al., 2013; Boyle et al., 2017).

Se ha hablado sobre la importancia del riego adecuado en las plantas; sin embargo, investigaciones han determinado también que esquejes sometidos a ligeros déficits hídricos permiten mejor calidad. Por ejemplo, una investigación desarrollada en Brasil demostró que el estrés hídrico leve mejoró la capacidad de enraizamiento de algunas variedades de pelargonio y que no afecta el rendimiento de los esquejes en algunas variedades de *pelargonio*. Este experimento se realizó con riego cada cuatro días y seis días (estresado) con cinco litros de agua (Kutsher et al., 2022).

La frecuencia de riego tiene un impacto significativo en el régimen hídrico del suelo, la distribución de las raíces entre los emisores y la cantidad de agua absorbida por las raíces y drenada de las raíces (H. Wang et al., 2009).

CAPÍTULO III. MARCO CONTEXTUAL

3.1 Ubicación geográfica

El estudio se realizó en la ciudad de Cuenca, Ecuador, una ciudad montañosa ubicada en la región interandina al sur del Ecuador en la provincia del Azuay, con una altitud de entre 2350 y 2700 metros sobre el nivel del mar (Bravo-López et al., 2022).

Figura 15.

Ubicación geográfica de la provincia del Azuay.

Nota: El color rojo muestra la provincia del Azuay, mapa realizado en QGis.

3.2 División político-administrativa

En el Ecuador, la división político-administrativa es de provincias, cantones y parroquias. La provincia se encuentra gobernada por la prefectura, el cantón Cuenca y sus parroquias urbanas por la alcaldía y las parroquias rurales, los Gobiernos Autónomos Descentralizados. (GAD) presididos por los presidentes de la junta parroquial. De acuerdo a lo establecido en la reforma, actualización, complementación y codificación de la ordenanza que sanciona el Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca, el territorio se divide en: área urbana, con una superficie de 6.771 hectáreas; área de influencia inmediata, con una superficie de 12.013 hectáreas; y área rural, con una superficie de 312.880 hectáreas (Alcaldía de Cuenca, 2023c).

El sector urbano de Cuenca está formado por 15 parroquias, mientras que el territorio rural se encuentra dividido en 21 parroquias (Alcaldía de Cuenca, 2023d). Ver figura 16.

Figura 16.

Parroquias de la ciudad de Cuenca.

Nota: Mapa realizado en QGis.

3.3 Ubicación de la región

El cantón Cuenca es uno de los 15 cantones de la provincia del Azuay (Figura 17); se encuentra ubicado en la región centro-sur de la República del Ecuador. Su capital es la Ciudad de Santa Ana de los Ríos de Cuenca, su altura promedio es de 2.560 metros sobre el nivel del mar (Alcaldía de Cuenca, 2023b) y su población es de 596.101 habitantes (INEC, 2025).

Figura 17.

Cantones de la provincia del Azuay.

Nota: Los cantones que se encuentran de color púrpura pertenecen a la provincia del Azuay, mapa realizado en QGis.

Su clima es templado, con temperaturas que van desde los 14ºC a los 25ºC (Domínguez-Valverde et al., 2019). Las condiciones climáticas del cantón varían entre periodos secos (de junio a noviembre) y periodos de altos niveles de precipitación (de diciembre a mayo) con un promedio anual de 940 mm (Bravo-López et al., 2022).

3.4 Escenarios de planificación

Para garantizar una prestación eficiente y equitativa de los servicios públicos, el estado ecuatoriano, a través de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), implementó niveles administrativos de planificación: zonas, distritos y circuitos. Estos niveles no reemplazan la división político-administrativa tradicional (provincias, cantones y parroquias), sino que optimizan la planificación territorial y la prestación de servicios.

- Zonas de planificación: Ecuador se divide en 9 zonas, agrupadas según proximidad geográfica, cultural y económica. Desde aquí se coordinan las entidades del sector. público para la formulación de políticas. El Azuay pertenece a la Zona 6 junto con Cañar y Morona Santiago (Secretaría Nacional de Planificación, 2023).
- Distritos: Son la unidad básica de planificación y prestación de servicios, coincidiendo con cantones o grupos de cantones. Existen 140 distritos, con un promedio de 90.000

habitantes cada uno. Cuenca se encuentra dentro de los códigos distritales 01D01 y 01D02 correspondientes al norte y al sur (Secretaría Nacional de Planificación, 2023).

- Circuitos: Son las localidades donde se concentran los servicios públicos, generalmente equivalentes a parroquias o conjuntos de parroquias. Hay 1.134 circuitos, con un promedio de 11.000 habitantes cada uno (Secretaría Nacional de Planificación, 2023).

Cuenca prioriza en su planificación territorial la conservación de áreas verdes y el desarrollo sostenible de la producción agrícola y ornamental. En el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de la ciudad, se identifican estrategias para conservar y promocionar las áreas verdes y conciencias sostenibles con el uso eficiente del agua (Dirección general de planificación territorial, 2024). Inclusive, en el año 2023, la Alcaldía de Cuenca, a través de la EMAC EP con el programa “Un millón de árboles y plantas para Cuenca” y la Prefectura del Azuay mediante el proyecto “Educación Ambiental Provincial”, presentan la VII Edición de “Balcones Floridos” con la colocación en los balcones de aproximadamente 1.200 macetas con plantas floridas de diversas especies, principalmente geranios *Pelargonium sp* (Alcaldía de Cuenca, 2023a).

3.5 Condiciones socioeconómicas

La ciudad de Cuenca fue reconocida por la UNESCO como patrimonio cultural de la humanidad en 1999 y desde entonces en las zonas urbanas se están desarrollando procesos de gentrificación y al mismo tiempo marginación de grupos con menores ingresos (Garcia Cazorla et al., 2023; Hayes, 2020). Una de las características esgrimidas por la Municipalidad de Cuenca para sustentar la propuesta de declaratoria de patrimonio cultural de la humanidad fue, precisamente, el vínculo entre la ciudad y la naturaleza. Por otra parte, este crecimiento horizontal ha dado lugar a la creación de jardines y huertos en las viviendas de la ciudad. Pequeños o grandes jardines han sido diseñados, creados y estructurados tomando como elemento principal de su configuración las plantas, principalmente árboles y arbustos ornamentales (Idrovo Murillo, 2024).

Además, el perfil del productor y comercializador de plantas ornamentales responde al perfil nacional, en el que el 71,4% son hombres, quienes manifestaron en un 53,9% haber culminado la primaria (INEC, 2024).

3.6 Situación actual

Cuenca es conocida por la abundancia de suministros de agua que provienen de cuatro ríos (Tomebamba, Machangara, Yanuncay y Tarqui), y mantiene una amplia variedad de flora (Alvarez-Vera et al., 2018). Gran parte de la historia de Cuenca y de su gente ha

estado relacionada con sus recursos naturales y en especial con su vegetación; la flora urbana de Cuenca es muy rica en especies y diversidad; se estima que está sobre las 350 especies entre árboles, arbustos, enredaderas y herbáceas. Este patrimonio incluye no sólo especies ornamentales, sino también especies frutales y medicinales (Idrovo Murillo, 2024).

Los viveros son un ejemplo de iniciativa autónoma para impulsar la economía rural en Ecuador, cuyos propietarios diversifican sus actividades al efectuar labores de campo, de comercialización y de administración; el 50 % invierte la totalidad de la jornada laboral en actividades del vivero, el resto la combina con labores agrícolas, cuyo aporte económico mejora su calidad de vida (Rivero-Guerra, 2021).

A pesar de existir un privilegio en referencia a las condiciones hídricas, con respecto a la economía, en las actividades agrícolas existen antecedentes de que la mayoría de explotaciones de hortalizas y plantas ornamentales en la ciudad producen balances energéticos negativos (Zea et al., 2020) .

