



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del examen de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de Facultad, como requisito previo a la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**TÍTULO:**

“Estudio de la automatización del riego por goteo en el cultivo de rosas (*Rosa spp*), bajo invernadero en el Ecuador”

**AUTOR:**

Johan Jonathan Elizondo Mayorga

**TUTORA:**

Lcda. Martha Viviana Uvidia Vélez, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2022

## Resumen

El presente documento se enfoca en el estudio de la automatización del riego goteo en los cultivos de rosa (*Rosa spp*), bajo invernadero en el Ecuador. Además, el objetivo es de utilizar el agua de manera eficiente a través del balance de humedad del suelo, para poder implementar el sistema de riego por goteo automático, se necesita tener un sensor de humedad del suelo que tenga una función de monitoreo de humedad pudiendo enviar una señal analógica a la placa, que luego procesa la información generando una señal de salida, la electrobomba se activará o desactivará para controlar de esta forma la humedad del suelo y evitar el exceso o falta de humedad del suelo en el cultivo; también usando sensores de temperatura supervisando las condiciones ambientales del cultivo de rosa bajo invernadero. Es un conjunto de estructuras y componentes que se instalan en un área determinada, con la finalidad de aplicar el agua necesaria a las plantas mediante la programación de tiempos adecuados, que garanticen una frecuencia de riego acorde a las necesidades hídricas del cultivo de rosa. Los sistemas de riego automático combinan elevados estándares de calidad con un diseño atractivo, de fácil y cómodo manejo, empleando tecnología innovadora que respeta el medio ambiente y favorece el crecimiento y bienestar de grandes cultivos. El cultivo de rosas es un cultivo perenne, pudiendo llegar a ser productiva durante 12 años. Las rosas (*Rosa spp*) pertenece a la familia de las Rosaceae y su origen es Sudafricano, son plantas arbustivas o trepadoras, cuyas hojas compuestas pecioladas con folíolos aserrados llegan a tener hasta siete folíolos, sus tallos largos erectos que alcanzan alturas de 1 a 3 metros, considerándose el producto final de la exportación, razón por la cual es muy importante su calidad, dicha calidad va acompañado de las características del botón floral como: color, tamaño y consistencia, siendo factores que establecen el mercado del producto.

**Palabras claves:** Humedad, Invernadero, Tecnología, Innovación.

## SUMMARY

This document focuses on the study of the automation of drip irrigation in rose crops (*Rosa spp*), under greenhouse in Ecuador. In addition, the objective is to use water efficiently through the soil moisture balance, in order to implement the automatic drip irrigation system, it is necessary to have a soil moisture sensor that has a moisture monitoring function, being able to send an analog signal to the board, which then processes the information generating an output signal, the electropump will be activated or deactivated to control soil moisture and avoid excess or lack of soil moisture in the crop; also using temperature sensors monitoring the environmental conditions of rose cultivation under greenhouse. It is a set of structures and components that are installed in a certain area, in order to apply the necessary water to the plants by programming adequate times, which guarantee an irrigation frequency according to the water needs of the rose crop. Automatic irrigation systems combine high quality standards with an attractive design that is easy and convenient to use, using innovative technology that respects the environment and favors the growth and well-being of large crops. The cultivation of roses is a perennial crop, being able to become productive for 12 years. Roses (*Rosa spp*) belong to the Rosaceae family and their origin is South African, they are shrubby or climbing plants, whose petiolated compound leaves with serrated leaflets have up to seven leaflets, their long erect stems reach heights of 1 to 3 meters, considering the final export product, which is why its quality is very important, this quality is accompanied by the characteristics of the flower bud such as: color, size and consistency, being factors that establish the product market.

**Keywords:** Humidity, Greenhouse, Technology, Innovation.

## INDICE

<b>Resumen</b> .....	II
<b>SUMMARY</b> .....	III
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	2
<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	2
1.1 Definición del tema caso de estudio. ....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos.....	3
General.....	3
Específicos .....	3
1.5 Fundamentación teórica.....	3
1.5.1 Generalidades del cultivo de rosa ( <i>Rosa</i> spp).....	3
1.5.2 Características taxonómicas de la <i>Rosa</i> spp.....	4
1.5.3 Características botánicas .....	4
1.5.4 Importancia del cultivo de rosa ( <i>Rosa</i> spp), bajo invernadero. ....	5
1.5.5 Necesidades hídricas del cultivo de rosa ( <i>Rosa</i> spp).....	5
1.5.6 Ventajas y desventajas de un sistema de riego por goteo automatizado en cultivo de rosa ( <i>Rosa</i> spp), bajo en invernadero. ....	5
1.5.7 Requerimientos edafoclimáticos.....	6
1.5.8 Relación continua: sustrato - planta – atmósfera .....	7
1.5.9 Relación Suelo-Agua-Planta-Clima .....	8
1.5.10 Punto de marchitez permanente en cultivo de rosa ( <i>Rosa</i> spp). ....	9
1.5.11 Sistema de riego por goteo automatizado.....	9
1.5.12 Los emisores .....	9

1.5.13	Goteros .....	10
1.5.14	Tuberías .....	10
1.5.15	Riego por Goteo .....	10
1.5.16	Goteo en Superficie .....	11
1.5.17	Goteo Subterráneo .....	11
1.5.18	Que cinta utilizar .....	11
1.5.19	Características de la cinta de riego.....	11
1.5.20	Componentes de riego por goteo.....	12
1.5.21	Materiales de la red de distribución .....	12
1.5.22	Tecnología Arduino.....	13
1.5.23	Las funciones que realiza el HMI son: .....	14
1.5.24	Fertirriego .....	14
1.5.25	Establecimiento sistema de fertirriego.....	15
1.5.26	Elaboración del plan de nutrición .....	16
1.5.27	Invernadero .....	16
1.6	Hipótesis .....	17
1.7	Metodología de la investigación .....	17
<b>Capitulo II.....</b>		<b>18</b>
<b>Resultados de la investigación.....</b>		<b>18</b>
2.1	Desarrollo del caso .....	18
2.2	Situaciones destacadas (hallazgo).....	18
2.3	Soluciones Planteadas .....	18
2.4	Conclusiones.....	19
2.5	Recomendaciones .....	19
<b>Bibliografía .....</b>		<b>21</b>

# INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, el cultivo de rosa bajo invernadero constituye un papel importante dentro de la economía agrícola, ya que su producción se orienta fundamentalmente a la exportación, lo cual genera mas fuente de trabajo. Actualmente, las flores ecuatorianas son las más apreciadas a nivel mundial, por su increíble variedad, magnífica belleza e insuperable calidad, en el 2021 se exportaron 8 204 911 cajas de flores y follajes de ornamentales a nivel nacional (Muentes 2021).

