

**ANÁLISIS DE LA AUTOMATIZACIÓN EN SISTEMAS AGROINDUSTRIALES Y SU INFLUENCIA  
EN LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN CULTIVOS FLORALES.**

**CASTELLANOS LUQUE KAREN  
GALEANO CARO JUAN SEBASTIÁN**

**Proyecto de grado para optar al título de  
Ingeniero mecatrónico.**

**Dirigido por:  
John Henry Bautista Segura  
Ingeniero Mecatrónico**

**Fundación universitaria agraria de Colombia  
Facultad de Ingeniería  
Programa de Ingeniería Mecatrónica  
Bogotá D.C.  
2024**

**NOTA ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

Nombre del evaluador

---

Director

Firma

Nombre del evaluador

---

Jurado 1

Firma

Nombre del evaluador

---

Jurado 2

Firma

Nombre y  
Coordinador Académico

firma

Nombre y firma Decano de Ingeniería  
Mecatrónica

Bogotá D.C.

Julio, 2024.

## Tabla De Contenido

<b>Tabla De Contenido</b> .....	<b>3</b>
<b>Lista de Ilustraciones</b> .....	<b>4</b>
<b>Lista de Tablas</b> .....	<b>5</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>6</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>7</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>8</b>
<b>Planteamiento del problema</b> .....	<b>10</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>11</b>
1. General .....	11
2. Específicos .....	11
<b>Metodología</b> .....	<b>12</b>
3. Cuadro del proceso metodológico. ....	13
<b>Justificación</b> .....	<b>16</b>
<b>Marco Referencial</b> .....	<b>18</b>
1. Estado del arte.....	18
1.1 Floricultura En El País. ....	18
1.2 Proceso De Producción.....	18
1.3 Tendencias Actuales. ....	19
2. Marco legal .....	20
3. Marco Histórico. ....	23
3.1 Historia De La Producción De Flores. ....	23
3.2 Historia De La Floricultura En Colombia.....	24
3.3 Evolución Mundial. ....	25
4. Marco Teórico.....	27
4.1 Aplicación De Las Tecnologías Emergentes En Cultivos De Flores. ....	27
4.2 Impacto Ambiental. ....	34
4.3 Alternativas Que Ayudan A Mitigar El Impacto Ambiental. ....	34
<b>Resultados</b> .....	<b>37</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>46</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>49</b>

## Lista de Ilustraciones.

Ilustración 1. Recolección de flores.....	20
Ilustración 2. Utilización de flores ornamentales.....	24
Ilustración 3. Villa Sofia .....	25
Ilustración 4. Invernadero de flores. ....	26
Ilustración 5. Robots en agricultura. ....	27
Ilustración 6. Fotografía de hoja de crisantemo infectada. ....	29
Ilustración 7. Sensor de temperatura MAHER .....	30
Ilustración 8. Sensor de ph MAHER.....	30
Ilustración 9. Sensor NPK.....	30
Ilustración 10. Tabla donde se evidencian usos del machine learning. ....	33
Ilustración 11. Mapa bibliográfico ScienceDirect.....	37
Ilustración 12. Mapa bibliográfico Scopus. ....	37

## **Lista de Tablas.**

Tabla 1. Proceso metodológico. ....	13
Tabla 2. Principales sensores y variables para medir en un cultivo de flores. ....	30
Tabla 3. Ventajas y desventajas de las tecnologías aplicadas al sector floricultor. ....	40
Tabla 4. Algunas tecnologías que se pueden implementar en los cultivos florales. ....	44

## Resumen

La automatización industrial puede optimizar el proceso agroindustrial en términos de eficiencia en el uso de recursos naturales y humanos. Por ende, este documento se enfoca en analizar los sistemas aplicados a los cultivos de flores para determinar cómo la automatización puede mejorar la eficiencia y el cuidado del medio ambiente, identificando las principales tendencias agrícolas empleadas en estos cultivos y comparando el impacto ambiental de los sistemas de producción tradicionales y automatizados.

Para ello, se ha adoptado una metodología de investigación descriptiva con un enfoque cualitativo, analizando datos obtenidos de diversas fuentes, incluyendo trabajos de grado, revistas científicas y conferencias relacionadas con el tema en diferentes idiomas. Los resultados de estas investigaciones revelan las tendencias actuales en los procesos agroindustriales asociados a la producción de flores, destacando la persistencia de prácticas obsoletas derivadas del siglo XX, que se traducen en mayores costos y un mayor uso de mano de obra. En contraste, se ha evidenciado que la correcta implementación de la automatización en los procesos agrícolas requiere una comprensión clara de conceptos como la Industria 4.0 y el Internet de las Cosas, tecnologías que garantizan el buen funcionamiento del proceso industrial y la constancia en la calidad de los productos conforme a estándares de exportación.

Así mismo, se han evaluado las ventajas y desventajas de ciertas tecnologías específicas aplicadas exclusivamente en la industria florícola. Las conclusiones sugieren ciertos aspectos clave para la implementación de la automatización industrial en el proceso de producción de flores, especialmente en un mercado como el colombiano, donde esta industria representa un porcentaje significativo de las exportaciones. Estos sistemas no solo optimizan el proceso en términos de tiempo, sino también en el aprovechamiento de los recursos naturales y la mano de obra.

**Palabras clave:** Sistemas agroindustriales, cultivo de flores, automatización, sostenibilidad ambiental, producción optimizada, impacto ambiental, estrategias sostenibles.

## **Abstract**

Industrial automation can optimize the agro-industrial process in terms of efficiency in the use of natural and human resources. Therefore, this document focuses on analyzing the systems applied to flower cultivation to determine how automation can improve efficiency and environmental care. It identifies the main agricultural trends employed in these crops and compares the environmental impact of traditional and automated production systems.

For this purpose, a descriptive research methodology with a qualitative approach has been adopted, analyzing data obtained from various sources, including theses, scientific journals, and conferences related to the topic in different languages. The results of these investigations reveal current trends in agro-industrial processes associated with flower production, highlighting the persistence of outdated practices from the 20th century, which result in higher costs and greater use of labor. In contrast, it has been evidenced that the proper implementation of automation in agricultural processes requires a clear understanding of concepts such as Industry 4.0 and the Internet of Things, technologies that ensure the proper functioning of the industrial process and consistency in product quality according to export standards.

Likewise, the advantages and disadvantages of certain specific technologies applied exclusively in the floriculture industry have been evaluated. The conclusions suggest certain key aspects for the implementation of industrial automation in the flower production process, especially in a market like Colombia, where this industry represents a significant percentage of exports. These systems not only optimize the process in terms of time but also in the utilization of natural resources and labor.

**Keywords:** Agro-industrial systems, flower cultivation, automation, environmental sustainability, optimized production, environmental impact, sustainable strategies.

## Introducción

La floricultura comercial se practica ampliamente en Sudamérica, y la gran mayoría de los países tienen al menos una forma de desarrollo empresarial relacionado con las flores. Más allá de su belleza estética, la floricultura representa un motor económico fundamental para estos países. Los ejemplos más interesantes son Colombia y Ecuador que se destacan por sus altos niveles de exportación a diversos países del mundo, siendo así la floricultura una importante fuente de ingresos y empleos en sus respectivos países. (Pizanoa, 2023).

La industria florícola es un sector económico y ambientalmente significativo a nivel global, en Colombia no solo representa un motor para la economía, sino que se ha convertido en un pilar fundamental para el desarrollo del país, especialmente en zonas rurales. Según el Instituto Colombiano Agropecuario (2024), esta industria, es responsable de la creación de más de 200.000 empleos formales lo que significa una fuente de ingresos estable para miles de familias colombianas.

Es de destacar que las mujeres tienen una participación significativa en la industria florícola colombiana, representando alrededor del 70% de la fuerza laboral. Esto significa que la floricultura ha abierto un abanico de oportunidades para las mujeres en el país, especialmente para las madres cabeza de familia (ICA, 2024).

El sector floricultor colombiano se sustenta en una amplia red de 2.210 lugares de producción especializados en el cultivo de flores para exportación, según datos del Instituto Colombiano Agropecuario. Esta extensa infraestructura se distribuye estratégicamente en diferentes regiones del país, aprovechando las condiciones climáticas y agronómicas óptimas para el desarrollo de una gran variedad de flores.

Además, cuenta con un tejido empresarial sólido y experimentado, conformado por 825 empresas exportadoras dedicadas a llevar las flores colombianas a los mercados

internacionales. Estas empresas han desarrollado una amplia experiencia en logística, mercadeo y negociación internacional, lo que les permite posicionar las flores colombianas como productos de alta calidad y competitividad en el mercado global. En Colombia se encuentran 825 empresas exportadoras y 38 importadoras de flores y ramas de corte ornamentales (ICA, 2024).

Esta industria es de importancia para la economía del país, no solo busca la rentabilidad, sino que también se compromete con prácticas sostenibles y socialmente responsables. En la actualidad se promueve el bienestar laboral de los trabajadores, garantizando condiciones justas y seguras, y se fomenta el desarrollo social de las comunidades locales a través de programas educativos y de salud, además, se están implementando iniciativas para reducir el impacto ambiental de la producción. Sin embargo, según el ICA (2024) cerca de 10 mil hectáreas están destinadas a la producción de más de 520 especies y 1.600 variedades de flores, esto se traduce en distintas problemáticas como la probabilidad de generar estrés hídrico en las regiones donde se cultivan por el uso intensivo del agua, contaminación por agroquímicos, pérdida de biodiversidad debido a los monocultivos, entre otros factores como el impacto social (Montoya & Tobón, 2016).

## **Planteamiento del problema**

Debido a la carencia de información adecuada y la limitada capacidad de adaptación o resistencia al cambio que enfrenta el sector agroindustrial de la floricultura, así como la industrialización del campo colombiano, es imperativo diseñar estrategias que prioricen la formación integral del personal técnico. Este enfoque debe integrar el conocimiento empírico como un componente esencial, especialmente en el ámbito agrícola, para desarrollar nuevas tácticas que no solo reduzcan los costos operativos y de mantenimiento del proceso, sino que también mejoren la eficiencia en términos de productividad y sostenibilidad ambiental. En este contexto, la implementación de tecnologías avanzadas de automatización juega un papel crucial.