3.7 Conclusiones

Por el contexto geográfico, administrativo y socioeconómico de Cuenca, Ecuador, la ejecución del estudio no es solo viable, sino pertinente. Su ubicación en la región interandina, caracterizada por su biodiversidad y un clima templado con variaciones estacionales, influye en las dinámicas territoriales y de planificación de ciudad, de producción y comercialización de plantas ornamentales. Por otra parte, la organización político-administrativa de la ciudad y su integración en los esquemas nacionales de planificación permiten una gestión estructurada de los recursos y servicios.

Desde el punto de vista socioeconómico, Cuenca combina una herencia cultural reconocida por la UNESCO con desafíos contemporáneos como la gentrificación urbana y la marginación de ciertos sectores poblacionales, por lo que la conservación de áreas verdes es prioritaria. Sin embargo, la actividad agrícola local enfrenta retos energéticos y educativos que afectan la sostenibilidad de sus prácticas y es pertinente evaluar las alternativas de mejorar estos aspectos en la ciudad y en las prácticas ornamentales.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

La Tabla 3 presenta las características iniciales de desarrollo foliar: altura y cantidad de hojas y floral: cantidad de flores, correspondientes a los cuatro tratamientos evaluados que difieren en condiciones de drenaje y frecuencia de riego.

En relación con la altura de planta, las medias oscilaron entre 10.60 cm (F2A) y 12.00 cm (F2P); mientras que la cantidad de hojas entre 16 hojas (F2A) y 20 hojas (F1P) y la cantidad de flores registradas fue entre 1 y 3 con media de 2 flores en cada tratamiento.

La prueba de Shapiro-Wilk mostró valores de $p > 0.05$ en todas las medidas evaluadas, lo que evidenció una distribución normal de los datos. Al comparar las características de altura ($F = 1.337$; $p = 0.298$); cantidad de hojas ($F = 2.796$; $p = 0.074$) y cantidad de flores ($F = 2.444$; $p= 0.102$) entre los tratamientos no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Tabla 3.

Características iniciales de desarrollo foliar y floral

		Min	Max	Media	DE	CV	Asimetría	Curtosis	Shapiro-Wilk	p	F	p
Altura	F1A	9.50	13.00	11.00	1.37	0.12	0.61	-0.13	0.964	.833	1.337	.298
	F1P	9.50	12.00	11.10	1.03	0.09	-1.02	0.92	0.862	.236		
	F2P	11.00	13.00	12.00	0.71	0.06	0.00	2.00	0.883	.325		
	F2A	9.00	12.00	10.60	1.34	0.13	0.17	-2.41	0.852	.201		
Cantidad de hojas	F1A	14.00	19.00	16.20	1.92	0.12	0.59	-0.02	0.979	.928	2.796	.074
	F1P	18.00	21.00	19.40	1.14	0.06	0.41	-0.18	0.961	.814		
	F2P	17.00	21.00	18.80	1.64	0.09	0.52	-1.69	0.914	.490		
	F2A	14.00	22.00	16.60	3.21	0.19	1.66	2.71	0.816	.110		
Cantidad de flores	F1A	1.00	2.00	1.20	0.45	0.37	2.24	5.00	0.552	.213	2.444	.102
	F1P	1.00	3.00	2.00	0.71	0.35	0.00	2.00	0.883	.325		
	F2P	1.00	2.00	1.60	0.55	0.34	-0.61	-3.33	0.684	.112		
	F2A	1.00	2.00	1.20	0.45	0.37	2.24	5.00	0.552	.321		

Nota: F1A= Riego cada dos días con ausencia de drenaje; F1P= Riego cada dos días con presencia de drenaje; F2A= Riego cada cuatro días con ausencia de drenaje; F2P= Riego cada cuatro días con presencia de drenaje. Elaborado por el autor

En referencia a los signos visuales de estrés hídrico, según tratamiento se registraron 4 plantas sujetas a tratamiento en estado normal sin marchitamiento y una planta ligeramente marchita. El test H de Kruskal Wallis, reveló que todos los grupos de análisis tenían condiciones similares de marchitamiento antes de iniciar el experimento. Detalles en la tabla 4

Tabla 4.

Signos visuales iniciales de estrés hídrico

Tratamiento		Etapa de Marchitamiento	Frecuencia	Test de Kruskal Wallis (p)
F1A		Normal (sin marchitamiento)	4	5.733
		Ligeramente marchito	1	(.125)
	F1P	Normal (sin marchitamiento)	4	
		Ligeramente marchito	1	
	F2P	Normal (sin marchitamiento)	4	
		Ligeramente marchito	1	
	F2A	Normal (sin marchitamiento)	4	
		Ligeramente marchito	1	

Nota: F1A= Riego cada dos días con ausencia de drenaje; F1P= Riego cada dos días con presencia de drenaje; F2A= Riego cada cuatro días con ausencia de drenaje; F2P= Riego cada cuatro días con presencia de drenaje. . Elaborado por el autor

Estos resultados confirman la homogeneidad experimental antes de la aplicación de los distintos regímenes de drenaje y frecuencia de riego y asegura que las variaciones detectadas en las etapas posteriores del experimento son consecuencia directa de los tratamientos evaluados y no de heterogeneidades iniciales de las plantas sujetas al experimento. Así se responde al principio de aleatorización que asegura que las características de las plantas son equivalentes entre tratamientos antes de aplicar los tratamientos, además, el bloqueo entendido como las condiciones aplicadas a cada tratamiento y la replicación permite una estimación fiable del error experimental y de los efectos del tratamiento (Hartung et al., 2019)

Por otra parte, en el análisis de varianza de medidas repetidas (ANOVA RM) para los efectos intra-sujeto, en el que se evaluó el efecto del tiempo sobre las variables: altura de planta, cantidad de hojas y cantidad de flores, se reveló un efecto muy grande del tiempo ($F = 59.315$; $p < 0.001$; $\eta^2p = 0.788$), sobre la altura de las plantas, lo que indicó que la altura de las plantas cambió significativamente entre los diferentes momentos de medición. Sin embargo, las interacciones: tiempo × frecuencia de riego ($F = 2.471$; $p = 0.073$) , tiempo × drenaje ($F = 0.890$; $p = 0.453$) y tiempo × frecuencia de riego × drenaje ($F = 0.035$; $p = 0.991$) no fueron estadísticamente significativa ($p > .05$) .

Para la cantidad de hojas, el efecto intra-sujeto del tiempo también fue significativo con un tamaño de efecto muy grande ($F = 67.477$; $p < 0.001$; $\eta^2p = 0.808$), evidenciando variaciones en el número de hojas a lo largo del periodo de evaluación. Así también, se detectaron efectos significativos en las interacciones tiempo × frecuencia de riego ($F = 3.165$; $p = 0.033$; $\eta^2p = 0.165$) y tiempo × drenaje ($F = 3.342$; $p = 0.027$; $\eta^2p = 0.173$).

Con respecto a la cantidad de flores, el efecto intra-sujeto del tiempo no fue significativo ($F = 1.242$; $p = 0.305$; $\eta^2p = 0.072$), lo que indica que la producción de flores no presentó cambios significativos entre los momentos evaluados. Así como tampoco fueron significativas las interacciones: tiempo × drenaje ($F = 1.461$; $p = 0.237$) y tiempo × frecuencia de riego × drenaje ($F = 0.365$; $p = 0.778$). No obstante, se reveló un efecto mediano moderado en la interacción tiempo × frecuencia de riego ($F = 7.233$; $p < 0.001$; $\eta^2p = 0.311$).

Tabla 5.