Los sistemas de riego por goteo automatizado tienen como prioridad controlar el tiempo de riego constante, la cantidad de agua exacta para los cultivos de rosa (*Rosa spp*). La importancia de desarrollar un estudio para un sistema de sensores de humedad y actuadores como los motores de agua, en riego en los diferentes lotes de cultivo de rosa bajo invernadero, que nos permite interactuar y comunicar mediante las tecnologías disponibles, los estados de encendido y apagado de las bombas que permite el riego en los cultivos de rosa (Lugo 2007).

El presente documento describe todo el proceso realizado para la implementación de un sistema de control y automatización de riego por goteo en cultivo de rosa. Inicialmente se presenta una exploración detallada acerca de las implementaciones similares que son llevadas a cabo durante su proceso y funcionamiento del sistema de control de humedad y del riego por goteo, además de la influencia de los factores climáticos en la calidad de los cultivos rosa bajo invernadero. Finalmente se describe la implementación del sistema de riego por goteo de los resultados encontrados y aspectos por mejorar (Ruiz 2010).

# CAPÍTULO I

## MARCO METODOLÓGICO

### 1.1 Definición del tema caso de estudio.

El presente documento trata sobre el estudio de la automatización de riego por goteo en los cultivos rosas, bajo invernadero en el Ecuador.

Se enfoca en el análisis de la automatización del riego por goteo en el cultivo de rosas, que tiene como objetivo utilizar el agua de manera eficiente, considerando la importancia que tienen los factores edafoclimáticos para la instalación de este sistema de riego, en el cultivo de rosa bajo invernadero.

### 1.2 Planteamiento del problema.

En el Ecuador, un sistema de riego por goteo la problemática principal es la deficiencia para mantener hidratados los cultivos de rosa, es decir, evitar que sufran deterioro por la falta de hidratación.

Es claro, que se presentan inconvenientes, cuando los cultivos de rosa tienen deficiencia de hidratación por periodos prolongados de tiempo, por altas y bajas temperatura, también por falta de humedad en sus raíces, además el excesivo consumo de agua al momento del riego produce una incorrecta oxigenación de la planta.

### 1.3 Justificación.

En el presente documento se desea analizar información sobre los estudios de riego por goteo automatizado en los cultivos de rosas (*Rosa spp*), bajo invernadero en el Ecuador. Con el propósito de implementar un riego frecuente y eficiente a los cultivos de rosas. Al realizar esta investigación se obtendrá información certera sobre la importancia de los factores edafoclimáticos para la instalación y sistematización de riego por goteo automatizado en el cultivo de rosa. Deseamos identificar las ventajas y desventajas de un sistema de riego por goteo automatizado en cultivos de rosas bajo invernadero.

## 1.4 Objetivos

### General

- ✓ Analizar información sobre los estudios de la automatización de riego por goteo en los cultivos de rosas (*Rosas spp*), bajo invernadero en el Ecuador.

### Específicos

- ✓ Definir la importancia de los factores edafoclimáticos para la instalación y sistematización de riego por goteo en el cultivo de rosas bajo invernadero.
- ✓ Identificar las ventajas y desventajas de riego por goteo automatizado para el cultivo de rosas.

## 1.5 Fundamentación teórica

### 1.5.1 Generalidades del cultivo de rosa (*Rosa spp*)

El cultivo de rosas es un cultivo tipo perenne, pudiendo llegar a ser productiva durante 12 años. Las rosas (*Rosa spp*) son pertenecientes a la familia de las *Rosaceae* y cuyo origen es Sudafricano, son plantas arbustivas o trepadoras, sus hojas son compuestas pecioladas con folíolos aserrados que pueden llegar a tener hasta siete folíolos, sus tallos largos y erectos llegan alcanzar alturas de 1 a 3 metros, considerándose el producto final de la exportación, es una de las razones para destacar su calidad, dicha calidad está acompañada de las características del botón floral como: color, tamaño y consistencia, siendo factores que establecen el mercado del producto (Núñez 2015).

Quito, 10 de febrero 2022.- Durante el 2021, según el director ejecutivo de Agrocalidad Carlos Muentes (2021), argumenta que se exportaron 8 204 911 cajas de flores y follajes de ornamentales en 285 905 envíos certificados por la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (Agrocalidad), estas exportaciones tuvieron como destinos más de 100 países alrededor del mundo; siendo Países

Bajos, el mayor mercado de nuestras ornamentales, con algo más del 23%; seguido por Estados Unidos y Bielorrusia con el 17 y 15%, respectivamente.

Hasta el 31 de diciembre del 2021, según Mónica Gallo (2021), argumenta que se encontraron registrados 3 475 sitios de producción de ornamentales para exportación ante la Agencia, que están ubicados en 17 provincias de nuestro país. Pichincha cuenta con el 60% de los sitios de producción registrados a escala nacional, seguido de Cotopaxi con el 35% e Imbabura con el 1%. De esta forma, la Agencia cuenta con un total de 974 centros de acopio, distribuidos en 13 provincias de la siguiente manera: Pichincha 697, Cotopaxi 194, Carchi 38, Imbabura 18, Azuay 9, Guayas 5, Santo Domingo de los Tsáchilas 3, Tungurahua 3, Cañar 2, Los Ríos 2, Chimborazo 1, Esmeraldas 1 y Pastaza 1.

### **1.5.2 Características taxonómicas de la *Rosa* spp**

Según Yong (2004), la clasificación taxonómica de la rosa es la siguiente:

Reino:	Plantea
División:	Magnoliophyta
Clase:	Dicotiledóneas
Subclase:	Arquiclamídeas
Orden:	Rosales
Familia:	<i>Rosáceas</i>
Tribu:	Rosaideas
Género:	<i>Rosa</i>
Especie:	spp

### **1.5.3 Características botánicas**

El cultivo de rosas presenta las siguientes características botánicas:

La raíz es una de tipo pivotante, vigorosa y profunda, procedentes de estacas, este carácter se pierde, puesto que el sistema radical del rosal se vuelve proporcionalmente pequeño. El tallo es de tipo leñoso y siempre termina en flor, o sea, que el crecimiento del tallo finaliza en una flor. En la planta podemos encontrar tallos sin flor o tallos ciegos (Yong 2015).