Aunque la tecnología ofrece soluciones prometedoras para un futuro más sostenible en la floricultura, su adopción en Colombia se encuentra restringida debido a la falta de conocimiento especializado y la resistencia a la incorporación de innovaciones. En base a esta problemática, se formula la siguiente interrogante de investigación:

¿Cómo la automatización industrial puede optimizar la producción de los cultivos florales analizando el sistema agroindustrial de su producción utilizando un enfoque sostenible?

## **Objetivos**

### **1. General**

Examinar cómo la transformación de los sistemas agroindustriales con la implementación de la automatización puede mejorar la eficiencia y el cuidado del medio ambiente en los cultivos de flores.

### **2. Específicos**

- Identificar las principales tendencias agrícolas empleadas en el cultivo de flores.
- Analizar las tecnologías de automatización emergentes y su potencial aplicación en el cultivo de flores.
- Relacionar el impacto ambiental de los sistemas agroindustriales tradicionales y automatizados para el cultivo de flores.
- Discriminar las tecnologías de automatización más adecuadas para optimizar la producción de flores minimizando el impacto ambiental.

## Metodología

Se empleará una metodología de investigación descriptiva, con enfoque cualitativo. La investigación cualitativa se puede definir como un abordaje del tema de manera sistemática y subjetiva que pretende describir o entender experiencias de la vida y darles sentido. Por la manera de abordar los temas de investigación, el enfoque cualitativo centra su interés en los escenarios naturales en los que los humanos interactúan y se comunican, y en la influencia del contexto de los efectos o acciones. (Delgado & Romero, 2021)

El enfoque cualitativo se adapta de mejor manera al proceso de investigación de la monografía debido a que es un trabajo en el que se realiza recopilación e interpretación de la información recolectada de diferentes fuentes bibliográficas, así como lo menciona Hernández, Fernández y Baptista (2010), “utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir preguntas de investigación en el proceso de interpretación”, también, se puede definir como un abordaje del tema de manera sistemática y subjetiva que pretende describir o entender experiencias de la vida y darles sentido.

Para ello se realizará una revisión de la literatura científica disponible en bases de datos académicas para identificar y analizar investigaciones y artículos relevantes sobre los sistemas agroindustriales en el cultivo de flores, la automatización agrícola y la sostenibilidad ambiental.

Adicional a esto, se realizará un análisis de los datos obtenidos sobre la automatización en la producción de flores, el uso de tecnologías innovadoras y los indicadores ambientales relevantes para evaluar la sostenibilidad de los sistemas agroindustriales, así como una comparación de diferentes métodos y sistemas.

Así mismo, bajo la necesidad de la descripción, análisis e interpretación de los datos que se pueden obtener de la revisión bibliográfica de los procesos de estudio, se selecciona una metodología de tipo descriptiva, así como lo menciona Tamayo (2014) “La investigación

descriptiva trabaja sobre realidades de hecho, y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta”, lo cual refiere a una realidad documentada y verificable ya que puede ser demostrada objetivamente.

Se elaboró una tabla que describe las etapas del proyecto de manera secuencial, detallando las actividades requeridas para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos establecidos.

### 3. Cuadro del proceso metodológico.

Tabla 1.  
Proceso metodológico.

<b>Objetivo</b>	Identificar las principales tendencias agrícolas empleadas en el cultivo de flores.	
<b>Pregunta relacionada</b>	<b>Diseño Metodológico</b>	<b>Fuentes de recolección de información</b>
¿Cuáles son las prácticas agrícolas predominantes en la floricultura?	Fase I: Tendencias y métodos usados. Basado en métodos empíricos.	Investigación documental en bases de datos académicas. Análisis de la información recopilada.
	Fase II: Tendencias y métodos usados. Basado en aplicación de las tecnologías.	Investigación documental en bases de datos académicas. Análisis de la información recopilada.
<b>Objetivo</b>	Analizar las tecnologías de automatización emergentes y su potencial aplicación en el cultivo de flores.	
<b>Pregunta relacionada</b>	<b>Diseño Metodológico</b>	<b>Fuentes de recolección de información</b>
¿Qué potencial aplicativo tienen las	Fase I:	Investigación documental en bases de datos y escritos académicos.

tecnologías de la automatización actuales en los cultivos florales?	Identificar tecnologías de la automatización en procesos agrícolas.	
	Fase II: Identificar punto de mejora en procesos de la cadena floral.	Investigación documental en libros y revistas sobre el tema.
	Fase III: Combinación de la automatización industrial y la floricultura.	Investigación en bases de datos y documentos relacionados a la industria floral.
<b>Objetivo</b>	Relacionar el impacto ambiental de los sistemas agroindustriales tradicionales y automatizados para el cultivo de flores.	
<b>Pregunta relacionada</b>	<b>Diseño Metodológico</b>	<b>Fuentes de recolección de información</b>
¿En qué medida difieren los impactos ambientales de los sistemas agroindustriales tradicionales y automatizados en la floricultura?	Fase I: Impacto ambiental. Basado en sistemas tradicionales.	Investigación documental en bases de datos académicas.
	Fase II: Impacto ambiental. Basado en sistemas automatizados.	Investigación documental en bases de datos académicas.
	Fase III: Planteamiento teórico e integración de ambos tipos de sistemas.	Análisis de la información recopilada y comparación de datos.
<b>Objetivo</b>	Determinar las tecnologías de automatización más adecuadas para optimizar la producción de flores minimizando el impacto ambiental.	
<b>Pregunta relacionada</b>	<b>Diseño Metodológico</b>	<b>Fuentes de recolección de información</b>

¿Cuáles son las tecnologías de automatización más sostenibles para optimizar la producción de flores?	Fase I: Análisis de las tecnologías.	Análisis de la información obtenida y comparación de datos.
	Fase II: Diagnostico e identificación de los sistemas óptimos.	Análisis de la información obtenida y comparación de datos.

Nota. Plan Estratégico del Proyecto: Fases definidas y acciones concretas para alcanzar los objetivos. Tabla de elaboración propia.

## Justificación

La industria de la floricultura es un sector económico bastante significativo a nivel global, el cual es responsable de la generación de ofertas laborales para las personas del entorno social. De hecho, en Colombia, la floricultura se posiciona como el segundo producto agrícola de exportación no tradicional, después del café, y representa una fuente de ingresos fundamental sobre todo para las comunidades rurales (FAO, 2021).

Sin embargo, el sector de la floricultura enfrenta diversos desafíos que exigen soluciones innovadoras. Entre ellos se encuentran la creciente competencia a nivel internacional, la presión por reducir los costos de la producción, la falta de optimización, eficiencia y ergonomía en los procesos, el cumplimiento de estrictos estándares de calidad y la necesidad de adoptar prácticas sostenibles (IICA, 2020).

Con el fin de abordar estos desafíos y mejorar la competitividad del sector floricultor surge una herramienta innovadora y valiosa la cual es la automatización industrial, esta es indispensable para aquellos productores y empresas que buscan avanzar en el cambiante panorama de la industria global de flores. Según la OECD (2016) "La automatización tiene el potencial de aumentar la productividad agrícola en un 26% para el año 2050, lo que podría ayudar a alimentar a una población mundial en crecimiento".

La automatización enfocada en procesos industriales ha adquirido una relevancia significativa debido a la aplicación de tecnologías específicas como el Internet de las Cosas (IOT) y la Inteligencia Artificial (IA). Estas tecnologías permiten que los procesos en diversas instalaciones manufactureras sean más ágiles, eficientes y por supuesto sostenibles.

Resulta crucial adoptar estas tecnologías desde ahora ya que según la FAO (2021) "La automatización en la agricultura tiene el potencial de transformar los sistemas agroalimentarios al aumentar la productividad, la eficiencia y la seguridad alimentaria, al tiempo que reduce los costos de producción y el impacto ambiental".

Sin embargo, según la cámara de comercio electrónico, la adopción de las tecnologías automatizadas en el país es inferior al promedio de América latina. Los retos que se enfrentan incluyen el desconocimiento de los beneficios de la automatización, la resistencia al cambio y la falta de capacitación y habilidades necesarias para aprovechar al máximo estas tecnologías (Carbonell, 2024).

Entre las desventajas más relevantes con respecto a la implementación de la automatización en procesos agrícolas se destacan los costos iniciales elevados, la dependencia tecnología, la pérdida de empleos y la pérdida de habilidades tradicionales (Montero, 2024a).

Es importante que los cultivos de flores en Colombia se desarrollen de manera sostenible y responsable. Para lograr la sostenibilidad en estos cultivos se deben aplicar prácticas de manejo de las plagas y enfermedades, uso eficiente del agua, control de emisiones de gases efecto invernadero y manejo responsable de los residuos sólidos y líquidos. La sostenibilidad incluye también la investigación y la implementación de nuevas tecnologías (Montero, 2024b).

En este trabajo se realizará una investigación específicamente del potencial de la aplicación de la automatización en la industria de la floricultura, centrándose en cómo podría emplearse con el fin de mejorar los procesos agroindustriales relacionados con la recolección y el alistamiento de flores.

Si bien existen investigaciones previas sobre la aplicación de la automatización en la floricultura, la mayoría se enfocan en aspectos específicos de la producción, como la cosecha o el empaquetado (Montagu & Popp, 2016). Esta investigación propone una visión integral, analizando el sistema agroindustrial de la producción de flores en su conjunto y considerando cómo la automatización puede optimizarse desde una perspectiva sostenible.

## Marco Referencial

### 1. Estado del arte.

#### 1.1 Floricultura En El País.

La floricultura es actualmente el cultivo de exportación agrícola no tradicional más importante del país, registrando en el 2021 un crecimiento del 22.4% frente al año anterior representando así US\$1.727 millones y 302 mil toneladas de tallos. Colombia es el principal exportador de claveles del mundo y envía el 85% de los arreglos florales con diseños que exporta a Estados Unidos.