Análisis ANOVA RM intrasujeto

Característica	Cases	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrada	F	p	η^2_p
Altura	Tiempo	63.30	3	21.100	59.315	< .001	0.788
	Tiempo ✻ Frecuencia	2.64	3	0.879	2.471	.073	0.134
	Tiempo ✻ Drenaje	0.95	3	0.317	0.890	.453	0.053
	Tiempo ✻ Frecuencia ✻ Drenaje	0.04	3	0.012	0.035	.991	0.002
	Residuales	17.08	48	0.356			
Cantidad de hojas	Tiempo	1646.44	3	548.813	67.477	< .001	0.808
	Tiempo ✻Frecuencia	77.24	3	25.746	3.165	.033	0.165
	Tiempo ✻ Drenaje	81.54	3	27.179	3.342	.027	0.173
	Tiempo ✻ Frecuencia ✻ Drenaje	39.14	3	13.046	1.604	.201	0.091
	Residuales	390.40	48	8.133			
Cantidad de flores	Tiempo	3.40	3	1.133	1.242	.305	0.072
	Tiempo ✻ Frecuencia	19.80	3	6.600	7.233	< .001	0.311
	Tiempo ✻ Drenaje	4.00	3	1.333	1.461	.237	0.084
	Tiempo ✻ Frecuencia ✻ Drenaje	1.00	3	0.333	0.365	.778	0.022
	Residuales	43.80	48	0.912			

Nota: gl = grados de libertad; p = significancia estadística; η^2p = eta parcial cuadrado (tamaño del efecto). . Elaborado por el autor

En concreto, el patrón de cambio en la altura a lo largo del tiempo fue similar entre todas las plantas pertenecientes a cada tratamiento; este comportamiento sugiere que el crecimiento en altura estuvo principalmente determinado por el desarrollo ontogénico (natural) de las plantas (D. Wang et al., 2012). Mientras que el cambio en el número de hojas a través del tiempo estuvo influenciado por la frecuencia de riego y drenaje, situación que se argumenta con el hecho de que el régimen hídrico puede modificar procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento vegetativo y el estado hormonal de la planta (Puértolas et al., 2020). La producción de flores no presentó cambios significativos entre los momentos evaluados; sin embargo, el comportamiento temporal de la floración difirió según la frecuencia de riego, lo que coincide con investigaciones que reportan que la disponibilidad de agua puede influir en la dinámica de floración de las plantas (Bayer, 2020).

En relación al análisis entre sujetos, se determinó una ausencia de efectos de la frecuencia de riego sobre la altura de las plantas ($F = 0.147$; $p = 0.706$; $\eta^2p = 0.009$), así como la interacción de frecuencia de riego × drenaje ($F = 1.876$; $p = 0.190$). A diferencia del drenaje, que mostró un efecto pequeño sobre la altura ($F = 5.812$; $p = 0.028$; $\eta^2p = 0.266$), lo que revela ligeras diferencias en la altura promedio de las plantas entre las condiciones de drenaje evaluadas.

La frecuencia de riego no mostró efectos sobre la cantidad de hojas, ($F = 0.052$; $p = 0.822$; $\eta^2p = 0.003$), así como la interacción frecuencia de riego × drenaje ($F = 0.269$; $p = 0.611$). En contraste con el drenaje, que evidenció un efecto grande ($F = 21.380$; $p < 0.001$; $\eta^2p = 0.572$) sobre la cantidad de hojas.

En cuanto a la cantidad de flores, tampoco se observaron efectos significativos de la frecuencia de riego ni de la interacción: frecuencia de riego × drenaje ($F = 0.302$; $p = 0.590$; $\eta^2p = 0.019$). Sin embargo, el drenaje por sí solo, presentó un efecto pequeño sobre la producción de flores ($F = 4.830$; $p = 0.043$; $\eta^2p = 0.232$). Detalles en la tabla 6

Tabla 6.

Análisis ANOVA RM entre sujetos

Característica	Cases	Suma de cuadrados	Media cuadrada	F	p	η^2_p
Altura	Frecuencia	0.612	0.612	0.147	.706	0.009
	Drenaje	24.200	24.200	5.812	.028	0.266
	Frecuencia ⁕ Drenaje	7.812	7.812	1.876	.190	0.105
	Residuales	66.625	4.164			
Cantidad de hojas	Frecuencia	1.512	1.512	0.052	.822	0.003
	Drenaje	621.612	621.612	21.380	< .001	0.572
	Frecuencia ⁕ Drenaje	7.813	7.813	0.269	.611	0.017
	Residuales	465.200	29.075			
Cantidad de flores	Frecuencia	0.200	0.200	0.302	.590	0.019
	Drenaje	3.200	3.200	4.830	.043	0.232

Nota: En todos los casos fueron 6 grados de libertad (gl=6); p = significancia estadística; η^2p = eta parcial cuadrado (tamaño del efecto). Elaborado por el autor

La altura de las plantas entre tratamientos se vio afectada por el drenaje de las macetas, lo que indica que la disponibilidad de agua en el sustrato puede modificar el crecimiento de los geranios (Sánchez-Blanco et al., 2009). Los resultados correspondientes a la cantidad de hojas según el drenaje del contenedor presentaron resultados similares a una investigación realizada en germinación de geranios, en la que se determinó que diferentes tipos de contenedores tuvieron un efecto significativo en la cantidad de hojas por plántula (Shagufta et al., 2023). Además, las interacciones efectivas entre el drenaje y el riego mejoran las características foliares y florales, mejorando así la calidad estética de las plantas ornamentales (El Khoumsi et al., 2024).

La Tabla 7, presenta los resultados de las comparaciones múltiples post hoc con corrección de Bonferroni, realizadas para identificar en qué momento se producen las diferencias entre los momentos de evaluación en las variables altura de planta, cantidad de hojas y cantidad de flores.

Para la altura de planta, se observaron diferencias significativas entre el tiempo T0 y los tiempos T20, T40 y T60 ($p < 0.001$). Asimismo, se registraron diferencias entre T20 y T60 ($p = 0.004$) y entre T40 y T60 ($p = 0.015$). En contraste, la comparación de altura entre el tiempo 20 y el tiempo 40 no mostró diferencias significativas ($p = 0.086$).

En la cantidad de hojas, no se detectaron diferencias entre tiempo T0 y tiempo T20 ($p = 1.000$). Sin embargo, se observaron diferencias significativas entre el tiempo T0 y los tiempos T40 y T60, así como entre T20 y T40, T20 y T60 y T40 y T60 ($p < 0.001$), evidenciando un incremento progresivo en el número de hojas durante el periodo de

evaluación. Para la cantidad de flores, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos evaluados ($p \geq 0.290$). Cabe señalar que, aunque esta variable corresponde a un conteo discreto, para fines analíticos y de consistencia con el modelo de ANOVA de medidas repetidas, fue tratada como una variable continua.

Tabla 7.

Post hoc del tiempo

			Diferencia de medias (C1-C2)	*Error estándar*	*t*	*Cohen's d*	p_{bonf}
Altura	*T0*	*T20*	*-1.50*	*0.25*	*6.12*	*-1.312*	*< .001*
		T40	*-1.95*	*0.18*	*10.61*	*-1.705*	*< .001*
		T60	*-2.35*	*0.20*	*-11.75*	*-2.055*	*< .001*
	T20	*T40*	*-0.45*	*0.16*	*2.75*	*-0.393*	*.086*
		T60	*-0.85*	*0.20*	*4.23*	*-0.743*	*.004*
	T 40	*T60*	*-0.40*	*0.11*	*3.58*	*-0.350*	*.015*
Cantidad de hojas	*T0*	*T20*	*0.15*	*0.53*	*0.28*	*0.041*	*1.000*
		T40	*-5.70*	*0.76*	*-7.51*	*-1.559*	*< .001*
		T60	*-10.80*	*1.01*	*-10.73*	*-2.954*	*< .001*
	T20	*T40*	*-5.85*	*0.98*	*-5.99*	*-1.600*	*< .001*
		T60	*-10.95*	*0.99*	*-11.06*	*-2.995*	*< .001*
	T 40	*T60*	*-5.10*	*1.04*	*-4.92*	*-1.395*	*< .001*
Cantidad de flores	*T0*	*T20*	*-0.40*	*0.19*	*-2.14*	*-0.434*	*.290*
		T40	*0.10*	*0.31*	*0.33*	*0.108*	*1.000*
		T60	*-0.30*	*0.22*	*-1.34*	*-0.325*	*1.000*
	T20	*T40*	*0.50*	*0.35*	*1.43*	*0.542*	*1.000*
		T60	*0.10*	*0.26*	*0.39*	*0.108*	*1.000*
	T 40	*T60*	*-0.40*	*0.42*	*-0.94*	*-0.434*	*1.000*

Nota: gl = 16. C1 = Condición 1; C2 = Condición 2. T0 = Tiempo 0 (0 días); T20 = Tiempo 20 (20 días); T40 = Tiempo 40 (40 días); T60 = Tiempo 60 (60 días). Cohen´s D = Tamaño del efecto; p = significancia estadística con la corrección de Bonferroni. Elaborado por el autor

Estos cambios responden al comportamiento natural de desarrollo de las plantas, influenciado además por el riego ejecutado, con sustento en que conforme ocurre el riego y pasa el tiempo, existen efectos en las plantas (Morrison et al., 2024).