Las hojas normalmente tienen una superficie lisa y está compuesta de cinco o siete folíolos. La flor es de tipo bisexual y se encuentra sostenida por un pedúnculo. Pueden ser de diversas tonalidades como: blanco, rojo, púrpura, rosa, amarillas y bicolors que es la combinación de dichos colores (Vasquez 2013).

#### **1.5.4 Importancia del cultivo de rosa (*Rosa spp*), bajo invernadero.**

En la producción de rosas, el agua mediante el riego es muy esencial para obtener altos rendimientos debido a que produce hidratación e hinchamiento en las células; ambos fenómenos causan crecimiento vegetal, por ello, es necesario aplicaciones más eficientes y frecuentes en el sistema de riego.

Según (Esmeral 2011), la producción de rosas se caracteriza por presentar un alto consumo de agua razón por la cual es de suma importancia implementar un sistema de riego automático por goteo en el cultivo de rosa, por ser más eficiente para no tener pérdidas de agua en el cultivo.

#### **1.5.5 Necesidades hídricas del cultivo de rosa (*Rosa spp*)**

Las necesidades hídricas de este cultivo se ven requeridas por la cantidad de agua y al momento de su aplicación con el objetivo de compensar el déficit de humedad del suelo y la demanda evaporativa durante el período vegetativo del cultivo. Estas necesidades son determinadas por la evapotranspiración del cultivo menos el agua que aporta las precipitaciones, las aguas subterráneas, la retención en el suelo debido a anteriores precipitaciones o aportaciones de aguas superficiales o subterráneas (Beltri 2008).

#### **1.5.6 Ventajas y desventajas de un sistema de riego por goteo automatizado en cultivo de rosa (*Rosa spp*), bajo en invernadero.**

**Las ventajas según Muños (2021) son las siguientes:**

- ✓ Es posible mantener el nivel de humedad en el suelo más o menos constante y elevado, sin que lleguen a producirse encharcamientos que provoquen la asfixia radicular o faciliten el desarrollo de enfermedades.

- ✓ Hace posible la fertiirrigación, lo que conlleva un ahorro de fertilizantes, mejor distribución en poco tiempo y mejora en la asimilación de fertilizantes y permite actuar rápidamente ante deficiencias.
- ✓ Facilita el control de malas hierbas, ya que éstas se localizan tan sólo en el área húmeda.

**Las desventajas según Muñoz (2021) son las siguientes:**

- ✓ Cuando el sistema de riego por goteo automático no se le da el adecuado mantenimiento ocasiona que tenga bajas eficiencias de aplicación y alto nivel de taponamiento en las mangueras.
- ✓ Requiere de alta inversión inicial.
- ✓ Inversión inicial elevada.

**1.5.7 Requerimientos edafoclimáticos**

La luz interviene en el proceso más importante para el cultivo de rosas (*Rosa* spp), la fotosíntesis, además bajo condiciones de alta irradiación se estimula la producción. En el cultivo de las rosas tienen como efecto una elevada intensidad lumínica sobre el rendimiento, indicando que, a mayor nivel de iluminación, tanto como de radiación natural, iluminación suplementaria, se incrementa en el rendimiento y la calidad de la flor. La temperatura es un factor ambiental que tiene un efecto considerable sobre la calidad y la producción de rosas. Las temperaturas recomendables para el crecimiento, que dependen de la iluminación existente se consideran entre 15°C y 24°C durante el día, y 15°C a 16°C durante la noche (Rodríguez y Flórez 2006).

Se ha realizado incrementos de producción, para mejorar la calidad aumentos de superficie foliar, etc., sin embargo, al mantener altas humedades relativas (70 a 80%), con el exceso de humedad se puede producir enfermedades del follaje, tales como mildiu veloso y la mancha negra, al descender la humedad relativa por debajo de 60% se pueden generar desordenes fisiológicos en el cultivo de rosa, como la deformación de los botones y hojas menos desarrolladas (Montalvo 2020).

Según (Martínez 1993), agrega que el sustrato como reemplazante del suelo, brinda el ambiente apropiado para el desarrollo del sistema radicular, ya que

sus características contribuyen a que estas ayudan para emplear toda su capacidad de desarrollo, expansión y multiplicación, antes que vencer la resistencia que ejercen medios más densos como el suelo.

El clima y el suelo son los elementos de suma importancia para un buen desarrollo del cultivo de rosa. Si bien los rosales pueden crecer en casi todos los suelos, el mejor para su desarrollo es el ligeramente calcáreo (pH ideal 6 - 6,5) bien equilibrado, aunque ligeramente arcilloso, pero fresco, profundo, bien labrado, rico en humus y bien drenado (Valencia 2016).

#### **1.5.8 Relación continua: sustrato - planta – atmósfera**

El agua es transportada a través del medio de cultivo a las raíces, y desde la xilema, donde se transpira gradualmente a la atmósfera. Lo ideal es tener una toma continua de agua tanto para el crecimiento como para la supervivencia, debido a las grandes pérdidas de agua que se producen durante el día, y especialmente en los periodos donde la tasa de evaporación es alta, cuando la pérdida de agua no es repuesta. Inmediatamente, el estrés asociado con la deshidratación puede afectar el rendimiento, por lo tanto, la disponibilidad de agua para las raíces de las plantas en medios de cultivo sin suelo requiere una atención especial, particularmente debido al volumen y la densidad de raíces limitados (Wallach 2008).

El mismo autor comentó que el balance momentáneo entre el caudal actual de agua alrededor del volumen medio radicular y la tasa potencial de extracción de agua, que depende principalmente de las condiciones atmosféricas, permite establecer si la humedad del medio está totalmente disponible para la planta, lo que significa que el agua extraída de la zona radicular es devuelta en su totalidad, a una velocidad que corresponde a la transpiración potencial.

El potencial hídrico se define como la diferencia de energía libre del agua en un sistema suelo-planta-atmósfera, en comparación con la energía libre del agua pura y libre en condiciones estándar de presión y temperatura. Los factores que determinan los gradientes de potencial hídrico en la planta son: temperatura, presión, solutos y matrices (Valencia 2016).

El agua fluye a través del gradiente de potencial en un medio de cultivo, donde los altos potenciales (negativos menos) están completos para agua se dan a través del sistema vascular de la planta a las hojas, y continúa hacia la atmósfera, en la cual el potencial es bajo (muy malo). La velocidad del flujo es proporcional al gradiente de potencial e inversamente proporcional a la oposición que es ejercida por la interfaz suelo - planta - atmosfera (Raviv y Blom 2001).