Estos cultivos son tan importantes que generan más de 200 mil empleos formales, directos e indirectos, aportan el 25% del empleo formal rural femenino de país y producen el mayor número de empleos por hectárea en la actividad agrícola (Agricultura y ganadería, 2022).

#### 1.2 Proceso De Producción.

El proceso de producción comprende 4 etapas que permiten el desarrollo:

1. Propagación de plantas madre.
2. Propagación de bancos de enraizamiento.
3. Producción.
4. Post cosecha.

A continuación, se describen cada uno:

1. **Propagación de plantas madre:** Es el área del cultivo donde se siembran las plantas para producción de esquejes. (Los esquejes son las secciones de los brotes de una planta madre. Estos pueden diferir en su naturaleza, pueden ser de cabeza, tallo, de hoja o esquejes de raíz) (STHIL, 2024).
2. **Propagación de bancos de enraizamiento:** son los sitios destinados para colocar los esquejes sin raíz con el objetivo de lograr su enraizamiento en un sustrato que

generalmente es el residuo de carbón proveniente de hornos ya que es un medio estéril e inocuo.

3. **Producción:** En esta área se llevan a cabo varios subprocesos como lo son: preparación de suelos, desinfección del suelo, siembra, labores culturales, riego y fertilización, control de plagas y enfermedades, cosecha de flor y labores de renovación del cultivo, entre otros.

Cabe aclarar que no siempre se llevan cabo todos los subprocesos en la misma empresa.

4. **Postcosecha:** Comprende todas las actividades de selección de las flores, el empaque y la conservación de estas para su exportación.

En la postcosecha se llevan a cabo la clasificación del bonche (armado de los ramos los cuales se cubren con un capuchón plástico), tratamiento sanitario, empaque y traslado para su conservación (Asocolflores, 2002).

### **1.3 Tendencias Actuales.**

Las tendencias en los cultivos florales son por lo general en un país como Colombia un poco anticuadas y rudimentarias, por ejemplo, en el proceso de la realización de una plantación madre, se debe tener especial cuidado con la exposición solar a la que el cultivo está expuesto pues se recomienda agregar entre 1.5 y 2 horas adicionales de luz artificial en la noche para el correcto desarrollo del esqueje (Maya & Tamayo, 2006). Además de esto se suman procesos de poco empuje tecnológico como lo son las áreas del riego pues a pesar de la utilización de un 57% más de aguas lluvias para el riego de cultivos florales en el país aún no hay una implementación real de un sistema que contribuya a reducir el consumo de agua (Flores, 2023).

En la industria del cultivo de flores es bien sabido que existe un fuerte arraigo en seguir utilizando los métodos tradicionales, sin embargo, es necesario que empiece a generarse la implementación de tecnologías de automatización. Estas tecnologías tienen el potencial de

optimizar procesos, mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental de la producción de flores.

*Ilustración 1. Recolección de flores*



Nota. Recolección de flores en métodos tradicionales. Tomada de (Zona cerp, 2018).  
Fotografía por: Min comercio.

## **2. Marco legal**

El marco legal de la floricultura en Colombia está compuesto de normas y regulaciones que abarcan aspectos de la actividad, desde la producción hasta la comercialización. Con estas normas se pretende fomentar el desarrollo sostenible del sector, proteger el medio ambiente y garantizar el bienestar de los trabajadores.

Principales leyes y decretos:

- Ley 99 de 1993: Crea el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y define sus funciones. Esta ley establece las bases para la formulación e implementación de políticas públicas para el sector agropecuario, incluyendo la floricultura (Ministerio del Medio Ambiente, 1993).
- Decreto 1071 de 1999: Reglamenta el uso de plaguicidas y fertilizantes en la producción agrícola. Este decreto establece normas para el manejo seguro de estos productos, con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente (Función Pública, 1999).
- Decreto 1682 de 1999: Establece las condiciones sanitarias y fitosanitarias para la producción y exportación de flores. Este decreto es fundamental para garantizar la

calidad de las flores colombianas en el mercado internacional (Ministerio de Ambiente, 2017).

- Ley 789 de 2002: Crea el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) y establece los lineamientos para su funcionamiento. El SINIA es fundamental para la gestión ambiental del sector floricultor, ya que recopila y analiza información sobre el uso de recursos naturales, la generación de residuos y otros aspectos ambientales relevantes (Función Pública, 2002).
- Resolución 442 de 2010: Establece los requisitos mínimos de buenas prácticas agrícolas para la producción de flores. Esta resolución busca promover la producción sostenible de flores, mediante la adopción de prácticas que minimicen el impacto ambiental de la actividad (Ministerio de Ambiente, 2012).
- Resolución 1200 de 2013: Adopta el Manual de Buenas Prácticas para el Manejo de Plaguicidas en la Producción Agrícola. Este manual contiene recomendaciones para el uso seguro y responsable de plaguicidas, con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente (Ministerio de Ambiente, 2013).
- Decreto 2981 de 2013: Este decreto establece los requisitos para la elaboración e implementación de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS). (Función Pública, 2013)

Normas de carácter internacional:

- GLOBAL G.A.P. (Buenas Prácticas Agrícolas Globales) Es un conjunto de normas internacionales para la producción agrícola responsable, que incluye criterios para la gestión ambiental, la salud y seguridad laboral, y el bienestar animal. La floricultura colombiana tiene una alta participación en GLOBAL G.A.P., lo que demuestra su compromiso con la sostenibilidad (GLOBAL G.A.P., s.f.).
- Fairtrade International: Comercio Justo. Es una organización que promueve el comercio ético y sostenible, mediante la certificación de productos que cumplen con estándares sociales y ambientales estrictos. Algunas fincas florícolas colombianas están certificadas por Fairtrade, lo que les permite acceder a

mercados diferenciados y obtener mejores precios para sus productos (FairTrade International, s.f.).

- Rainforest Alliance: Es una certificación que reconoce las prácticas agrícolas y forestales sostenibles. Las fincas florícolas que cumplen con los criterios de Rainforest Alliance pueden usar su sello en sus productos, lo que les permite acceder a mercados con mayor conciencia ambiental (Rainforest Alliance, 2024).

Normas de carácter nacional:

- Programa Finca Florverde: Es un programa desarrollado por Asocolflores, que busca promover la producción sostenible de flores en Colombia. El programa establece una serie de requisitos en materia ambiental, social y económica que deben cumplir las fincas florícolas para obtener la certificación Florverde (Asocolflores, 2020).
- Certificación Colombiana de Producto: Es un programa del Instituto Colombiano de Normas y Certificación (ICONTEC) que certifica productos que cumplen con estándares de calidad, seguridad y sostenibilidad. Las flores colombianas pueden obtener la certificación Colombiana de Producto, lo que les permite demostrar su calidad y compromiso con la sostenibilidad a los consumidores nacionales e internacionales (ICONTEC, 2024).

Otras iniciativas importantes:

- Plan Nacional de Floricultura Sostenible: El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, junto con el sector floricultor y otras entidades, busca consolidar la floricultura colombiana como una actividad sostenible ambiental, social y económico (Ministerio de Ambiente, 2006).
- Mesa Nacional de Floricultura Sostenible: Es un espacio de diálogo y concertación entre el sector público, privado y la academia, que busca promover la sostenibilidad de la floricultura colombiana (SENA, 2019).

Entidades responsables:

- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural: Encargado de formular e implementar políticas públicas para el sector agropecuario, incluyendo la floricultura (Ministerio de Agricultura, 2024).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: Encargado de establecer normas y regulaciones para la protección del medio ambiente, incluyendo el manejo de residuos sólidos y el uso de plaguicidas. (Ministerio de Ambiente, s.f.)
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA): Encargado de velar por la sanidad y calidad de los productos agropecuarios, incluyendo las flores (ICA, s.f.).
- Asociación Colombiana de Flores (ASOFLOR): Gremio que representa los intereses del sector floricultor colombiano (Asocolflores, 2020).

### **3. Marco Histórico.**

#### **3.1 Historia De La Producción De Flores.**

La historia de la floricultura no tiene un inicio determinado, sin embargo, los primeros vestigios encontrados son de las culturas sumeria y egipcia, las cuales comenzaron a utilizar plantas silvestres como ornamentos, creando así los primeros jardines de los que se tiene registro, aunque se estima que el uso de plantas silvestres como decoración inició mucho antes. (Instituto Nacional de la Economía Social, 2018)

A partir de estos registros se han encontrado muchos más a lo largo de la historia en diversas civilizaciones alrededor del mundo. Asia tiene un registro importante de datos de las flores que utilizaban como ornamento en lugares como: Babilonia, Grecia y China.

Ilustración 2. Utilización de flores ornamentales



Nota. Uso de flores ornamentales para la decoración de espacios en el antiguo Egipto. Tomado de (Serrano, 2020).

### 3.2 Historia De La Floricultura En Colombia.

La floricultura en Colombia se remonta al año 1908 cuando un hombre llamado Antonio Izquierdo de la Torre viajó a Japón y tras el “tratado de amistades, comercio y navegación” firmado por el gobierno colombiano y japonés, trajo en su regreso a un experto jardinero a petición del presidente Reyes, de este jardinero se tiene registro de que trabajó no solo para la casa imperial sino para el ministro Shigenobu Okuma (1838-1922). Inés San Miguel cita a Toraji Irie y su libro de 1938: “Historia de los japoneses en ultramar” quien afirma que Izquierdo volvió a Colombia con dos jardineros y un carpintero, sin embargo, Antonio Izquierdo solamente menciona a Tomohiro Kawaguchi el jardinero del ministro Okuma.

Este jardinero se dedicó a mantener los jardines de casa Villa Sofía la cual propiedad del presidente Rafael Reyes Prieto (construcción que se levanta entre las calles 66 y 67 con carrera 7ma en Chapinero, hoy en día el espacio lo ocupan los edificios Plaza 67) entonces así se piensa que fue el inicio de la implementación de manera ornamental al uso de flores en Colombia (Nieto, 2024).