La Tabla 8, presenta los resultados de las comparaciones post hoc para los factores frecuencia de riego y drenaje sobre las variables altura de planta, cantidad de hojas y cantidad de flores, sin considerar el factor del tiempo.

En relación con la altura de planta, no se observaron diferencias significativas entre las frecuencias de riego evaluadas (F1 = cada 2 días y F2 = cada 4 días) ($t = 0.384$; $p = 0.706$; $d = 0.153$). Sin embargo, en cuanto al drenaje, se detectó un efecto significativo elevado ($t = -2.41$; $p = 0.028$; $d = -0.962$), que indica que las plantas cultivadas con presencia de drenaje presentaron una mayor altura promedio en comparación con aquellas sin drenaje.

Con respecto a la cantidad de hojas, la frecuencia de riego tampoco mostró diferencias significativas entre los tratamientos (t = 0.228; p = 0.822; d = 0.075). Sin embargo, el drenaje evidenció un efecto altamente significativo (t = -4.62; p < 0.001; d = -1.525), lo que indica que las plantas con presencia de drenaje desarrollaron un mayor número de hojas en comparación con las plantas sin drenaje.

En cuanto a la cantidad de flores, la frecuencia de riego no mostró diferencias significativas entre las frecuencias evaluadas (t = 0.549; p = 0.590; d = 0.108). No obstante, el drenaje presentó un efecto significativo (t = -2.19; p = 0.043; d = -0.434), observándose una mayor producción de flores en las plantas cultivadas con presencia de drenaje respecto a aquellas sin drenaje.

Tabla 8.

Post hoc: frecuencia y drenaje

Características				Diferencia de medias (C1 - C2)	EE	t	Cohen's d	p_{bonf}
Altura	Frecuencia	Cada 2 días	Cada 4 días	0.18	0.46	0.384	0.153	.706
	Drenaje	Ausencia	Presencia	-1.10	0.46	-2.411	-0.962	.028
Cantidad de hojas	Frecuencia	Cada 2 días	Cada 4 días	0.28	1.21	0.228	0.075	.822
	Drenaje	Ausencia	Presencia	-5.58	1.201	-4.624	-1.525	< .001
Cantidad de flores	Frecuencia	Cada 2 días	Cada 4 días	0.10	0.18	0.549	0.108	.590
	Drenaje	Ausencia	Presencia	-0.40	0.18	-2.198	-0.434	.043

Nota: gl = 16. C1 = Condición 1; C2 = Condición 2; EE = Error estándar. Elaborada por el autor

Estos resultados fueron similares a otra investigación en la que se identificó que la frecuencia y el momento del riego influyeron en la altura de la planta y en la eficiencia en el uso del agua (Morrison et al., 2024). Los resultados de la cantidad de flores responden a antecedentes en los que las condiciones de estrés hídrico en el geranio pueden influir en el momento de la floración, anticipando la apertura de las flores (Riga, 2012).

Por otra parte, al no existir diferencia significativa en las características foliares de los geranios según la frecuencia de riego automatizado por goteo, se fortalece el enfoque alternativo a las prácticas de riego convencionales, que lleva a ahorros de agua mientras se mantiene el rendimiento y/o la calidad del cultivo, particularmente relevante en viveros comerciales con tecnología de riego adecuada (Boyle et al., 2017; Sánchez-Blanco et al., 2009).

La Tabla 9 presenta los estadísticos descriptivos de las variables: altura de planta, número de hojas y número de flores de *Pelargonium sp.* evaluadas en los cuatro momentos

del ciclo experimental (T0, T20, T40 y T60), bajo distintas combinaciones de frecuencia de riego y condición de drenaje: F1A, F1P, F2P y F2A.

La altura mostró un incremento progresivo en todos los tratamientos desde T0 hasta T60. En T60, el tratamiento F2P alcanzó la mayor altura (14,50 cm; DE = 0,50 cm), con baja variabilidad.

Además, el número de hojas evidenció una respuesta más marcada a las condiciones de manejo hídrico, particularmente hacia T60, donde F1P (31,40 ± 4,83 hojas) y F2P (30,80 ± 5,85 hojas) tuvieron mayor cantidad de hojas.

La variable número de flores mostró un comportamiento más estático a lo largo del tiempo. En T60, el tratamiento F1P presentó el mayor promedio (3,00 flores, DE = 0,71 flores, equivalente a una flor), mientras que F2A registró el menor valor (0,60 flores, equivalente a una flor; DE = 0,89 flores, equivalente a una flor).

Tabla 9.

Descriptivos en cada momento.

		T0		T20		T40		T60	
		Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Altura	F1A	11.00	1.369	12.80	0.274	12.90	0.548	13.20	0.758
	F1P	11.10	1.025	13.30	1.204	13.50	1.414	13.90	1.517
	F2P	12.00	0.707	13.20	1.304	13.90	1.025	**14.50**	**0.500**
	F2A	10.60	1.342	11.40	1.817	12.20	1.304	12.50	1.000
Cantidad de hojas	F1A	16.200	1.924	14.800	3.701	21.400	3.507	25.600	3.507
	F1P	19.400	1.140	18.200	1.924	28.800	3.493	**31.400**	**4.827**
	F2P	18.800	1.643	23.200	4.207	26.400	2.702	30.800	5.848
	F2A	16.600	3.209	14.200	4.494	17.200	3.114	26.400	5.413
Cantidad de flores	F1A	1.200	0.447	2.000	0.707	1.000	1.000	2.000	1.225
	F1P	2.000	0.707	2.000	0.707	0.400	0.894	**3.000**	**0.707**
	F2P	1.600	0.548	2.000	0.707	2.200	2.049	1.600	0.894
	F2A	1.200	0.447	1.600	0.894	2.000	0.707	0.600	0.894

Nota: F1A = Riego cada dos días con ausencia de drenaje; F1P = Riego cada dos días con presencia de drenaje; F2A = Riego cada cuatro días con ausencia de drenaje; F2P = Riego cada cuatro días con presencia de drenaje. T0 = Tiempo 0; T20 = Tiempo 20; T40 = Tiempo 40; T60 = Tiempo 60. DE = Desviación estándar. Elaborado por el autor

El comportamiento de la floración de los geranios resulta beneficioso para la producción en viveros, argumentado en una investigación en Italia que menciona que los agricultores generalmente abastecen a minoristas locales; una floración gradual podría ser beneficiosa para los productores (Brentari et al., 2020).

Según la Tabla 10, las características visuales de las plantas evaluadas con la escala visual de marchitamiento mostraron etapas normales y ligeramente marchitas en todos los tratamientos y momentos de medición, a excepción del F2P (riego cada cuatro días con presencia de drenaje), en el que a los 20 días (T20) una de las repeticiones mostró características para evaluar la etapa como marchita.

Tabla 10.

Frecuencia de plantas en las etapas de marchitamiento en cada tiempo de medición.

Tratamiento	Etapa de marchitamiento	T0	T20	*T40*	*T60*
F1A	Normal (sin marchitamiento)	4	3	1	3
	Ligeramente marchito	1	2	4	2
F1P	Normal (sin marchitamiento)	4	0	2	3
	Ligeramente marchito	1	5	3	2
F2P	Normal (sin marchitamiento)	4	1	0	2
	Ligeramente marchito	1	3	5	3
	Marchito	0	1	0	0
F2A	Normal (sin marchitamiento)	4	0	3	3
	Ligeramente marchito	1	3	2	2
	Marchito	0	2	0	0

Nota: F1A = Riego cada dos días con ausencia de drenaje; F1P = Riego cada dos días con presencia de drenaje; F2A = Riego cada cuatro días con ausencia de drenaje; F2P = Riego cada cuatro días con presencia de drenaje. T0 = Tiempo 0; T20 = Tiempo 20; T40 = Tiempo 40; T60 = Tiempo 60. Elaborado por el autor.