El agua en el medio de cultivo está sujeta a una serie de fuerzas, que son el resultado de la atracción entre la matriz sólida y el agua, la presencia de solutos en el medio y la acción de la presión externa y la gravedad. En consecuencia, el potencial hídrico total en el medio de cultivo es la suma de las contribuciones independientes de estos factores (Wallach 2008).

**Agua Difícilmente Disponible:** Se refiere al contenido de humedad en porcentaje volumétrico mantenido a una presión de más de 100 cm de aire, lo que demuestra que, al aumentar la fuerza del alimento en su conexión con este, la fuerza será mayor. **Agua de reserva:** Se define como el porcentaje que se libera cuando el espesor del sustrato está entre 50 y 100 cm (Quintero 2011).

**Agua fácilmente Disponible:** El porcentaje volumétrico de agua que libera el sustrato cuando drena de 10 a 50 cm de columna de agua, considerando que en estas condiciones hídricas la planta tiene un buen crecimiento, con un rango recomendado de agua fácilmente disponible entre 20 y 30% en volumen. **Agua Total Disponible:** Se define como la suma del agua fácilmente disponible y el agua almacenada. **Capacidad de Aire:** El porcentaje en volumen de agua desplazada a 10 cm de presión del sustrato, o el porcentaje de aire que permanece en el sustrato al mismo tiempo (Martinez 2011).

### 1.5.9 Relación Suelo-Agua-Planta-Clima

El proceso de evaporación es el resultado de la radiación solar, la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento; la energía que producen estos elementos es necesaria para que se produzca el cambio de estado líquido a gaseoso. La planta pierde vapor por las estomas, es por ello que aparece una gran cantidad de agua absorbida por la planta, solo una pequeña parte es

utilizada por la planta. El proceso de respiración y el proceso de evaporación requieren el suministro de energía (Briceño 2012).

#### **1.5.10 Punto de marchitez permanente en cultivo de rosa (*Rosa spp.*)**

Muñoz (2018) argumenta que la falta de agua en los rosales provoca el marchitamiento, los periodos repetidos y regulares de este estrés pueden provocar una ligera quemadura en las hojas o su muerte y caída prematura.

La sequía prolongada hace que la planta se vuelva leñosa, atrofiada, con hojas pequeñas y, a menudo, de color verde claro y sin brillo. Además, dado que las tasas de fertilización son altas, cuando el sustrato se seca, la concentración de sal puede aumentar a niveles altos y causar daño por sal. Por otro lado, el exceso de agua produce casi los mismos síntomas que la falta. Por lo tanto, si el marchitamiento no se corrige con el riego, esto puede indicar que las raíces de la planta han sido dañadas por demasiada agua (Díaz 2015).

#### **1.5.11 Sistema de riego por goteo automatizado.**

El sistema de riego por goteo automatizado es uno de los sistemas más eficientes en la actualidad, el suministro de agua es constante y uniforme, que permite mantener el agua de la zona radicular en condiciones de baja tensión. Es un conjunto de estructuras y componentes que se instalan en un área determinada, con la finalidad de aplicar el agua necesaria a las plantas mediante la programación de tiempos adecuados, que garanticen una frecuencia de riego acorde a las necesidades hídricas del cultivo de rosa (Muñoz 2021).

#### **1.5.12 Los emisores**

Estos elementos están ubicados a cierta distancia entre sí y controlan de manera inteligente el flujo de agua de la planta, creando un bulbo húmedo. Los emisores deben cumplir con los requisitos, aunque no se requieren todos al mismo tiempo, por ejemplo, deben tener una buena calidad directamente relacionada con el precio, deben proporcionar un caudal uniforme, deben ser menos sensibles a las obstrucciones, deben ser resistente. condiciones de operación, por lo que debe

existir uniformidad en su producción, y lo más importante, debe ser de fácil instalación (Mora 2010).

### 1.5.13 Goteros

En las tuberías laterales se instalan tuberías tipo gotero, los goteros dispersan la presión que hace que el agua salga sin velocidad, con una presión cercana a 1 "kilo", este efecto se presenta porque hay un canal en su interior. como un laberinto, haciendo que el agua gotee (Llanos 2020).

De acuerdo con la forma en que se colocan se clasifican en:

**Insertado o interlínea:** La tubería se corta y se separa en ambos lados.  
**Perforado:** Se perfora un agujero en la tubería y se instala. **Incluido:** Ubicado en la tubería del proceso de fabricación. **Cinta de riego:** Tubo de pared delgada con orificios en la misma cinta o goteros termo soldados en su interior (Gómez 2010).

### 1.5.14 Tuberías

Los transmisores utilizan agua bien a través de los agujeros practicados durante su fabricación o bien a través de la pared porosa que introducen. Este sistema se utiliza para cultivos pequeños o cultivos de sucesión que requieren un cinturón de humedad continuo (Sevilla 2010).

**Tubería perforada:** se hacen agujeros regularmente espaciados, trabajan bajo presiones de alrededor de 1 "kilo", y el agua puede salir en forma de gotas o chorros. **Tubería goteadora:** Consta de tres partes: el tubo por donde fluye el agua y el laberinto donde se libera la presión y hace que el agua salga en forma de gotas. **Tubería porosa o exudante:** presenta un material poroso por donde baja el agua, trabaja a baja presión entre 0,2-0,3 "kilos", pero el cinturón de humedad es completamente continuo (Inoñan 2019).

### 1.5.15 Riego por Goteo

El riego por goteo se define como la aplicación precisa, lenta y frecuente de agua en un área específica o mediante una línea de dispositivos de descarga sobre

o debajo del suelo, que trabaja con baja presión y bajo caudal, produciendo humectación parcial del suelo. . Es un sistema de riego local muy popular. El agua circula a presión hasta llegar a los goteros, donde pierde presión y velocidad, y sale en forma de gota. (Groppa 1983).

#### **1.5.16 Goteo en Superficie**

Se define como la aplicación de agua a la superficie del suelo en forma de gotitas o de chorro fino, mediante emisores situados a una distancia predeterminada del lado del goteo. Puede ser de dos tipos: tira o goteo de superficie integral. Para caña de azúcar se recomienda una línea de goteo crítica (Rosa 2022).