*Ilustración 3. Villa Sofia*



Nota. Entrada a villa Sofia, casa general Rafel Reyes. Tomado de (Nieto, 2024)

No fue sino hasta la década de los sesenta y comienzos de los setenta que la floricultura encontró un futuro y una buena oportunidad de inversión en el país, esto debido a las ventajas tanto internas como externas, para iniciar uno de los sectores, llamados agricultura comercial moderna, más importantes como generadores de empleo directo en el campo y que actualmente colocan al país en un puesto privilegiado en el ámbito internacional (Quiroz, 2001).

### 3.3 Evolución Mundial.

La floricultura se refiere al cultivo de plantas con flores y ornamentales para jardinería y floristería, incluido también el diseño floral. Los cultivos del área florícola incluyen plantas con flores, plantas de jardín, plantas de follaje o de interior, flores frescas y también verduras cultivadas. Estos cultivos por lo general se laboran en un ambiente controlado para ello se suelen hacer en invernaderos.

*Ilustración 4. Invernadero de flores.*



Nota. Invernadero de flores en Coruña España. Tomado de (Floristeria Alba, 2021).

A nivel mundial los cultivos de plantas ornamentales y flores supera los 64.500 millones de euros. Los productos derivados de estas prácticas se limitan a sociedades con ingresos discretos. Sin embargo, la producción de flores se da en países desarrollados. La producción de flores cortadas para la exportación es una fuente fiable de empleo, aumenta el comercio, y a través de asociaciones comerciales regionales, brinda servicios de educación, salud, cuidado infantil y desarrollo social.

La producción de cultivos de flores es una agricultura intensiva. La floricultura requiere muchos insumos, entre ellos mano de obra, energía eléctrica, agua, fertilizantes y pesticidas. El grado de tecnología y automatización empleada para cultivar cultivos de floricultura depende de la región del mundo y de la disponibilidad de recursos (Newman, 2019).

#### 4. Marco Teórico.

Entre las tecnologías más comunes para realizar labores repetitivas se puede encontrar la robótica. Si bien se sabe que esta tecnología utiliza robots capaces de realizar tareas similares a las de los humanos o que requieren del uso de inteligencia artificial (Quiroga, 2018), no se asocia comúnmente con la agricultura, sin embargo, esta tecnología tiene diversas aplicaciones en este sector.

*Ilustración 5. Robots en agricultura.*



Nota. Robot realizando trabajo de cosecha. Tomado de (Revista de robots, 2023).

##### 4.1 Aplicación De Las Tecnologías Emergentes En Cultivos De Flores.

**Robots de recolección.** Estos pueden identificar, seleccionar y recolectar flores de manera precisa y eficiente, reduciendo la necesidad de mano de obra manual y minimizando el daño a las plantas (Zhang, Sun, & Wang, 2021). También se encuentran los robots de clasificación, estos robots pueden categorizar las flores por tamaño, color, calidad y otros parámetros, automatizando una tarea que actualmente se realiza de forma manual y mejorando la consistencia y precisión de la clasificación (Luo, Guan, & Chen, 2020).

En el ámbito tecnológico existen muchas herramientas que ayudan a los procesos florícolas a mejorar su producción y reducir su impacto ambiental. La implementación de estos sistemas depende de la inversión en infraestructura y el interés del productor por expandir el mercado de sus productos internacionalmente. Entre los sistemas destacados

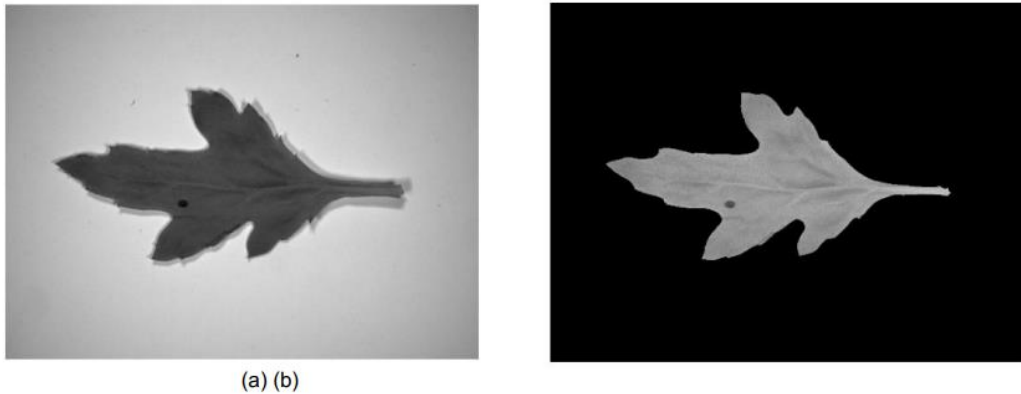
existen estimaciones de rasgos en floricultura mediante visión artificial (Alfonso, Joao Paulo, Hubert , van den Helder, & Zwinkels, 2024).

Se encontró que la visión artificial tiene como propósito principal, permitir que las computadoras "vean" como lo hace el ojo humano, dándoles la capacidad de comprender e interpretar imágenes del mundo real (Borrella, 2022).

Esta tecnología se puede implementar en los sistemas de inspección de calidad, que utilizan cámaras y algoritmos de aprendizaje automático para examinar las flores en busca de defectos, hongos o distintas enfermedades y otras imperfecciones, garantizando la calidad del producto final (Barbedo, Ficco, & Orlando, 2019). En el uso de la visión artificial también se encuentran los sistemas de monitoreo de cultivos, en donde se utilizan cámaras y sensores para supervisar el crecimiento de las plantas, detectando estrés hídrico, plagas y enfermedades, y proporcionando información valiosa para la toma de decisiones en el manejo del cultivo (Potti, Singh, & Pandey, 2020).

Adicionalmente se pueden utilizar estos sistemas para la detección de los efectos de diferentes plagas analizando los síntomas en las hojas mediante el uso de imágenes espectrales (Ríos, Cardona, Echevarría, & Herrera, 2020), este proceso es posible debido a la respuesta espectral a la luz de las hojas que absorben la mayor parte de la energía recibida y refleja los espectros verdes e infrarrojos.

*Ilustración 6. Fotografía de hoja de crisantemo infectada.*



Nota. Hoja de crisantemo: (a) imagen original con fondo y sombras, (b) imagen procesada sin fondo y sombras. Tomado de (Ríos, Cardona, Echevarría, & Herrera, 2020).

Incluyendo otra de las tecnologías de la automatización emergente se puede hablar también del internet de las Cosas (IOT), esta puede definirse como una red interconectada con sensores, software y otros dispositivos que les permiten comunicarse e intercambiar datos a través de Internet (Salazar & Silvestre, 2016). Un ejemplo tangible de esta aplicación se encuentra en la implementación de sensores de monitoreo ambiental, que pueden recopilar datos sobre temperatura, humedad, luminosidad y otros parámetros ambientales, permitiendo a los productores controlar y optimizar las condiciones del campo de cultivo (Li, Ding, & Liu, 2018). También en sistemas de control de riego y fertilización los cuales usan datos de sensores y algoritmos de control para optimizar el riego y la fertilización de las plantas, reduciendo el uso de agua y fertilizantes y minimizando el impacto ambiental (Nam, Kim, & Cheong, 2017). La implementación de IOT en la agricultura ofrece beneficios significativos, como el monitoreo en tiempo real de los cultivos y las condiciones ambientales, la optimización del uso de los recursos, la mejora de la calidad del producto, el aumento de la productividad, la deducción de costes, una mayor seguridad para los agricultores y la mejora de la sostenibilidad al reducir el desperdicio de recursos y el impacto ambiental. (Acelera Pyme, 2023)

A continuación, se presenta una tabla nombrando las variables principales para el cultivo de flores las cuales pueden ser monitorizadas mediante IOT (Chusan Beltran, Idrovo, Peralta Luna, & Lucero Tenorio, 2023):

*Tabla 2.*  
*Principales sensores y variables para medir en un cultivo de flores.*

Variable	Ilustración	Nombre	Descripción	Referencia
Humedad y temperatura	<p><i>Ilustración 7. Sensor de temperatura MAHER</i></p> 	Sensor de temperatura y humedad del suelo.	Sensor utilizado en la agricultura para la obtención y monitoreo de datos de temperatura y humedad del suelo	(maher Smart Agrocontollers, 2024)
PH	<p><i>Ilustración 8. Sensor de ph MAHER</i></p> 	Sensor y visualizador de PH en suelo y agua.	Medidor de PH con pantalla de visualización para medición del suelo y del agua con el que se riega el cultivo.	(Maher Smart Agrocontrollers, 2024)
Nitrógeno, Fosforo y potasio (NPK)	<p><i>Ilustración 9. Sensor NPK</i></p> 	Sensor NPK para uso agrícola	Este tipo de dispositivos tienen un principio de funcionamiento por capacitancia y ayudan a ver la tendencia que tienen los fertilizantes en los cultivos.	(Interreg, 2024)

Nota. Esta tabla muestra las 3 variables principales para tener en cuenta a la hora de realizar un cultivo de flores, así como una ilustración del sensor utilizado y breve descripción. Tabla de elaboración propia.

Por otro lado, se encuentra el aprendizaje automático, que puede implementarse en modelos de predicción de rendimiento. Estos usan datos históricos y variables ambientales para predecir el rendimiento de los cultivos, permitiendo a los productores planificar mejor sus operaciones y tomar decisiones estratégicas (Wu, Wang, & Luo, 2019). También en sistemas de detección de plagas y enfermedades que utilizan imágenes y algoritmos de esta tecnología para detectar plagas y enfermedades en las plantas en sus primeras etapas, permitiendo a los productores tomar medidas preventivas y controlar el daño a los cultivos (Mohanty, Hughes, & Salathé, 2020).

El Machine Learning (ML), siendo una rama de la inteligencia artificial, está revolucionando la industria de la floricultura, ofreciendo nuevas herramientas para optimizar la producción, mejorar la calidad y aumentar la rentabilidad.