Esto podría deberse a que los rasgos de calidad en las plantas ornamentales están determinados tanto por el trasfondo genético de la planta y las condiciones ambientales, como por la disponibilidad de agua (Riga, 2012). La ausencia de marchitamiento en plantas ornamentales está directamente asociada con una mayor calidad estética y, por tanto, con un mejor rendimiento comercial, dado que el estrés hídrico reduce la longevidad, apariencia y valor de mercado de estos cultivos (Sukpitak et al., 2024) . Sin embargo, antecedentes investigativos indican que la respuesta de las plantas al estrés no depende exclusivamente del manejo del riego o drenaje, sino también de factores intrínsecos como la especie, condiciones ambientales y la etapa de desarrollo o ciclo de vida de la planta (Mircea et al., 2024) . Los resultados indican que el geranio mantuvo un estado hídrico adecuado en todos los tratamientos, lo que respalda su tolerancia al riego espaciado (Eiasu et al., 2012; Boyle et al., 2017)

Así, al comparar los resultados a los 60 días del experimento, se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en la altura ($F = 3.632$; $p = 0.036$) y en la cantidad de flores ($F = 5.481$; $p = 0.009$); mientras que la cantidad de hojas ($F = 1.783$; $p = 0.191$) y las etapas de marchitamiento ($F = 0.167$; $p = 0.917$) fueron similares entre los 4 tratamientos aplicados. Detalles en la tabla 11

Tabla 11.

Comparación entre tratamientos en el T60 (a los 60 días) de las características: altura, cantidad de hojas, cantidad de flores y etapas de marchitamiento.

	Casos	F	p
Altura	(Intercept)	3547.648	< .001
	Tratamiento	3.632	0.036
Cantidad de hojas	(Intercept)	658.004	< .001
	Tratamiento	1.783	0.191
Cantidad de flores	(Intercept)	72.000	< .001
	Tratamiento	5.481	0.009
Etapas de marchitamiento	(Intercept)	140.167	< .001
	Tratamiento	0.167	0.917

Nota: F= prueba Anova de un factor, p= significancia estadística. Elaborado por el autor

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La investigación realizada permitió establecer una comprensión profunda de los efectos del riego por goteo y las condiciones de drenaje en el desarrollo de *Pelargonium sp.* en macetas en Cuenca, Ecuador.

En respuesta a la pregunta de investigación ¿Cuáles son los efectos del riego por goteo y las condiciones de drenaje en el desarrollo de *Pelargonium sp*. en macetas en Cuenca, Ecuador?, se determinó que:

- El análisis intrasujeto ha resaltado que el tiempo es un factor determinante con un efecto muy grande en el crecimiento vegetativo, es decir, en las características foliares de las plantas (altura y número de hojas), lo que indica que el desarrollo mejora a medida que avanza el ciclo de vida de las plantas.
- La respuesta en la floración se relacionó significativamente con un efecto mediano, con la interacción entre el tiempo y la frecuencia de riego, enfatizando la importancia de la periodicidad del riego y su interacción con el ciclo de vida de las plantas.
- Los resultados del análisis entre sujetos evidencian que las condiciones de drenaje tienen un efecto estadístico significativo en el desarrollo general de los geranios. Con un tamaño pequeño de efecto sobre la altura de las plantas y producción de flores y grande sobre la cantidad de hojas. Lo que resalta la necesidad de un sistema de drenaje adecuado para optimizar el desarrollo de las plantas.
- A los 60 días del experimento, la altura y la cantidad de flores fueron las características que difirieron significativamente entre tratamientos: F2P alcanzó el mayor promedio de altura (14.50 cm) y F1P el mayor número de flores (3.00), mientras que la cantidad de hojas y las etapas de marchitamiento fueron similares entre los cuatro tratamientos.
- Con respecto a la evolución en el tiempo, las comparaciones post hoc revelaron que los cambios significativos en la altura a partir de los 20 días posteriores al trasplante y siguió incrementando hasta los 60 días, mientras que la cantidad de hojas no tuvo variaciones antes de los 40 días. La producción de flores y las etapas de marchitamiento no mostraron variaciones significativas a lo largo del tiempo.
- El geranio mostró resiliencia al riego espaciado: en todos los tratamientos se mantuvo entre normal y ligeramente marchito, y los pocos casos de marchitez (una planta en F2P y dos en F2A a los 20 días) se recuperaron hacia T40, sin etapas severas. Esto

es coherente con la tolerancia del género a baja frecuencia de riego y respalda el riego cada cuatro días en el clima templado de Cuenca.

En este contexto, los resultados sugieren que el tratamiento F2P (riego cada 4 días y con presencia de drenaje) generó un balance favorable entre humedad y aireación radicular para ganar altura, alcanzando el mayor promedio con la mitad de frecuencia de riego que F1P, lo que lo posiciona como la alternativa de mayor eficiencia hídrica. En cuanto a la floración, el mayor promedio a los 60 días se registró en F1P y el menor en F2A, en concordancia con el efecto favorable de la presencia de drenaje observado en el análisis entre sujetos.

5.2 Recomendaciones

A partir de los hallazgos obtenidos en esta investigación sobre el riego por goteo y las condiciones de drenaje en el desarrollo de *Pelargonium sp.*, se han formulado una serie de recomendaciones que buscan optimizar el manejo hídrico en la horticultura de la ciudad de Cuenca. Estas sugerencias se diseñaron para mejorar el crecimiento y la floración de las plantas, así como para fomentar prácticas sostenibles y eficientes en el uso del agua.

1. Se sugiere realizar estudios adicionales para determinar la frecuencia óptima de riego para *Pelargonium sp.* en diferentes condiciones climáticas y de suelo, lo que podría mejorar el crecimiento y la floración de estas plantas.
2. Se recomienda llevar a cabo un seguimiento continuo de variables ambientales (temperatura, humedad del suelo, luminosidad) durante el crecimiento de *Pelargonium sp.*, para comprender mejor su influencia en el desarrollo vegetal.
3. Ampliar el estudio a otras especies de plantas ornamentales podría proporcionar información valiosa sobre los efectos del riego por goteo y condiciones de drenaje en contextos de viveros.
4. Desarrollar programas de capacitación para horticultores en la ciudad de Cuenca sobre técnicas de riego eficientes y gestión adecuada de drenaje puede facilitar una mejor gestión hídrica en la horticultura local, dirigido a los dueños y trabajadores de viveros.
5. Promover prácticas de riego y drenaje sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, contribuyendo así a la conservación de recursos hídricos en la región.
6. En épocas de sequía, como fue el período en el que se ejecutó la investigación, se recomienda implementar frecuencias de riego similares al tratamiento F2P, ya que este mostró un mejor equilibrio entre humedad y aireación radicular, favoreciendo el crecimiento en altura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta Durán, C. M., & Acosta Peñaloza, D. (2018). Sustratos de basura verde para cultivo de geranio (Pelargonium spp.) en contenedor. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *9*(5), 899–910. https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.265

Alcaldía de Cuenca. (2023a). *Alcaldía de Cuenca y Prefectura del Azuay presentan la VII Edición de los "Balcones Floridos."* https://www.cuenca.gob.ec/content/alcaldia-de-cuenca-y-prefectura-del-azuay-presentan-la-vii-edicion-de-los-balcones-floridos?utm_source=chatgpt.com

Alcaldía de Cuenca. (2023b). *Breve descripción socioeconómica de la ciudad.* https://www.cuenca.gob.ec/page_socioeconomica

Alcaldía de Cuenca. (2023c). *División del Territorio del Cantón Cuenca*. División de territorio, Cuenca. https://www.cuenca.gob.ec/page_divisionterritorio