#### **1.5.17 Goteo Subterráneo**

Es compatible con el uso de agua subterránea con desagües moldeados en la pared lateral interior de goteo, y las tasas de flujo (1.0 - 3.0 LPH) generalmente están dentro del mismo rango que las tasas de flujo de riego por goteo. (Ascencios 2020).

#### **1.5.18 Que cinta utilizar**

La Cinta de Riego recibe su nombre por ser una tubería de pared muy delgada. Tiene la capacidad de enrollarse y aplanarse, lo que lleva al nombre de "cinta". Dispone de goteros a cierta distancia para distribuir agua y nutrientes a cada planta de producción (Briceño 2012).

#### **1.5.19 Características de la cinta de riego.**

El calibre de la cinta de riego afecta directamente el tipo de uso y el tiempo de vida, los calibres pequeños a menudo se usan en el suelo y se usan en un ciclo. Para calibres gruesos se suelen utilizar de 15 cm a 30 cm para ser utilizados en 7 ciclos (Briceño 2012).

**Espaciamiento:** El espacio entre los emisores (goteros) está definido específicamente por el tipo de planta y la distancia de siembra. Las distancias van

desde 10, 15, 20 y 30 cm. **Diámetro:** La presión aplicada al caudal de riego dependerá de su diámetro, ya sea  $\frac{5}{8}$  o  $\frac{7}{8}$ , esto representa el diámetro interior de la línea de riego,  $\frac{5}{8}$  equivale a 0.625" o 16 mm y  $\frac{7}{8}$  a 0.875" o 20 mm Recuerde que cuanto mayor sea el diámetro , la línea de riego te quedará alta (Matta 2019).

Así que recuerda, una vez que hayas determinado los parámetros que requiere tu planta, podrás identificar detalles como el calibre, la separación del emisor y el diámetro que necesitas en tu línea de riego para que funcione bien para tu planta.

### 1.5.20 Componentes de riego por goteo

**Tanque:** es un lugar donde se almacena el agua para utilizarla según las necesidades.

**Bomba de agua:** hay una bomba eléctrica que abastece de agua a todas las partes del invernadero.

**Cabezal de riego:** dispone de diferentes filtros para evitar bloqueos posteriores que dañen la bomba, bloqueen tuberías o goteros.

**Tuberías:** hay dos redes, la principal que transporta el agua desde el depósito a los diferentes bloques y la segunda línea es la que está dentro de cada bloque.

**Válvulas:** permiten abrir o cerrar el paso del agua a diferentes partes del invernadero.

**Goteros:** permiten que el agua llegue a la raíz de la planta en forma de gota. es el lugar donde se almacena el agua para usarla de acuerdo con las necesidades.

### 1.5.21 Materiales de la red de distribución

Electrobomba bivoltaje 110/220V

**Tubería principal:** La red principal es de 50 mm de diámetro, partiendo desde el tanque de almacenamiento hasta cada sección del invernadero.

**Tubería secundaria:** La tubería secundaria en los lechos de cada tramo es de 12 mm de diámetro.

**Número de válvulas en cada sección:** Cada sección tiene una válvula de 1 1/2 pulgadas, lo que permite que el agua pase a través de todos los lechos de la sección.

**Longitud de cada cama:** Cada cama tiene 30 metros de largo desde la carretera principal hasta el final.

**Cuentagotas:**

Tipo cuentagotas: perforado

Distancia entre goteros: 45 cm

### **1.5.22 Tecnología Arduino**

Es una plataforma electrónica de libre distribución, uso y de código abierto para la creación de prototipos, en constante cambio de acuerdo a las necesidades y desafíos de los usuarios. Arduino se ha utilizado para crear miles de proyectos cotidianos hasta la creación de los instrumentos más complejos; Esta comunidad está formada por una diversidad de creadores de todo el mundo (Arduino 2021).

La placa Arduino puede leer entradas como señales enviadas por un sensor, presionar un botón y realizar acciones de salida como encender un motor, imprimir mensajes; Estas tareas se pueden realizar utilizando el lenguaje de programación Arduino, basado en Wiring (basado en cables) y Arduino Software (IDE), basado en Processing, basado en procesamiento (Shelke 2016).

**Ventajas**

- ✓ Las placas Arduino son económicas en comparación con otros tipos de microcontroladores.

- ✓ Multiplataforma, Arduino Software (IDE) es gratuito para Windows, Macintosh OS X y Linux.
- ✓ Entorno de programación simple y claro para usuarios novatos y flexible para adaptarse a las necesidades de usuarios avanzados.
- ✓ Software de código abierto y extensible, puede agregar bibliotecas C ++, usar el lenguaje de programación AVR C en el que se basa Arduino.
- ✓ Hardware de código abierto y extensible, cualquier persona dedicada al diseño de circuitos puede crear sus propios módulos para ampliarlos y mejorarlos.

Según (Rodríguez de Ávila 2012) el Interfaz Hombre – Máquina, (HMI), Es una herramienta utilizada para facilitar la comunicación entre el usuario y los procesos o programas realizados por la máquina. Es un software que contiene elementos y objetos de manera animada, específica del proceso, visible a través de paneles de operador o computadoras nativas.

#### **1.5.23 Las funciones que realiza el HMI son:**

**Monitoreo:** muestra en tiempo real gráficos, textos o números que representan las variables de la planta y que el operador puede entender su estado. **Control:** puede ajustar o controlar las condiciones de la planta usando una computadora. **Alarmas:** detecta y reporta eventos inesperados que ocurren durante los procesos, estos parámetros son establecidos previamente por los encargados (Rosado 2021).

**Control:** el objetivo es reducir la acción humana en la toma de decisiones, para mejorar la capacidad de utilizar logaritmos que establezcan valores en los límites permitidos. **Histórico:** es posible almacenar datos de procesamiento, archivos informativos con cierta frecuencia. Este trabajo le permite analizar, ajustar y optimizar procesos (Pérez 2013).

#### **1.5.24 Fertirriego**

Se entiende como fertirriego a la aplicación de los nutrientes que necesita la planta junto con el agua de riego. El primer objetivo del fertirriego es poner a disposición de la planta el agua y los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo, por lo tanto, se debe ajustar en función del cultivo (Rodríguez 2022) .

Para el correcto manejo del fertirriego es fundamental conocer las características del agua y puede definirse en relación con el manejo del cultivo como dotar a la planta del agua necesaria para la absorción y transporte de nutrientes, disminuir la salinidad de la rizosfera y equilibrar el balance de nutrientes que permita manejar la floración y la maduración de los frutos. Además, permite bajar la temperatura del suelo y oxigenar las raíces, es decir, cumplir los denominados objetivos del riego o fertirriego (Padillacho 2005).