Este último cuenta con distintas aplicaciones en el sector floricultor, por ejemplo, mediante el análisis de datos históricos de temperatura, humedad, punto de rocío y precipitación, los modelos de Machine Learning pueden predecir con alta precisión la ocurrencia de heladas, permitiendo a los floricultores tomar medidas preventivas para proteger sus cultivos. Esta implementación contribuye a mitigar el impacto de las heladas, un mejor despliegue de las estrategias y un ahorro en recursos como el agua, el transporte, el tiempo y toda la gestión que se requiere para atender una alerta de helada, sumado al ahorro de los costos de producción al evitar que se reduzca tanto la calidad como la cantidad de las flores. (Agencia Iberoamericana para la difusión de ciencia y tecnología, 2024).

Por otro lado, los modelos de ML pueden analizar datos históricos de consumo de agua, fertilizantes y rendimiento de los cultivos para optimizar la cantidad y el momento de riego y fertilización. Esto ayuda a ahorrar recursos hídricos y fertilizantes, reduce el impacto ambiental y aumenta la productividad. (Hispattec, s.f.)

En la siguiente tabla se puede observar más específicamente cuales son las tendencias de la agricultura en las que el Machine Learning está generando cambios radicales o los realizará en un futuro cercano.

El impacto en las prácticas previas se evalúa en una escala de 0 a 3, donde 0 representa un impacto nulo y 3 un impacto significativo. La riqueza de datos, por otro lado, mide la mejora en la gestión y obtención de información en comparación con los sistemas utilizados anteriormente. Este indicador considera tanto la cantidad como la variedad de datos recopilados.

Ilustración 10. Tabla donde se evidencian usos del machine learning.

## Machine Learning en Agricultura

Casos de uso donde se está aplicando	Area	Impacto	Riqueza de Datos
Personalización de técnicas de cultivo concretas basadas en obtención de datos en tiempo real.	Manejo de cultivos	1.1	1.3
Optimización de precios, en tiempo real, basada en proyecciones de mercado, clima y otras predicciones.	Optimización de precios y producción	1.0	0.7
Predicción de qué cultivar y mejoras productivas gracias a datos obtenidos con IoT y otros datos relevantes.	Predicción	0.8	0
Proyección de los resultados de técnicas en I+D para reducir los costes de aplicación de las mismas (e.j.: Test de nuevos cultivos).	Optimización de precios y producción	0.8	0.3
Mejora de el valor de la cosecha futura basada en los datos de desempeño de la actual, predicción meteorológica y otros datos.	Optimización de precios y producción	0.8	0.3
Predecir tendencias de consumo para modificar las necesidades de producción.	Predicción	0.7	0
Optimizar los procesos productivos en tiempo real, determinar donde dedicar mejor los recursos para evitar cuellos de botella.	Operaciones / Logística	0.5	0.7
Anticipar errores y ser proactivo en el mantenimiento de las prácticas agrarias y equipos de producción.	Mantenimiento predictivo	0.3	0.3
Mapeo detallado de fincas y cultivos basado en reconocimiento aéreo.	Procesamiento de datos	0.1	0.3
Optimización de compras y consumos	Gestión de recursos	0.1	0

Nota. Tabla de disciplinas en donde el Machine Learning está actuando. Tomado de (Hispacec, s.f.).

## **4.2 Impacto Ambiental.**

La floricultura a pesar de ser un sector muy importante en Colombia tiene un impacto ambiental significativo, principalmente por el consumo de agua, el uso de agroquímicos y la generación de residuos. Considerar la adopción de tecnologías y prácticas innovadoras debe ser una prioridad para la reducción efectiva de este impacto (Montoya & Tobón, 2016).

Su importante consumo de agua se puede mitigar adoptando prácticas de riego eficientes, como la implementación de sistemas de riego por goteo, aspersión o microaspersión en lugar del riego por inundación (FAO, 2018). Reutilización del agua de drenaje reduciendo así la extracción de agua dulce. La recolección para el riego, especialmente en zonas con precipitaciones abundantes. (CIAT, 2019).

Abordando el tema del uso intensivo del agua desde una perspectiva más amplia, se pueden explorar diferentes soluciones para lograr minimizarlo, por ejemplo, implementando la agricultura de precisión a través de sistemas de monitoreo. La utilización de sensores para monitorear parámetros como la humedad del suelo, la temperatura, la luz y la conductividad eléctrica del agua permitirá optimizar el uso de recursos como el agua y los fertilizantes, reduciendo así su impacto ambiental (Universidad Nacional de Colombia, 2020).

Otra opción son los sistemas de riego automatizados, controlados por sensores y software permiten optimizar la cantidad de agua utilizada en el riego, reduciendo el consumo y el desperdicio (Asocolflores, 2023).

## **4.3 Alternativas Que Ayudan A Mitigar El Impacto Ambiental.**

La reducción del uso de agroquímicos se puede conseguir implementando prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades (MIP) el cual combina métodos biológicos, químicos y culturales para controlar plagas y enfermedades, reduciendo así la necesidad de

usar agroquímicos (ICA, 2018). Adicional a esto, la utilización de abonos orgánicos y el uso del control biológico de plagas y enfermedades (Asocolflores, 2019).

La floricultura produce grandes cantidades de residuos, principalmente vegetales (90%), seguido de plástico de invernadero (6%), papel y cartón (2%), y otros materiales (2%), estos se originan en las etapas de corte, postcosecha y arranque de plantas. De igual manera, el manejo de residuos es de suma importancia, esto se puede lograr por medio del compostaje de residuos orgánicos, reciclaje de residuos inorgánicos, utilizando materiales biodegradables, u otras alternativas menos usadas como la producción de bioetanol (Ríos E. , 2021).

Centrándose en el manejo de residuos, se pueden identificar diversas oportunidades para mitigar su impacto, por ejemplo, los sistemas de compostaje automatizados que pueden acelerar el proceso de compostaje de residuos orgánicos, convirtiéndolos en un abono alto en nutrientes que puede ser utilizado en los cultivos, reduciendo así la necesidad de fertilizantes químicos y la generación de residuos (BioCycle, 2021).

Los sistemas automatizados de clasificación y reciclaje de residuos pueden separar los residuos inorgánicos en diferentes categorías, facilitando su reciclaje y reduciendo la cantidad de residuos (Waste Management Review, 2020). Igualmente, se encuentran plataformas digitales para la gestión de residuos, estas pueden conectar a los productores de residuos con empresas de reciclaje y tratamiento, optimizando la gestión de residuos y reduciendo su impacto ambiental (Circularity, 2019).

Existe también una alternativa poco escuchada, y es el manejo integrado de plagas y enfermedades (MIP), en este podemos encontrar software de diagnóstico de plagas y enfermedades que permite identificarlas a partir de imágenes de los cultivos lo que puede ayudar a los productores a tomar decisiones más precisas y oportunas para su control, reduciendo el uso de agroquímicos (ICA, 2020). Y por supuesto, aplicaciones móviles para

MIP que logran proporcionar a los productores información y herramientas para la implementación de MIP, incluyendo guías de identificación de plagas y enfermedades, recomendaciones de control y acceso a servicios de asistencia técnica (CIPF, 2018).

Como ya se ha visto, estas tecnologías pueden ser una herramienta poderosa para reducir el impacto ambiental de la floricultura. Sin embargo, se identificaron dos tecnologías adicionales que son relevantes para la reducción de la huella ambiental en la floricultura y son, el Internet de las cosas (IOT) para la monitorización ambiental como la calidad del aire, la temperatura y la humedad, permitiendo a los productores tomar medidas para reducir su impacto ambiental (Cisco, 2019). Y la inteligencia artificial para la optimización de procesos ya que puede ser utilizada para analizar datos de producción y consumo, identificar oportunidades de mejora y optimizar procesos, reduciendo así el uso de recursos y el impacto ambiental (Microsoft, 2021).



Como se observa en los anteriores diagramas, los temas de investigación abordados en el documento se plasman y se interconectan entre si teniendo como eje central la Floricultura y los procesos automatizados, entre ellos se destacan términos como el internet de las cosas (IOT), inteligencia artificial, robótica y visión artificial.

- La tendencia actual en cuanto a los procesos relacionados al cultivo floral se remonta a prácticas usadas desde las décadas de los sesenta y setenta habiendo así un avance casi nulo en cuanto a la implementación de tecnologías para su uso en dichos cultivos siendo así el trabajo manual y tecnologías rudimentarias (como focos de luz alógena, el arado y recolección manuales entre otros) aún utilizados en una amplia cantidad de situaciones. Esto se traduce en mayores costos de operación y mayor uso de mano de obra la cual puede ser aprovechada en otro tipo de actividades como la recolección o distribución.
  
- La optimización de los procesos en los cultivos florícolas se basa en el uso de tecnologías derivadas de la instrúa 4.0 teniendo como principal eslabón la implementación del internet de las cosas. Debido a que la industrialización de los procesos de basa en mejorar tiempos de respuesta, eficiencia la utilización de los recursos, mayor producción y así mismo el aumento exponencial de la ganancia, la implementación del IOT debe volverse pilar fundamental en el penar del cambio a la automatización del proceso floricultor, para ello es evidente la importancia de la inversión en infraestructura y equipos, así como la capacitación y orientación del personal del cultivo.
  
- A continuación, se presenta una lista de las prácticas agrícolas más recientes en el cultivo de flores:
  - Automatización de procesos:  
Uso de sistemas automatizados para riego y fertilización. Implementación de robots para la siembra, cuidado y cosecha de flores.
  
  - Iluminación LED:

Utilización de luces LED para proporcionar la cantidad adecuada de luz en diferentes etapas del crecimiento.

- Control climático:

Invernaderos inteligentes con sistemas de control de temperatura, humedad y ventilación automatizados.

- Riego por goteo y microaspersión:

Sistemas de riego más eficientes que reducen el consumo de agua y aseguran una distribución uniforme.