Alcaldía de Cuenca. (2023d). *División Política Territorial del Cantón Cuenca*. División política, Cuenca. https://www.cuenca.gob.ec/page_divisionpolitica

Al-Saadi, G. N. H., Al-Saadi, R. J. M., & Alwan, H. H. (2024). *Influences of different operating pressures and dripper types on drip irrigation system performance*. 020019. https://doi.org/10.1063/5.0209536

Álvarez, S., Bañón, S., & Sánchez-Blanco, M. J. (2013). Regulated deficit irrigation in different phenological stages of potted geranium plants: Water consumption, water relations and ornamental quality. *Acta Physiologiae Plantarum*, *35*(4), 1257–1267. https://doi.org/10.1007/s11738-012-1165-x

Alvarez-Vera, M., Vázquez, J., Castillo, J., Tucta, F., Quispe, E., & Meza, V. (2018). Potential of the flora of the province of Azuay (Ecuador) as a source of beneficial microorganisms. *Scientia Agropecuaria*, *9*(4), 561–568. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.12

ASABE. (2019). *Design and Installation of Microirrigation Systems* (Norma Técnica ASAE EP405; ASAE EP405). American Society of Agricultural and Biological Engineers. https://webstore.ansi.org/preview-pages/ASABE/preview_ASAE+EP405.1+APR1988+(R2019).pdf?srsltid=AfmBOoqwnqfHqpSbujzPWdKGxa8okdrUx2aa_VMgZiyAw38mHCMpZhHJ

Bannister, P. (1986). Observations on water potential and drought resistance of trees and shrubs after a period of summer drought around Dunedin, New Zealand. *New Zealand Journal of Botany*, *24*(3), 387–392. https://doi.org/10.1080/0028825X.1986.10409816

Bayer, A. (2020). Effect of Reduced Irrigation on Growth and Flowering of Coneflower and Sneezeweed. *HortTechnology*, *30*(3), 315–321. https://doi.org/10.21273/HORTTECH04510-19

Boyle, R. K. A., McAinsh, M., & Dodd, I. C. (2017). Increased plant quality and water savings in *Pelargonium* × *hortorum* in response to reduced irrigation frequency. *Acta Horticulturae*, (1150), 391–398. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1150.55

Bravo-López, E., Fernández Del Castillo, T., Sellers, C., & Delgado-García, J. (2022). Landslide Susceptibility Mapping of Landslides with Artificial Neural Networks: Multi-Approach Analysis of Backpropagation Algorithm Applying the Neuralnet Package in Cuenca, Ecuador. *Remote Sensing*, *14*(14), 3495. https://doi.org/10.3390/rs14143495

Brentari, L., Michelon, N., Gianquinto, G., Orsini, F., Zamboni, F., & Porro, D. (2020). Comparative Study of Three Low-Tech Soilless Systems for the Cultivation of Geranium (Pelargonium zonale): A Commercial Quality Assessment. *Agronomy*, *10*(9), 1430. https://doi.org/10.3390/agronomy10091430

Bustamante Campoverde, A. S. (2018). Análisis de la isla de calor urbana en el entorno andino de Cuenca-Ecuador. *Investigaciones Geográficas*, (70), 167. https://doi.org/10.14198/INGEO2018.70.08

Chandra, S. (2024). Integration of Plant Functional Traits in Sustainable Agriculture. In N. Kumar & H. Singh (Eds.), *Plant Functional Traits for Improving Productivity* (pp. 329–342). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-1510-7_17

Cho, L., Yoon, J., & An, G. (2017). The control of flowering time by environmental factors. *The Plant Journal*, *90*(4), 708–719. https://doi.org/10.1111/tpj.13461

Dambreville, A., Griolet, M., Rolland, G., Dauzat, M., Bédiée, A., Balsera, C., Muller, B., Vile, D., & Granier, C. (2017). Phenotyping oilseed rape growth-related traits and their responses to water deficit: The disturbing pot size effect. *Functional Plant Biology*, *44*(1), 35. https://doi.org/10.1071/FP16036

Dasberg, S., & Or, D. (1999). *Drip Irrigation*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-03963-2

Di Benedetto, A., & Tognett, J. (2016). *Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: Su aplicación a cultivos intensivos*. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86449712008

Dirección general de planificación territorial. (2024). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del canatón Cuenca—Actualización 2024*.

https://www.google.com/url?q=https://www.cuenca.gob.ec/sites/default/files/planificacion/PROPUESTA_PDOT_2024-2027_02-10-2024.pdf&sa=D&source=docs&ust=1741554963858893&usg=AOvVaw2oHgWqKq1Q2ZJSuWZ3yYgO

Domínguez-Valverde, K. S., Universidad del Azuay, Morejón-Ulloa, J. L., & Rodas-Beltrán, A. P. (2019). SEGREGACIÓN EN LOS CONJUNTOS HABITACIONALES EN LA PERIFERIA DE LA CIUDAD DE CUENCA, ECUADOR. *DAYA. Diseño, Arte y Arquitectura.*, *1*(7), 99–120. https://doi.org/10.33324/daya.v1i7.250

Eiasu, B. K., Steyn, J. M., & Soundy, P. (2012). Physiomorphological response of rose-scented geranium (Pelargonium spp.) to irrigation frequency. *South African Journal of Botany*, *78*, 96–103. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2011.05.013

El Khoumsi, W., Essiba, W., Basir, I., Harrouni, C., Redouane, C., & Bourziza, R. (2024). Effect of treated wastewater irrigation on ornamental plants: Case study of Lantana and Hibiscus, Morocco. *World Water Policy*, *10*(1), 280–296. https://doi.org/10.1002/wwp2.12164

El-Sharnouby, M. E., Azab, E., Alotaibi, S. S., & Saleh, D. (2019). INFLUENCE OF AIR TEMPERATURE AND SOIL MOISTURE ON GROWTH AND CHEMICAL COMPOSITION OF GERANIUM PLANTS. *Pakistan Journal of Botany*, *51*(1). https://doi.org/10.30848/PJB2019-1(20)

Engelbrecht, B. M. J., Tyree, M. T., & Kursar, T. A. (2007). Visual assessment of wilting as a measure of leaf water potential and seedling drought survival. *Journal of Tropical Ecology*, *23*(4), 497–500. https://doi.org/10.1017/S026646740700421X

ETAPA EP. (2024). *Gestión 2024 de ETAPA EP en Agua Potable, Telecomunicaciones y Saneamiento Ambiental*. https://www.etapa.net.ec/gestion-2024-de-etapa-ep-en-agua-potable-telecomunicaciones-y-saneamiento-ambiental/

Fernandez, R. T., Pershey, N. A., Andresen, J. A., & Cregg, B. M. (2019). Water Conserving Irrigation Practices, Plant Growth, Seasonal Crop Coefficients, and Nutrition of Container-Grown Woody Ornamentals. *Water*, *11*(10), 2070. https://doi.org/10.3390/w11102070

Garcia Cazorla, M., Ortiz-Rengel, A., & Cabrera-Jara, N. (2023). Transformaciones espontáneas en Cuenca-Ecuador. Lo elitizado frente a lo popular. *Bitácora Urbano Territorial*, *33*(2), 241–255. https://doi.org/10.15446/bitacora.v33n2.106482

Gopala Reddy, A. R., Santosh, D. T., & Tiwari, K. N. (2017). Effect of Drip Irrigation and Fertigation on Growth, Development and Yield of Vegetables and Fruits. *International*

Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, *6*(2), 1471–1483. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.602.165

Guo, H., & Li, S. (2024). A Review of Drip Irrigation's Effect on Water, Carbon Fluxes, and Crop Growth in Farmland. *Water*, *16*(15), 2206. https://doi.org/10.3390/w16152206

Hartung, J., Wagener, J., Ruser, R., & Piepho, H.-P. (2019). Blocking and re-arrangement of pots in greenhouse experiments: Which approach is more effective? *Plant Methods*, *15*(1), 143. https://doi.org/10.1186/s13007-019-0527-4

Hati, A. J., & Singh, R. R. (2023). AI-Driven Pheno-Parenting: A Deep Learning Based Plant Phenotyping Trait Analysis Model on a Novel Soilless Farming Dataset. *IEEE Access*, *11*, 35298–35314. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3265195

Hayes, M. (2020). The coloniality of UNESCO's heritage urban landscapes: Heritage process and transnational gentrification in Cuenca, Ecuador. *Urban Studies*, *57*(15), 3060–3077. https://doi.org/10.1177/0042098019888441

Hernández Mendoza, C. M., Serrano Rubio, J. P., Manjarrez Carillo, A. O., Rodríguez Vidal, L. M., & Herrera Guzmán, R. (2022). Sistema IoT para el cuidado de plantas ornamentales. *Revista de Investigación En Tecnologías de La Información*, *10*(22), 15–30. https://doi.org/10.36825/RITI.10.22.002

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (First edition). McGraw-Hill Education.