Estas condiciones clásicas de la nutrición mineral de las plantas en realidad son poco dependientes del suelo, es por ello que las recomendaciones en general se hacen para la disolución nutritiva óptima para cada planta, y en su caso el estado de desarrollo fenológico, y no específicamente para el suelo. Sin embargo, el suelo puede llegar a tener un papel importante y debemos considerar este hecho a la hora del manejo del fertirriego oportuno.

Conductividad eléctrica del agua y la disolución nutritiva Según Adams (2004), la conductividad eléctrica (CE) de la disolución nutritiva es una medida de la concentración total de las sales disueltas y es a menudo referida como la salinidad. Aunque es fácil de medir, la CE no entrega información acerca de las concentraciones de los nutrientes presentes en forma individual.

Al igual que en distintos cultivos, la rosa (*Rosa spp*) requiere de algunos elementos esenciales para el desarrollo y para la obtención de un máximo de productividad y calidad. Según Basantes Vizcaíno (2017), los elementos más importantes para el cultivo de rosa son: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Manganeso (Mn), Hierro (Fe), Boro (B), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Molibdeno (Mo).

#### **1.5.25 Establecimiento sistema de fertirriego**

El sistema de fertirriego que se analizó estaba compuesto de dos tanques de 1000 y 500 litros para la disolución de los nutrientes tanto mayores, como secundarios y menores. Un cabezal de riego donde estaban ubicadas las llaves de paso y la unidad de filtrado. Una línea de conducción principal en manguera de pulgada y media y tubería de PVC de pulgada y las líneas de riego manejadas con

cinta por goteo con emisores cada 10 cm. Se colocaron dos líneas de cinta por surco en el sistema de siembra en suelo y una línea de cinta en el sistema de siembra de tomate en bolsa (Kafkafi 2012).

#### **1.5.26 Elaboración del plan de nutrición**

Para la elaboración del plan de nutrición de las plantas se tuvo en cuenta la conductividad eléctrica y pH del agua. Igualmente se usaron fertilizantes de alta solubilidad garantizando el suministro de todos los nutrientes. Se usaron dos tanques uno de 1000 litros donde se hacían las disoluciones de Nitrato de potasio, nitrato de magnesio, nitrato de calcio y fosfato monoamónico. En el tanque de 500 litros se hacían las disoluciones de sulfato de amonio, sulfato de zinc, sulfato de cobre, sulfato de hierro y sulfato de manganeso. Estas disoluciones se hacían por separado para evitar generar incompatibilidades entre fertilizantes (Lamchinba 2013).

Diariamente se preparaban las disoluciones en ambos tanques. Esto implicaba que cada planta recibía 1.5 litros de fertirriego en el día en ciclos de 8 turnos, 4 en horas de la mañana y 4 en horas de la tarde. En el primer mes las plantas solo recibían 0.75 litros y a partir del segundo mes se le duplico la dosis de fertirriego a 1.5 litros hasta el 6 mes.

#### **1.5.27 Invernadero**

Es una estructura de cierta altura cubierta con materiales transparentes que filtran la radiación solar y permiten obtener un microclima en su interior con condiciones óptimas para el desarrollo de las plantas. En el caso de los invernaderos cerrados la radiación ingresa y satura el ambiente para posteriormente reflejarlo, por lo que en las horas de mayor radiación se tienen las mayores temperaturas dentro (Amaya y Ramírez 2016).

El desarrollo óptimo de las plantas está directamente relacionado a los factores climáticos: luminosidad, temperatura y humedad, donde se busca un equilibrio de estos para que la producción no se vea afectada. Cabe resaltar que en regiones tropicales como Costa Rica también son muy utilizados los invernaderos con techos plásticos y sin paredes, ya que, son utilizados

principalmente para proteger a los cultivos del golpeteo de las gotas de lluvia, debido a que las altas precipitaciones podrían dañar los cultivos, erosionar el suelo y provocar el lavado de sustratos (Garrido 2020).

En este caso, la temperatura y la humedad del aire dentro del invernadero son muy similares a las exteriores debido a la ventilación que posee la estructura, es por esto por lo que se recomienda que cuente con una malla anti-insectos en los laterales para proteger al cultivo de posibles ataques.

## 1.6 Hipótesis

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>).** La implementación de un sistema automático en el riego no reduce el trabajo para las personas y el uso de agua es poco eficiente.

**Hipótesis alterna (H<sub>a</sub>).** La implementación de un sistema automático en el riego reduce el trabajo para las personas y el uso de agua es más eficiente.

## 1.7 Metodología de la investigación

Los métodos de investigación que se utilizó en el presente trabajo: son los métodos Inductivo es aplicada para el estudio de la automatización del riego por goteo en el cultivo de rosa (*Rosa spp*), bajo invernadero en el Ecuador, se desarrollará como componente no experimental de carácter bibliográfico, mediante una técnica de análisis, síntesis y resumen de la información obtenida y método descriptiva porque describe y analiza ampliamente el tema de estudio tratado.

Para la redacción del presente documento se buscará información de textos actualizados, bibliotecas virtuales, revistas, páginas web y artículos científicos que ayudarán con el desarrollo de la investigación de gran importancia para conocer la situación actual en la que se encuentra este aspecto.

## **Capítulo II**

### **Resultados de la investigación**

#### **2.1 Desarrollo del caso**

El presente documento se enfocó en analizar información sobre los estudios de la automatización de riego por goteo en los cultivos de rosas (*Rosas spp*), bajo invernadero en el Ecuador, con el propósito de hidratar adecuadamente y eficientemente el cultivo.

Definir la importancia de los factores edafoclimáticos para la instalación sistematización de riego por goteo en el cultivo de rosas bajo invernadero, identificar las ventajas y desventajas de riego por goteo automatizado para el cultivo de rosas.

#### **2.2 Situaciones destacadas (hallazgo)**

Las situaciones detectadas son:

Cuando automatizamos un sistema de riego manual, la situación es que se requiero de altos ingresos o malta inversión.

Para los sistemas de riego actuales, pueden considerarse obsoletos debido que manejan altos costos laborales e ineficiencias percibidas consideradas como operación continua, la capacidad de mejorar ciertos componentes y convertir un sistema manual en un sistema automatizado puede ser una gran ventaja.