- Uso de sensores y tecnología IOT (Internet de las Cosas):

Sensores para monitorear condiciones del suelo, niveles de humedad, temperatura y otros parámetros ambientales.

- Cultivo hidropónico y aeropónico:

Métodos de cultivo sin suelo que optimizan el uso de agua y nutrientes.

- Biotecnología y mejora genética:

Desarrollo de variedades de flores más resistentes a plagas y enfermedades.

Uso de técnicas de edición genética como CRISPR.

- Manejo integrado de plagas (MIP):

Uso combinado de métodos biológicos, culturales y químicos para el control de plagas de manera sostenible.

- Fertiirrigación:

Técnica que combina la fertilización y el riego, proporcionando nutrientes directamente a las raíces.

- Agricultura de precisión:

Utilización de drones y tecnologías GPS para monitorear y gestionar los cultivos con mayor precisión.

- Sostenibilidad y prácticas ecológicas:

Implementación de técnicas para reducir el impacto ambiental, como el uso de fertilizantes orgánicos y la reducción de plaguicidas químicos.

- Uso de Big Data y análisis predictivo:

Análisis de grandes volúmenes de datos para predecir tendencias y optimizar la producción.

Estas prácticas modernas buscan mejorar la eficiencia, reducir costos, minimizar el impacto ambiental y aumentar la calidad y productividad de los cultivos florales.

- A continuación, se muestra una tabla que relaciona las ventajas y desventajas de cada una de las tecnologías mencionadas anteriormente.

*Tabla 3.*

*Ventajas y desventajas de las tecnologías aplicadas al sector floricultor.*

<b>Tecnología</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Automatización de procesos para riego y fertilización</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor precisión y eficiencia en el uso del agua y fertilizantes.</li> <li>- Reducción de costos de mano de obra.</li> <li>- Menor impacto ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversión inicial en equipos y tecnología.</li> <li>- Requerimiento de conocimientos técnicos para la operación y mantenimiento.</li> <li>- Posible dependencia de proveedores externos para el servicio técnico.</li> </ul>
<b>Robots de siembra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor precisión y uniformidad en la siembra.</li> <li>- Reducción de costos de mano de obra.</li> <li>- Disminución del riesgo de lesiones en los trabajadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversión inicial en robots y tecnología.</li> <li>- Requerimiento de conocimientos técnicos para la operación y mantenimiento.</li> <li>- Posible dependencia de proveedores externos para el servicio técnico.</li> </ul>
<b>Iluminación LED</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor eficiencia energética en comparación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversión inicial en equipos de iluminación LED.</li> </ul>

	<p>con la iluminación tradicional.</p> <p>- Mayor control sobre el fotoperiodo y la calidad de la luz.</p> <p>- Posibilidad de estimular el crecimiento y la floración de las plantas.</p>	<p>- Requerimiento de conocimientos técnicos para la instalación y configuración.</p> <p>- Posible impacto en el precio final del producto.</p>
<b>Control climático</b>	<p>- Optimización de las condiciones ambientales para el crecimiento de las plantas.</p> <p>- Mayor control de la temperatura, humedad y CO2.</p> <p>- Reducción del riesgo de enfermedades y plagas.</p>	<p>- Inversión inicial en equipos de control climático.</p> <p>- Requerimiento de conocimientos técnicos para la operación y mantenimiento.</p> <p>- Posible aumento del consumo de energía.</p>
<b>Sistemas de riego</b>	<p>- Mayor eficiencia en el uso del agua.</p> <p>- Reducción de costos de mano de obra.</p> <p>- Menor impacto ambiental.</p>	<p>- Inversión inicial en equipos de riego.</p> <p>- Requerimiento de conocimientos técnicos para la instalación y operación.</p> <p>- Posible dependencia de proveedores externos para el servicio técnico.</p>
<b>Uso de sensores y tecnología IOT</b>	<p>- Monitoreo en tiempo real de las condiciones ambientales y del estado de las plantas.</p>	<p>- Inversión inicial en sensores y tecnología IOT.</p> <p>- Requerimiento de conocimientos técnicos para la instalación y</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recolección de datos para análisis y toma de decisiones.</li> <li>- Posibilidad de automatizar tareas y optimizar procesos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- configuración.</li> <li>- Posible dependencia de proveedores externos para el servicio técnico.</li> </ul>
<b>Cultivo hidropónico y aeropónico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor eficiencia en el uso del agua y nutrientes.</li> <li>- Mayor control sobre el crecimiento de las plantas.</li> <li>- Posibilidad de cultivar en espacios reducidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversión inicial en sistemas de cultivo hidropónico o aeropónico.</li> <li>- Requerimiento de conocimientos técnicos para la operación y mantenimiento.</li> <li>- Mayor riesgo de problemas fitosanitarios.</li> </ul>
<b>Biología y mejora genética</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de plantas con características deseables, como resistencia a plagas y enfermedades, mayor rendimiento o mejor calidad.</li> <li>- Reducción del uso de agroquímicos.</li> <li>- Aumento de la productividad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preocupaciones éticas y sociales relacionadas con la modificación genética.</li> <li>- Posible impacto en la biodiversidad.</li> <li>- Regulación y legislación en torno a los organismos genéticamente modificados (OGM).</li> </ul>
<b>Manejo integrado de plagas (MIP)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de plagas y enfermedades de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente.</li> <li>- Reducción del uso de pesticidas químicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requerimiento de conocimientos técnicos para la implementación y manejo del MIP.</li> <li>- Posible necesidad de inversión en infraestructura y equipos.</li> <li>- Mayor tiempo de aprendizaje y adaptación a las prácticas del MIP.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protección de la salud humana y del ecosistema.</li> </ul>
<b>Fertiirrigación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicación simultánea de agua y fertilizantes a través del sistema de riego.</li> <li>- Mayor eficiencia en el uso del agua y nutrientes.</li> <li>- Reducción de costos de mano de obra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversión inicial en equipos de fertiirrigación.</li> <li>- Requerimiento de conocimientos técnicos para la instalación, operación y mantenimiento.</li> <li>- Posible riesgo de salinización del suelo si no se maneja adecuadamente.</li> </ul>
<b>Agricultura de precisión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de tecnologías para recopilar y analizar datos sobre el cultivo.</li> <li>- Toma de decisiones informadas para optimizar la producción y reducir el impacto ambiental.</li> <li>- Aumento de la rentabilidad y la sostenibilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversión inicial en tecnologías de agricultura de precisión.</li> <li>- Requerimiento de conocimientos técnicos para la recolección, análisis e interpretación de datos.</li> <li>- Posible dependencia de proveedores externos para el servicio técnico.</li> </ul>
<b>Sostenibilidad y prácticas ecológicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementación de prácticas agrícolas que protegen el medio ambiente y promueven la biodiversidad.</li> <li>- Reducción del uso de recursos naturales y la generación de residuos.</li> <li>- Producción de alimentos más saludables y seguros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posible reducción de la productividad a corto plazo.</li> <li>- Requerimiento de conocimientos</li> </ul>

Nota. Tabla comparativa de ventajas y desventajas de las tecnologías utilizadas en procesos florícolas. De elaboración propia.

- La tecnología puede reducir el impacto ambiental en la floricultura, específicamente en la reducción de agroquímicos, a través de la agricultura de precisión con la cual se logra la aplicación exacta de agroquímicos según necesidades específicas, minimizando su uso e impacto ambiental. En la optimización de recursos, a través del riego inteligente y manejo eficiente del agua, así como en la implementación de fuentes de energía renovables para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y emisión de gases.
- Esta tabla presenta un resumen de las tecnologías que poseen el potencial de optimizar la eficiencia y disminuir el impacto ambiental en el cultivo de flores.

*Tabla 4.*

*Algunas tecnologías que se pueden implementar en los cultivos florales.*

<b>Tecnología</b>	<b>Descripción</b>	<b>Beneficios para la eficiencia</b>	<b>Beneficios para el medio ambiente</b>
<b>Agricultura de precisión</b>	Uso de sensores, drones y otras tecnologías para recopilar datos sobre el estado de los cultivos y el suelo.	Permite una gestión más precisa del riego, la fertilización y el control de plagas, lo que puede reducir el consumo de recursos y aumentar el rendimiento.	Ayuda a reducir la contaminación del agua y el suelo, así como las emisiones de gases de efecto invernadero.
<b>Riego por goteo</b>	Sistema de riego que suministra agua directamente a las raíces de las plantas.	Permite un uso más eficiente del agua, ya que se reduce la evaporación y la escorrentía.	Ayuda a conservar el agua y proteger el suelo de la erosión.

<b>Hidroponía</b>	Cultivo de plantas en soluciones nutritivas sin suelo.	Permite un uso más eficiente del agua y los nutrientes, ya que las plantas tienen acceso directo a lo que necesitan.	Reduce el uso de tierra y la contaminación del suelo.
<b>Control biológico de plagas</b>	Uso de organismos vivos, como insectos depredadores o parásitos, para controlar las plagas.	Reduce la necesidad de usar pesticidas químicos, que pueden ser dañinos para el medio ambiente y la salud humana.	Promueve la biodiversidad y la salud del ecosistema.
<b>Energías renovables</b>	Uso de fuentes de energía renovables, como la energía solar o eólica, para alimentar las operaciones agrícolas.	Reduce la dependencia de los combustibles fósiles, que contribuyen al cambio climático.	Disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del aire.

Nota. Tabla descriptiva donde se enuncian algunas tecnologías que se pueden implementar en los cultivos florales y como estas mejoran la eficiencia y los beneficios ambientales que pueden provocar. De elaboración propia.