Holden, C. A., McAinsh, M., Taylor, J. E., Beckett, P., & Martin, F. L. (2024). Attenuated total reflection Fourier-transform infrared spectroscopy reveals environment specific phenotypes in clonal Japanese knotweed. *BMC Plant Biology*, *24*(1), 769. https://doi.org/10.1186/s12870-024-05200-7

Hussain, H. A., Men, S., Hussain, S., Chen, Y., Ali, S., Zhang, S., Zhang, K., Li, Y., Xu, Q., Liao, C., & Wang, L. (2019). Interactive effects of drought and heat stresses on morpho-physiological attributes, yield, nutrient uptake and oxidative status in maize hybrids. *Scientific Reports*, *9*(1), 3890. https://doi.org/10.1038/s41598-019-40362-7

Idrovo Murillo, J. E. (2024). *La flora urbana de Cuenca* (Vol. 1–1). Universidad de Cuenca. https://editorial.ucuenca.edu.ec/omp/index.php/ucp/catalog/view/119/326/634

INEC. (2024). *Encuesta de superficie y producción afropecuaria continua* (p. 51). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. https://www.google.com/url?q=https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2023/Principales_resultados_ESPAC_2023.p

df&sa=D&source=docs&ust=1741554963860768&usg=AOvVaw29wyNjwblTNnXReXPN9Ebx

INEC. (2025). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/el-nuevo-rostro-de-azuay/

Kumar, K., G.L. Meena, Sharma, L., Singh, H., Burdhak, S. S., & S.S. Sharma. (2024). Constraints faced by the farmers in adoption of drip irrigation system in Bhilwara district of Rajasthan. *Ecology, Environment and Conservation*, *30*(Suppl.), S270–S274. https://doi.org/10.53550/EEC.2024.v30i07s.049

Kunapara, A., Subbaiah, R., & Patel, P. (2024). Assessing Design of Drip Emitters by Evaluating Hydraulic and Manufacturing Performance of Online Drip Emitters. *Archives of Current Research International*, *24*(6), 299–307. https://doi.org/10.9734/acri/2024/v24i6788

Kutsher, Y., Evenor, D., & Reuveni, M. (2022). Water stress enhances geranium (Pelargonium) cuttings rooting quality. *Ornamental Horticulture*, *28*(2), 212–219. https://doi.org/10.1590/2447-536x.v28i2.2462

Lamaoui, M., Jemo, M., Datla, R., & Bekkaoui, F. (2018). Heat and Drought Stresses in Crops and Approaches for Their Mitigation. *Frontiers in Chemistry*, *6*, 26. https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00026

Lamichhane, J. R., Dürr, C., Schwanck, A. A., Robin, M.-H., Sarthou, J.-P., Cellier, V., Messéan, A., & Aubertot, J.-N. (2017). Integrated management of damping-off diseases. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *37*(2), 10. https://doi.org/10.1007/s13593-017-0417-y

Lis-Balchin, M. T. (2004). Geranium. In *Handbook of Herbs and Spices* (pp. 162–178). Elsevier. https://doi.org/10.1533/9781855738355.2.162

Lorenzo, G., Dans, M. E., Lucero, M., & Mascarini, A. (2016). *Efecto del riego deficitario controlado en tres especies de plantas ornamentales cultivadas en maceta*. *IFRH 2016 3° ENCUENTRO DE INVESTIGADORES En Formación En Recursos Hídricos*.

Madani, N., Kimball, J. S., Ballantyne, A. P., Affleck, D. L. R., Van Bodegom, P. M., Reich, P. B., Kattge, J., Sala, A., Nazeri, M., Jones, M. O., Zhao, M., & Running, S. W. (2018). Future global productivity will be affected by plant trait response to climate. *Scientific Reports*, *8*(1), 2870. https://doi.org/10.1038/s41598-018-21172-9

Mircea, D.-M., Boscaiu, M., Sestras, R. E., Sestras, A. F., & Vicente, O. (2024). Abiotic Stress Tolerance and Invasive Potential of Ornamental Plants in the Mediterranean Area:

Implications for Sustainable Landscaping. *Agronomy*, *15*(1), 52. https://doi.org/10.3390/agronomy15010052

Morrison, K., Dunn, B., Goad, C., & Fontanier, C. (2024). Comparison of Automated Controller Settings for Irrigation and Fertilizer Needs of Potted Geranium. *HortTechnology*, *34*(6), 658–665. https://doi.org/10.21273/HORTTECH05487-24

Moscoso, M., Moreno, M. del C., Moscoso, N., & Armijos, R. (2022). *Metodología de la investigación científica y su aplicación en las ciencias agropecuarias*. Dirección de Publicaciones - Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. http://cimogsys.espoch.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2022-05-17-201333-Metodologi%CC%81a%20de%20la%20investigacio%CC%81n%20cienti%CC%81fica.pdf

Naganjali, K., Charitha, N., Aslam, Sk., Saikishore, A., Sravanthi, D., Siddappa, K., Murthy, K. G. K., Kumar, J. H., Neelima, P., & Pavani, T. (2024). Revamping Water Use in Agriculture: Techniques and Emerging Innovations. *Journal of Scientific Research and Reports*, *30*(7), 1055–1066. https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i72215

Narnoliya, L. K., Jadaun, J. S., & Singh, S. P. (2019). The Phytochemical Composition, Biological Effects and Biotechnological Approaches to the Production of High-Value Essential Oil from Geranium. In S. Malik (Ed.), *Essential Oil Research* (pp. 327–352). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16546-8_12

Parthasarathi, T., Vanitha, K., Mohandass, S., & Vered, E. (2018). Evaluation of Drip Irrigation System for Water Productivity and Yield of Rice. *Agronomy Journal*, *110*(6), 2378–2389. https://doi.org/10.2134/agronj2018.01.0002

Pineda Pineda, J., Moreno Roblero, M. D. J., Colinas León, Ma. T., & Sahagún Castellanos, J. (2020). El oxígeno en la zona radical y su efecto en las plantas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *11*(4), 931–943. https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.2128

Pino, Y., Mujica Cervantes, A., & González Díaz, M. E. (2020). *Hydraulic Design of Irrigation Systems for Gardens in Cuba*. http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v29n4/2071-0054-rcta-29-04-e05.pdf

Puértolas, J., Albacete, A., & Dodd, I. C. (2020). Irrigation frequency transiently alters whole plant gas exchange, water and hormone status, but irrigation volume determines cumulative growth in two herbaceous crops. *Environmental and Experimental Botany*, *176*, 104101. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104101

Quevedo Nolasco, A., Herrera Gomez, S. S., Zamora Morales, B. P., & Rodríguez Cruz, E. (2023). Water consumption of three ornamental species with the suction irrigation system. *Agro Productividad*. https://doi.org/10.32854/agrop.v16i5.2354

Rápalo-Cruz, A., Gómez-Serrano, C., González-López, C. V., Hassanpouraghdam, M. B., & Jiménez-Becker, S. (2024). Alterations in the Growth Responses of Pelargonium × hortorum Irrigated with Microalgae Production Wastewater. *Horticulturae*, *10*(9), 921. https://doi.org/10.3390/horticulturae10090921

Raviv, M., Lieth, J. H., & Bar-Tal, A. (Eds.). (2019). *Soilless culture: Theory and practice* (Second edition). Academic Press, an imprint of Elsevier.