#### **2.3 Soluciones Planteadas**

En el Ecuador los sistemas de riego por goteo automático en cultivos de rosas, prioriza un tiempo de riego constante, la cantidad exacta de agua que necesita la planta, permitiendo que el cultivo tenga una buena hidratación; utilizando tecnologías como sensores que interactúan con microprocesadores y el

uso de aplicaciones que permita el control cuando requiera agua el cultivo, está claro que el riego automático facilitará mucho la tarea.

Una de las principales ventajas de este sistema es que se puede regar cuando sea necesario. Está diseñado para monitorear continuamente los parámetros del cultivo de rosa, como la temperatura y la humedad, para determinar cuándo es el mejor momento para regar.

Estas situaciones, exige la necesidad de automatizar el proceso de riego, para asegurar que las plantas reciban la hidratación adecuada, en función de la condición que forma su ecosistema, lo que justifica el uso de los sensores de humedad y sensores de temperatura.

## **2.4 Conclusiones**

Una buena información de los factores edafoclimáticos para la instalación y sistematización en el cultivo de rosa, nos ayudó a comprender su importancia en el estudio de la automatización de riego por goteo, mejorando el control del riego, reducir el consumo de agua y aumentar los rendimientos.

Las ventajas de la instalación de este sistema nos ayudan a optimizar el tiempo y patrón de riego. Donde se analizó adecuadamente la información de un sistema que realiza el monitoreo de humedad del suelo dentro de los rangos previstos para el cultivo de rosas, en función a los requerimientos hídrico de la planta.

## **2.5 Recomendaciones**

Por lo anteriormente detallado se recomienda:

Tener en cuenta que los factores edafoclimáticos son de suma importancia porque nos ayuda a comprender cuando es el momento adecuado para regar el cultivo de rosa.

Con el fin de tener un control exacto del riego por goteo en cultivos de rosas, se debe capacitar al personal que labora con los sistemas de riego automatizado, en el uso de herramientas tecnológicas adecuadas.

Cuando sistematizamos y controlamos adecuado los sistemas de riego por goteo, vamos a tener un mejor rendimiento hídrico en las plantas, que nos permite tener una hidratación eficiente en el cultivo de rosas.

La principal ventaja de la instalación y sistematización de riego por goteo en cultivos de rosas, es que nos ayuda tener un riego eficiente.

La desventaja de implementar un sistema de riego automatizado es que se requiere de altos ingresos.

## Bibliografía

- Amaya y Ramírez. 2016. Diseño de automatización de sistema de riego de invernadero para el desarrollo de la agricultura familiar en el marco de la seguridad alimentaria. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/47266035.pdf#:~:text=Con%20el%20prop%C3%B3sito%20de%20adaptar%20una%20soluci%C3%B3n%20de,celebrado%20entre%20ambas%20instituciones%20en%20el%20a%C3%B1o%202014.>
- Ascencios. 2020. Calibración, validación y automatización del sistema de riego por goteo subterráneo usando un microcontrolador Arduino. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v22n1/2313-2957-ria-22-01-95.pdf#:~:text=El%20objetivo%20principal%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20fue%20la,c%C3%A9sped%2C%20basado%20en%20la%20placa%20del%20microcontrolador%20Arduino.>
- Beltri. 2008. Medida del Balance hídrico y estimación del coeficiente Kc en fincas de lavega Baja del Segura para la mejora de la programación de riegos. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos-pdf/balance-hidrico-coeficiente-riego-deficitario/balance-hidrico-coeficiente-riego-deficitario2>
- Briceño. 2012. Manual de riego y drenaje. Obtenido de <https://universidadagricola.com/wp-content/uploads/2018/05/Manual-de-Riego-y-Drenaje.pdf>
- Cuervo. 2011. Generalidades de la automatización y control para el reciclaje de drenajes en cultivos bajo cubierta. Researchgate. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/264002275\\_Generalidades\\_de\\_la\\_automatizacion\\_y\\_control\\_para\\_el\\_reciclaje\\_de\\_drenajes\\_en\\_cultivos\\_bajo\\_cubierta](https://www.researchgate.net/publication/264002275_Generalidades_de_la_automatizacion_y_control_para_el_reciclaje_de_drenajes_en_cultivos_bajo_cubierta)
- Diaz. 2015. Punto de Marchitez Permanente, tolerancia y respuesta metabólica al déficit hídrico en cultivares del germoplasma peruano de “quinua” *Chenopodium quinoa* Willd. (*Amaranthaceae*). Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Herbert-Omar-Lazo/publication/287992667\\_Permanent\\_wilting\\_point\\_tolerance\\_and\\_metabolic\\_response\\_to\\_water\\_deficit\\_in\\_cultivars\\_of\\_peruvian\\_germplasm\\_of](https://www.researchgate.net/profile/Herbert-Omar-Lazo/publication/287992667_Permanent_wilting_point_tolerance_and_metabolic_response_to_water_deficit_in_cultivars_of_peruvian_germplasm_of)

\_quinoa\_Chenopodium\_quinoa\_Willd\_Amaranthaceae/links/567b4c9d08ae1e

Esmeral. 2011. Análisis de la evapotranspiración real en el cultivo de rosa. Obtenido de

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7475/820021.2010.pdf>

ESMERAL. 2011. Análisis de la evapotranspiración real en el cultivo de rosa. Bogotá. Obtenido de

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7475/820021.2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Garrido. 2020. Propuesta de un sistema de riego presurizado semi automatizado para mejorar las condiciones climaticas en producción de hortalizas en invernadero. Obtenido de

<https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/619/1/T.AGROP.B.UEA.1139.pdf>

Gómez. 2010. Manual de Riego para Agricultores Módulo 1. Obtenido de <https://1library.co/document/qor7j00q-manual-riego-para-agricultores-modulo-fundamentos-del-riego.html>

Groppa. 1983. Riego por goteo. Obtenido de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/37/37>

Gustavo. 2013. Diseño e Implementación de Software y Hardware de un Registrador de Variables Eléctricas con Comunicaciones Ethernet Basado en Tecnología Arduino y Sistema de Supervisión HMI. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7024/1/AC-ESPEL-ENI-0298.pdf>

Infoagro. 2019. Ventajas y desventajas del riego por goteo. Obtenido de <https://mexico.infoagro.com/ventajas-y-desventajas-del-riego-por-goteo/>