## Conclusiones

- El sector del cultivo floral ha mostrado una resistencia considerable a la adopción de tecnologías modernas, manteniendo prácticas y herramientas propias del siglo pasado. Esta falta de modernización se manifiesta en el uso predominante de métodos manuales y tecnologías rudimentarias. La consecuencia directa de esta situación es un aumento en los costos operativos y una elevada dependencia de mano de obra que podría ser reasignada a otras actividades más productivas, como la recolección y distribución. Para mejorar la eficiencia y competitividad del sector, es esencial promover la adopción de tecnologías avanzadas que optimicen los procesos de cultivo.
- La optimización de los procesos en los cultivos florícolas requiere la adopción de tecnologías derivadas de la Industria 4.0, con el Internet de las Cosas (IoT) como elemento central. La industrialización de estos procesos busca mejorar tiempos de respuesta, eficiencia en el uso de recursos, mayor producción y un aumento significativo de las ganancias. Por lo tanto, la implementación del IoT debe convertirse en un pilar fundamental para la automatización en la floricultura.
- Las prácticas agrícolas modernas en el cultivo de flores, que incluyen la automatización de procesos, el uso de iluminación LED, control climático avanzado, riego eficiente, tecnologías IoT, cultivos hidropónicos y aeropónicos, biotecnología, manejo integrado de plagas, fertirrigación, agricultura de precisión, sostenibilidad y análisis de Big Data, están revolucionando la industria. Estas innovaciones buscan mejorar la eficiencia, reducir costos, minimizar el impacto ambiental y aumentar tanto la calidad como la productividad de los cultivos florales. La adopción de estas prácticas es crucial para asegurar un futuro sostenible y competitivo en el sector floricultor.
- La implementación de tecnologías avanzadas en el sector floricultor, como la automatización de procesos, la iluminación LED, el control climático automatizado,

el riego eficiente, el uso de IoT y sensores, cultivos hidropónicos y aeropónicos, biotecnología, manejo integrado de plagas, fertirrigación, agricultura de precisión, prácticas sostenibles y análisis de Big Data, presenta significativas ventajas y desventajas.

- Entre las ventajas, destacan la mejora en la eficiencia operativa, la reducción de costos a largo plazo, el uso optimizado de recursos, la minimización del impacto ambiental y el aumento en la calidad y productividad de los cultivos. Estas tecnologías permiten una mayor precisión en el manejo de cultivos, mejoran los tiempos de respuesta y facilitan la toma de decisiones basadas en datos. Sin embargo, también existen desventajas. La adopción de estas tecnologías requiere una inversión inicial significativa en infraestructura y equipos, así como en la capacitación del personal. Además, la dependencia de tecnologías avanzadas puede aumentar la vulnerabilidad a fallos técnicos y cibernéticos. El mantenimiento y actualización constante de estos sistemas también representa un desafío logístico y económico. En resumen, mientras que la adopción de tecnologías avanzadas en la floricultura puede transformar y optimizar significativamente el sector, es crucial realizar un análisis costo-beneficio exhaustivo y desarrollar estrategias adecuadas para mitigar las desventajas asociadas, asegurando una transición eficiente y sostenible.
- La adopción de tecnologías avanzadas en los cultivos florícolas en Colombia puede significativamente reducir el impacto ambiental. Mediante la automatización de procesos de riego y fertilización, el uso de iluminación LED, sistemas de control climático, riego por goteo y microaspersión, y la implementación de sensores y tecnología IoT, se puede optimizar el uso de recursos como el agua y la energía. Además, la biotecnología y el manejo integrado de plagas permiten una reducción en el uso de pesticidas y fertilizantes químicos, promoviendo prácticas más sostenibles. La agricultura de precisión y el análisis de Big Data facilitan un manejo más eficiente y sostenible de los cultivos. En conjunto, estas tecnologías no solo

mejoran la productividad y eficiencia, sino que también contribuyen a la conservación del medio ambiente, promoviendo un sector floricultor más ecológico y responsable en Colombia.

## Bibliografía

- Acelera Pyme. (02 de noviembre de 2023). *IoT en la agricultura: cómo mejorar la eficiencia en la producción agrícola con la tecnología IoT*. Recuperado el 01 de julio de 2024, de <https://www.acelerapyme.gob.es/recursos/monografico/iot-en-la-agricultura-como-mejorar-la-eficiencia-en-la-produccion-agricola-con#:~:text=El%20uso%20de%20la%20tecnolog%C3%ADa,una%20mayor%20seguridad%20para%20los>
- Agencia Iberoamericana para la difusión de ciencia y tecnología. (2024). *La inteligencia artificial predice las heladas en cultivos de flores de la sabana de Bogotá*. Obtenido de <https://www.dicyt.com/noticias/la-inteligencia-artificial-predice-las-heladas-en-cultivos-de-flores-de-la-sabana-de-bogota>
- Agricultura y ganadería. (23 de Septiembre de 2022). *Agronet*. Obtenido de <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Asocolflores-y-el-%C3%A9xito-de-la-floricultura-colombiana-en-los-mercados-internacionales.aspx#:~:text=La%20floricultura%20es%20actualmente%20el,302%20mil%20toneladas%20de%20tallos>.
- Alfonso, M., Joao Paulo, M., Hubert, F., van den Helder, M., & Zwinkels, H. (2024). *Automatic trait estimation in floriculture using computer vision and deep learning*.
- Asocolflores. (2002). *Guía ambiental para la floricultura*. Bogotá: Produmedios.
- Asocolflores. (2019). *Control biológico en floricultura*. Obtenido de Asocolflores: <https://asocolflores.org/es/asocolflores-y-american-floral-endowment-unidos-en-el-manejo-de-plagas-en-los-cultivos/>
- Asocolflores. (2020). *Asocolflores - Quiénes somos*. Obtenido de <https://asocolflores.org/es/quienes-somos/>
- Asocolflores. (2020). *SOSTENIBILIDAD*. Obtenido de <https://asocolflores.org/en/sustainability/>
- Asocolflores. (2023). *La floricultura colombiana se muestra como ejemplo de conservación y uso del agua*. Obtenido de Asociación Colombiana de Exportadores de Flores: <https://asocolflores.org/es/la-floricultura-colombiana-se-muestra-como-ejemplo-de-conservacion-y-uso-del-agua/>
- Barbedo, F., Ficco, D., & Orlando, P. (2019). *A Review of Deep Learning Applications for Precision Agriculture*. Computers and Electronics in Agriculture. doi:104930
- BioCycle. (2021). *Sistemas de compostaje automatizados para residuos orgánicos*. Obtenido de <https://www.biocycle.net/>
- Borrella, B. (2022). *Introducción a la visión artificial: procesos y aplicaciones*. Obtenido de <https://docta.ucm.es/entities/publication/072ca3fb-540f-4dc9-8a16-0241cb5cd986>
- Carbonell, J. H. (19 de 01 de 2024). *Escuela Colombiana de ingeniería Julio Garavito*. Obtenido de <https://www.escuelaing.edu.co/es/noticias/automatizacion-y-sostenibilidad-el-futuro-del-trabajo-en-colombia/#:~:text=Los%20principales%20retos%20incluyen%20la%20falta%20de%20conciencia,para%20implementar%20y%20aprovechar%20al%20m%C3%A1ximo%20estas%20tecno>

- Chusan Beltran, J., Idrovo, F., Peralta Luna, A., & Lucero Tenorio, M. (2023). Development and deployment of a device to accurately measure and transmit precision agriculture data in the context of cultivating roses. *1st IEEE Colombian Caribbean Conference, C3 2023*, 6. doi:10.1109/C358072.2023.10436184
- CIAT. (2019). *Experiencia del CIAT en el Manejo del Agua para la Agricultura*. International Center for Tropical Agriculture. Obtenido de <https://cgspace.cgiar.org/items/715388ba-514c-4811-a6a8-1b6636baacc8>
- CIPF. (2018). *Africa Phytosanitary Programme*. Obtenido de Convención Internacional de Protección Fitosanitaria : <https://www.ippc.int/es/about-app/>
- Circularity. (2019). *Plataformas digitales para la gestión de residuos*. Obtenido de <https://circularity.com/en/>
- Cisco. (2019). *Internet de las cosas (IoT) para la monitorización ambiental en la floricultura*. . Obtenido de [https://www.cisco.com/c/dam/global/en\\_in/assets/pdfs/cisco-satsure-collaboration-whitepaper.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/global/en_in/assets/pdfs/cisco-satsure-collaboration-whitepaper.pdf)
- Delgado, P., & Romero, M. (2021). *Elaboration of a research project using qualitative methodology*. Universidad de Barcelona. Barcelona: elsevier. doi:enfi.2021.03.001
- FairTrade International. (s.f.). *What is Fairtrade?* Obtenido de <https://www.fairtrade.net/>
- FAO. (2018). *Manejo eficiente del agua en la producción agrícola*. Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations: <https://www.fao.org/water/es/>
- FAO. (2021). *La automatización en la agricultura: Una oportunidad para transformar el sector agroalimentario*. Obtenido de <https://www.fao.org/americas/news/news-detail/FAO-report-analyses-how-automation-in-agriculture-is-helping-to-transform-agrifood-sy>
- Flores, A. (11 de abril de 2023). *La floricultura colombiana se muestra como ejemplo de conservación y uso del agua*. Obtenido de <https://asocolflores.org/es/la-floricultura-colombiana-se-muestra-como-ejemplo-de-conservacion-y-uso-del-agua/>
- Floristeria Alba. (23 de JUNIO de 2021). *Floristeria Alba*. Recuperado el 01 de JULIO de 2024, de [https://www.albafloristeria.es/floristeria-alba-contamos-con-invernaderos-propios-para-ofrecer-las-flores-mas-frescas\\_fb46506.html](https://www.albafloristeria.es/floristeria-alba-contamos-con-invernaderos-propios-para-ofrecer-las-flores-mas-frescas_fb46506.html)
- Función Pública. (1999). *Decreto 1071 de 1999*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=65465>
- Función Pública. (2002). *Ley 789 de 2002*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=6778>
- Función Pública. (2013). *Decreto 2981 de 2013*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=56035>
- GLOBAL G.A.P. (s.f.). *Global smart farm assurance solutions*. Obtenido de <https://www.globalgap.org/>
- Gómez, E., Navas, D., Aponte, G., & Betancourt, L. (2014). *Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Hispathec. (s.f.). *Machine Learning en Agricultura*. Obtenido de <https://www.agrointeligencia.com/machine-learning-en-agricultura/>