Rendón-Macías, M. E., Zarco-Villavicencio, I. S., & Villasís-Keever, M. Á. (2021). Métodos estadísticos para el análisis del tamaño del efecto. *Revista Alergia México*, *68*(2), 128–136. https://doi.org/10.29262/ram.v658i2.949

Riga, P. (2012). Avoiding the use of plant growth regulator in geranium production by application of a cyclic deficit irrigation strategy. *Journal of Applied Horticulture*, *14*(01), 7–12. https://doi.org/10.37855/jah.2012.v14i01.01

Ristvey, A., Belayneh, B., & Lea-Cox, J. (2019). A Comparison of Irrigation-Water Containment Methods and Management Strategies Between Two Ornamental Production Systems to Minimize Water Security Threats. *Water*, *11*(12), 2558. https://doi.org/10.3390/w11122558

Rivero-Guerra, A. O. (2021). Caracterización de los viveros de Pelileo, Tungurahua, Ecuador. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, *8*(1), 62–82. https://doi.org/10.53287/tpjc7586ek97g

Rouillard, J., & Rinaudo, J.-D. (2020). From State to user-based water allocations: An empirical analysis of institutions developed by agricultural user associations in France. *Agricultural Water Management*, *239*, 106269. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106269

Rouphael, Y., Cardarelli, M., Rea, E., & Colla, G. (2008). The influence of irrigation system and nutrient solution concentration on potted geranium production under various conditions of radiation and temperature. *Scientia Horticulturae*, *118*(4), 328–337. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.06.022

Sánchez-Blanco, M. J., Álvarez, S., Navarro, A., & Bañón, S. (2009). Changes in leaf water relations, gas exchange, growth and flowering quality in potted geranium plants irrigated with different water regimes. *Journal of Plant Physiology*, *166*(5), 467–476. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2008.06.015

Sanfuentes, C., Sierra-Almeida, A., & Cavieres, L. A. (2012). Efecto del aumento de la temperatura en la fotosíntesis de una especie alto-andina en dos altitudes. *Gayana. Botánica*, *69*(1), 37–45. https://doi.org/10.4067/S0717-66432012000100005

Santos, M. D. S., Bomfim, G. V. D., Azevedo, B. M. D., Carvalho, A. C. P. P. D., & Fernandes, C. N. V. (2020). The production of ornamental pineapple in pots under different drip-irrigation depths. *Revista Ceres*, *67*(2), 111–118. https://doi.org/10.1590/0034-737x202067020003

Secretaría Nacional de Planificación. (2023). *Niveles administrativos de planificación*. Planificación, Cuenca. https://www.planificacion.gob.ec/3-niveles-administrativos-de-planificacion/

Shagufta, Noor-un-Nisa, Jamali, F. A., Ahmad, W., Ul-Allah, S., Wahocho, N. A., Jamali, M. F., & Shah, S. A. (2023). Comparative Effect of Varieties and Types of Containers on Seed Germination and Seedling Growth of Geranium (Palergonium graveolens). *Seeds*, *2*(1), 165–176. https://doi.org/10.3390/seeds2010013

Solange Aynara Sánchez Aroca, & Guangasig Toapanta, V. H. (2023). Calidad Microbiológica del Agua de Consumo Humano: La realidad en el Ecuador: Microbiological Quality of Water for Human Consumption: The reality in Ecuador. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, *4*(2). https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.690

Sukpitak, C., Seraypheap, K., Muñoz, P., & Munné-Bosch, S. (2024). Influence of water deficit on the longevity of ethylene-sensitive and ethylene-insensitive flowers. *Environmental and Experimental Botany*, *219*, 105647. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2024.105647

Sultan, M., & Ahmad, F. (Eds.). (2023). *Irrigation and Drainage—Recent Advances*. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.100884

Taiz, L., Møller, I. M., Murphy, A., & Zeiger, E. (Eds.). (2023). *Plant physiology and development* (Seventh edition). Sinauer Associates.

Tasker, P., Reid, C., Young, A. D., Threlfall, C. G., & Latty, T. (2020). If you plant it, they will come: Quantifying attractiveness of exotic plants for winter-active flower visitors in community gardens. *Urban Ecosystems*, *23*(2), 345–354. https://doi.org/10.1007/s11252-019-00914-1

Toriman, M., & Mokhtar, M. (2012). Irrigation: Types, Sources and Problems in Malaysia. In T. S. Lee (Ed.), *Irrigation Systems and Practices in Challenging Environments*. InTech. https://doi.org/10.5772/29710

Verma, R. S., Chandra Padalia, R., & Chauhan, A. (2016). Rose-Scented Geranium (Pelargonium sp.) Oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 697–704). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00079-1

Wang, D., Heckathorn, S. A., Wang, X., & Philpott, S. M. (2012). A meta-analysis of plant physiological and growth responses to temperature and elevated CO2. *Oecologia*, *169*(1), 1–13. https://doi.org/10.1007/s00442-011-2172-0

Wang, H., Liu, F., Andersen, M. N., & Jensen, C. R. (2009). Comparative effects of partial root-zone drying and deficit irrigation on nitrogen uptake in potatoes (Solanum tuberosum L.). *Irrigation Science*, *27*(6), 443–448. https://doi.org/10.1007/s00271-009-0159-y

Wani, M. A., Din, A., Nazki, I. T., Rehman, T. U., Al-Khayri, J. M., Jain, S. M., Lone, R. A., Bhat, Z. A., & Mushtaq, M. (2023). Navigating the future: Exploring technological advancements and emerging trends in the sustainable ornamental industry. *Frontiers in Environmental Science*, *11*, 1188643. https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1188643

Warsaw, A. L., Fernandez, R. T., Cregg, B. M., & Andresen, J. A. (2009). Container-grown Ornamental Plant Growth and Water Runoff Nutrient Content and Volume Under Four Irrigation Treatments. *HortScience*, *44*(6), 1573–1580. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.6.1573

Yari, A., Madramootoo, C. A., Woods, S. A., & Adamchuk, V. I. (2017). Performance Evaluation of Constant Versus Variable Rate Irrigation. *Irrigation and Drainage*, *66*(4), 501–509. https://doi.org/10.1002/ird.2131

Zea, P., Chilpe, J., Sánchez, D., & Chica, E. J. (2020). ENERGY EFFICIENCY OF SMALLHOLDER COMMERCIAL VEGETABLE FARMS IN CUENCA (ECUADOR). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *23*(2). https://doi.org/10.56369/tsaes.2995

Zhang, L., Tang, H., Xie, X., Sun, B., & Liu, C. (2024). A Quantitative Index for Evaluating Maize Leaf Wilting and Its Sustainable Application in Drought Resistance Screening. *Sustainability*, *16*(14), 6129. https://doi.org/10.3390/su16146129

ANEXOS

Anexo 1.

Ficha de registro

Frecuencia			**Condiciones de drenaje**			**Fechas**	
F1	Riego cada 2 días.		A	Ausente		Inicio	
F2	Riego cada 4 días.		P	Presente		Fin	
Código de planta							
Tiempo	**Altura (cm)**	**Cantidad de hojas (Unidades)**		**Cantidad de flores (Unidades)**		**Etapa de marchitamiento**	
T0							
T20							
T40							
T60							

Nota: Se debe señalar con una “X” la frecuencia de riego y las condiciones de drenaje, anotar el código de la planta y la información de las variables analizadas.

Anexo 2.

Estructura de matriz para la base de datos (estructura parcial)

ID	*Código*	*Frecuencia*	*Drenaje*	*Tratamiento*	*Altura_T0*	*Cantidad_ hojas_T0*	*Cantidad_ flores_T0*	*Etapa_ marchitamiento_T0*

Nota: Se registra en el mismo sentido la altura, cantidad de hojas, cantidad de flores y etapa de marchitamiento en los tiempos: T0, T20, T40 y T60.