Inoñan. 2019. Evaluación de 7 módulos con sistema de riego . Obtenido de [https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9411/Ino%c3%b1an\\_Amaya\\_Angel\\_Roberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9411/Ino%c3%b1an_Amaya_Angel_Roberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Kafkafi. 2012. Los Sistemas de Riego Aptos para la Fertirrigación. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/los-sistemas-de-riego-aptos-para-la-fertirrigacion>
- Lamchinba. 2013. Respuesta de seis variedades de rosa (*Rosa* sp.) a tres relaciones nutricionales de ca, mg y k. Cayambe, pichincha. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2043/1/T-UCE-0004-32.pdf>
- Llanos. 2020. Determinación de la efectividad del sistema de ferti-riego implementado en la finca flores de tenjo para el manejo del cultivo de rosa var. Obtenido de <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/3339/Determinaci%C3%B3n%20De%20La%20Efectividad%20Del%20Sistema%20De%20Ferti-Riego%20Implementado%20En%20La%20Finca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez. 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. Actas de Horticultura. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57319306.pdf#:~:text=La%20evaluaci%C3%B3n%20de%20los%20sustratos%20resultantes%20y%20su,total%2C%20y%20P%2C%20K%20Ca%20y%20Mg%20solubles%29.>
- Martinez. 2011. Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/237100771\\_Sustratos\\_para\\_el\\_cultivo\\_sin\\_suelo\\_Materiales\\_propiedades\\_y\\_manejo](https://www.researchgate.net/publication/237100771_Sustratos_para_el_cultivo_sin_suelo_Materiales_propiedades_y_manejo)
- Matta. 2019. Manual Riego Y Drenaje. Obtenido de <https://idoc.pub/documents/manual-riego-y-drenaje-od4p6k0p76lp>
- Montalvo. 2020. Aplicación del biol como biofertilizante en la nutrición suplementaria del cultivo de rosas (*Rosa* sp.), var. Freedom cantón cotacachi. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10788/2/03%20AGP%20277%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

- Mora. 2010. Eficiencia en sistemas de riego. Obtenido de [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/06/EFICIENCIA\\_EN\\_SISTEMAS\\_DE\\_RIEGO.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/06/EFICIENCIA_EN_SISTEMAS_DE_RIEGO.pdf)
- Muñoz. 2021. Automatización del sistema de riego por goteo para control de humedad del suelo en un invernadero de rosas. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11621/2/04%20MEC%20396%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Núñez. 2015. Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego. Obtenido de [https://corporacionbiologica.info/wp-content/uploads/2021/03/man\\_det\\_efic\\_riego.pdf](https://corporacionbiologica.info/wp-content/uploads/2021/03/man_det_efic_riego.pdf)
- Padillacho. 2005. Evaluación de dos formulaciones de fertirriego a dos profundidades con fertilización foliar complementaria en la producción de tomate riñón (*Lycopersicon esculentum* Mill.), var. Micaela bajo invernadero. Tumbaco, pichincha. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7985/1/T-UCE-0004-17.pdf>
- Quintero. 2011. Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/235999721\\_Sustratos\\_para\\_cultivos\\_horticolos\\_y\\_flores\\_de\\_corte](https://www.researchgate.net/publication/235999721_Sustratos_para_cultivos_horticolos_y_flores_de_corte)
- Raviv y Blom. 2001. The effect of water availability and quality on photosynthesis and productivity of soilless-grown cut roses. Obtenido de [https://www.academia.edu/es/1509745/The\\_effect\\_of\\_water\\_availability\\_and\\_quality\\_on\\_photosynthesis\\_and\\_productivity\\_of\\_soilless\\_grown\\_cut\\_roses](https://www.academia.edu/es/1509745/The_effect_of_water_availability_and_quality_on_photosynthesis_and_productivity_of_soilless_grown_cut_roses)
- Rodriguez. 2012. Buenas prácticas para el diseño de HMI de alto rendimiento. Obtenido de <https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/536/0063148.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez Villegas. 2022. Sistema de riego por goteo y fertirriego automatizado con sensores de humedad y telemetría para maíz (*zea mays*) jicaral, puntarenas, 2020. Obtenido de <https://repositorio.utn.ac.cr/bitstream/handle/20.500.13077/745/SISTEMA%20DE%20RIEGO%20POR%20GOTEO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rodríguez y Flórez. 2006. Comportamiento fenológico de tres variedades de. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/20028/21160>
- Rosa. 2022. Abonos orgánicos y siembra del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Con labranza cero y riego por goteo en la molina. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5329/rosa-s-hernandez-jakes-smith.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rosado. 2021. Diseño de Interfaces Hombre-Máquina (HMI). Obtenido de [https://www.uv.es/rosado/courses/sid/Capitulo6\\_HMI.pdf](https://www.uv.es/rosado/courses/sid/Capitulo6_HMI.pdf)
- Sevilla. 2010. Manual de Riego para Agricultores Módulo 2. Obtenido de [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160940Riego\\_por\\_superficie\\_baja.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160940Riego_por_superficie_baja.pdf)
- Sevilla. 2011. Manual de Riego para Agricultores Módulo 4: Riego Localizado. Obtenido de [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941RIEGO\\_BAJA.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941RIEGO_BAJA.pdf)
- Shelke. 2016. Arduino book. Obtenido de [https://www.academia.edu/36930186/ARDUINO\\_BOOK\\_pdf](https://www.academia.edu/36930186/ARDUINO_BOOK_pdf)
- Valencia. 2016. Programación del riego en rosa (rosa sp) variedad vendela en sustrato, por evapotranspiración y porcentaje de drenaje, en la sabana de bogotá. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57816/jorgeandresvalenciamendez.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vasquez. 2013. Control de trips (Frankliniella occidentales) mediante la aplicación de tres extractos botánicos en el cultivo de rosas (Rosa sp.) Variedad mohana. Cayambe, pichincha. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1104/1/T-UCE-0004-24.pdf>
- Wallach. 2008. Physical Characteristics of Soilless Media. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/279429613\\_Physical\\_Characteristics\\_of\\_Soilless\\_Media](https://www.researchgate.net/publication/279429613_Physical_Characteristics_of_Soilless_Media)

Yanchapaxi. 2017. Cultivo de Rosas para Exportación. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/320387356\\_Cultivo\\_de\\_Rosas\\_para\\_Exportacion](https://www.researchgate.net/publication/320387356_Cultivo_de_Rosas_para_Exportacion)

Yong. 2004. El cultivo del rosal y su propagación. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217832008.pdf>