- ICA. (2018). *Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIP) en floricultura*. . Obtenido de Instituto Colombiano Agropecuario: <https://www.ica.gov.co/noticias/ica-floricultores-plagas-fortalezcan-exportaciones>
- ICA. (2020). *Software de diagnóstico de plagas y enfermedades en cultivos*. Obtenido de Instituto Colombiano Agropecuario: <https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/diagnostico-plagas>
- ICA. (13 de Febrero de 2024). *Con 700 millones de tallos, Colombia aporta variedad, color y belleza a la celebración de San Valentín*. Obtenido de Instituto Colombiano Agropecuario: <https://www.ica.gov.co/noticias/ica-colombia-exporta-flores-san-valentin-2024#:~:text=El%20>
- ICA. (s.f.). *El ICA . Misión*. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/el-ica/mision>
- ICONTEC. (2024). *Certificación de producto, procesos y servicios*. Obtenido de <https://www.icontec.org/certificacion-de-producto/>
- IICA. (2020). *La automatización en la agricultura: Un cambio de paradigma en la producción de alimentos*. . Obtenido de <https://iica.int/en>
- Instituto Nacional de la Economía Social. (05 de Novimebre de 2018). *Gobierno de Mexico*. Recuperado el 19 de Junio de 2024, de Historia de la floricultura: <https://www.gob.mx/inaes/articulos/historia-de-la-floricultura?idiom=es#:~:text=La%20historia%20de%20la%20floricultura%20no%20tiene%20un%20inicio%20determinado,estima%20que%20el%20uso%20de>
- Interreg. (01 de Enero de 2024). *Interreg España-Portugal HBA*. Obtenido de <https://learningdata.hubiberiaagrotech.eu/sensores-de-npk/>
- Li, S., Ding, G., & Liu, Y. (2018). *A Survey of IoT-enabled Agriculture: Sensing, Monitoring, and Management*. doi:27298-27312
- Luo, X., Guan, L., & Chen, Y. (2020). *Flower Classification Based on Deep Learning for Intelligent Flower Sorting*. doi:135149-135162
- maher Smart Agrocontollers. (02 de enero de 2024). *Maher*. Obtenido de <https://www.maherelectronica.com/sensores-agricolas-suelo/bi-sensor-de-temperatura-y-humedad-de-suelo/>
- Maher Smart Agrocontrollers. (01 de enero de 2024). *Maher*. Obtenido de <https://www.maherelectronica.com/accesorios-para-programador/visualizador-de-sondas/>
- Maya, D., & Tamayo, A. (2006). *Agrosavia*. Obtenido de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/17957>
- Microsoft. (2021). *Inteligencia artificial para la optimización de procesos en la floricultura*. Obtenido de Microsoft: <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/farmbeats-iot-agriculture/>
- Ministerio de Agricultura. (2024). *Funciones*. Obtenido de <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/quienes-somos/Paginas/Funciones.aspx>
- Ministerio de Ambiente. (2006). *LINEAMIENTOS Y RECOMENDACIONES PARA EL PROGRAMA SOCIAL*. Obtenido de <https://archivo.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrban>

- a/pdf/Evaluaci%C3%B3n\_Ambiental\_Estrategica/Lineamientos\_\_recomendaciones\_flor\_verde.pdf
- Ministerio de Ambiente. (2012). *Informe Congreso Miniambiente 2012*. Obtenido de [https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Informe\\_Congreso\\_MINAMBIENTE\\_2012.pdf](https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Informe_Congreso_MINAMBIENTE_2012.pdf)
- Ministerio de Ambiente. (2013). *Resolucion 1200 de 2013*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-1200-de-2013/>
- Ministerio de Ambiente. (2017). *Decreto 1682 de 2017*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/decreto-1682-de-2017/>
- Ministerio de Ambiente. (s.f.). *Sobre el Ministerio - Misión*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/sobre-el-ministerio/>
- Ministerio del Medio Ambiente. (1993). *LEY 99 DE 1993*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>
- Mohanty, S., Hughes, D., & Salathé, M. (2020). *Using Deep Learning for Image-Based Plant Disease Detection*. doi:3071-3080
- Montagu, A., & Popp, J. (2016). *The role of automation in the future of food systems. Agricultural and Food Economics*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/book/9781845698010/robotics-and-automation-in-the-food-industry>
- Montero, S. (15 de 01 de 2024a). *Colombia Verde*. Recuperado el 30 de 05 de 2024, de Automatización en la agricultura: <https://colombiaverde.com.co/geografia/agricultura/automatizacion-en-la-agricultura/>
- Montero, S. (05 de 01 de 2024b). *Colombia verde*. Recuperado el 30 de 05 de 2024, de Cultivos de flores en Colombia: <https://colombiaverde.com.co/geografia/agricultura/cultivos-de-flores-en-colombia/>
- Montoya, L., & Tobón, G. (2016). *La actividad floricultora y sus impactos ambientales: una propuesta para enseñar Ciencias Naturales y Educación Ambiental desde problemas ambientales locales*. Universidad de Antioquia. Trabajo de Grado. Obtenido de [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/28292/1/MontoyaLuz\\_2016\\_FloricultoraAmbientalesNaturales.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/28292/1/MontoyaLuz_2016_FloricultoraAmbientalesNaturales.pdf)
- Nam, W., Kim, H., & Cheong, Y. (2017). *A Smart Irrigation System Using IoT and Machine Learning for Precision Agriculture in a Smart Farm. Sensors, 17(6), 854*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484722013543>
- Newman, S. E. (2019). *Encyclopedia of Environmental Health (Second Edition) (2 ed.)*. (J. Nriagu, Ed.) Amsterdam: Jerome Nriagu.
- Nieto, A. (04 de junio de 2024). *Metroflor*. Obtenido de <https://www.metroflorcolombia.com/hacia-una-protohistoria-de-la-floricultura-en-colombia-12a-parte-1a-entrega/>

- OECD. (2016). *Agricultural automation: Opportunities and challenges*. Obtenido de <https://www.oecd.org/future-of-work/reports-and-data/what-happened-to-jobs-at-high-risk-of-automation-2021.pdf>
- Pizanoa, M. (2023). Innovation and sustainability in South American floriculture. *Acta Horticulturae*, 77-83. doi:10.17660/ActaHortic.2023.1368.11
- Potti, V., Singh, A., & Pandey, N. (2020). *Image Processing and Machine Learning Techniques for Crop Disease and Pest Detection*. doi:<https://ieeexplore.ieee.org/document/10192986>
- Quiroga, L. (2018). La robótica: Otra forma de aprender. *Revista educación y pensamiento*, 25(25). Obtenido de <https://educacionypensamiento.colegiohispano.edu.co/index.php/revistaeyp/article/view/89>
- Quiroz, M. L. (2001). *La floricultura en Colombia en el marco de la globalización*. Bogotá: Eafit.
- Rainforest Alliance. (2024). *Rainforest Alliance*. Obtenido de SOBRE NOSOTROS: <https://www.rainforest-alliance.org/for-business/2020-certification-program/>
- Revista de robots. (13 de junio de 2023). *Revista de robots*. Recuperado el 01 de julio de 2024, de [https://revistaderobots.com/robots-y-robotica/ingenieria-robotica-agricola-4-0/?cn-reloaded=1#google\\_vignette](https://revistaderobots.com/robots-y-robotica/ingenieria-robotica-agricola-4-0/?cn-reloaded=1#google_vignette)
- Ríos, C. A., Cardona, A. M., Echevarría, A., & Herrera, J. (2020). Detection of effects of three different plant pests for chrysanthemum flowers by using image processing and spectral imaging. *Revista de Física: Conferencia*, 8. doi:10.1088/1742-6596/1547/1/012015
- Ríos, E. (2021). *Aprovechamiento de los residuos generados en la industria de la floricultura para la producción de etanol y furfural*. Obtenido de <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/22274>
- Rivas, A. (10 de Septiembre de 2023 ). *Normas APA*. Obtenido de [https://normasapa.in/planteamiento-del-problema/#google\\_vignette](https://normasapa.in/planteamiento-del-problema/#google_vignette)
- Salazar, J., & Silvestre, S. (2016). *Internet de las cosas*. České vysoké učení technické v Praze. Obtenido de <https://fdocumento.com/document/internet-de-las-cosas-evolucion-de-lo-que-conocemos-como-internet-aadiendo-una.html?page=7>
- SENA. (2019). *Boletín Mesa Sectorial Floricultura SENA REGIONAL CUNDINAMARCA CENTRO DE BIOTECNOLOGÍA AGROPECUARIA*. Obtenido de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Flores/Normatividad/2019-05-01%20Bolet%C3%ADn%20Mesa%20Sectorial%20Floricultura.pdf>
- Serrano, C. (04 de septiembre de 2020). *Las flores de lucia*. Obtenido de <https://lasfloresdelucia.es/flores-desde-la-antiguedad/>
- STHIL. (08 de abril de 2024). *STHIL:ES*. Obtenido de <https://www.stihl.es/es/guias-e-ideas-proyectos-bricolaje/mantenimiento-jardines/diseño-de-jardines/hacer-esquejes#:~:text=Un%20esqueje%20es%20un%20trozo,el%20brote%20enraizado%20se%20corta.>
- Universidad Nacional de Colombia. (2020). *Agricultura de precisión para la floricultura*. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/30765/38179>

- Waste Management Review. (2020). *Sistemas de clasificación y reciclaje de residuos*.  
Obtenido de <https://www.waste360.com/>
- Wu, J., Wang, C., & Luo, Y. (2019). *Deep Learning-Based Prediction of Crop Yield in Rice Fields Using Time Series Data*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2673-4931/28/1/16>
- Zhang, Y., Sun, D., & Wang, N. (2021). *A Survey of Robotic Harvesting in Agriculture*.  
Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10846-022-01793-z>
- Zona cerp. (12 de Febrero de 2018). *Zona cero*. Obtenido de  
<https://zonacero.com/generales/sector-floricultor-colombiano-aumento-5-sus-exportaciones-en-2017>