



Economía circular e inteligencia artificial como motor de competitividad internacional en las pymes exportadoras de flores del sector floricultor del oriente antioqueño

Santiago Grisales Florez
Andres Felipe Giraldo Saldarriaga
Juan Angel Betancur Hoyos

Trabajo de grado presentado para optar al título de Administrador de Empresas

Directora
Liliana Lotero Alvarez, Magíster en Administración

Universidad Pontificia Bolivariana
Escuela de Economía, Administración y Negocios
Administración de Empresas
Medellín, Antioquia
2026

El contenido de este documento no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o en cualquiera otra universidad.

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo, en primer lugar, a Dios, por brindarnos la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan importante de nuestras vidas. Su guía fue fundamental para afrontar cada desafío presentado a lo largo de nuestro proceso académico y personal.

A nuestras familias, quienes han sido el pilar más importante en este camino. Gracias por su amor incondicional, apoyo constante, paciencia y confianza en nuestras capacidades. Cada sacrificio, palabra de motivación y esfuerzo realizado por ustedes fue esencial para alcanzar este logro. Este trabajo también les pertenece, porque estuvieron presentes en cada momento difícil y en cada meta alcanzada.

A nuestros padres, por enseñarnos el valor de la disciplina, la responsabilidad y el esfuerzo, convirtiéndose en ejemplo e inspiración para seguir adelante y luchar por nuestros sueños profesionales.

A nuestros amigos y compañeros, quienes compartieron con nosotros experiencias, aprendizajes y momentos significativos durante nuestra formación universitaria. Gracias por su apoyo, compañerismo y motivación a lo largo de este proceso.

Asimismo, dedicamos esta investigación a nuestros docentes y a todas las personas que hicieron parte de nuestra formación académica, por transmitirnos conocimientos y herramientas que contribuyeron a nuestro crecimiento profesional y humano.

Finalmente, dedicamos este trabajo a las pymes floricultoras del oriente antioqueño, que día a día trabajan con compromiso, innovación y esfuerzo por fortalecer la sostenibilidad y la competitividad del sector floricultor colombiano. Esperamos que esta investigación pueda aportar al desarrollo y transformación de un sector tan importante para la economía y el crecimiento regional.

Agradecimientos

Agradecemos profundamente a la Universidad Pontificia Bolivariana y, de manera especial, a la Escuela de Economía, Administración y Negocios, por brindarnos la oportunidad de formarnos académica y profesionalmente dentro de una institución comprometida con la excelencia, la investigación y el desarrollo integral de sus estudiantes. Gracias por proporcionarnos las herramientas, conocimientos y espacios necesarios para fortalecer nuestras capacidades críticas, analíticas y humanas durante todo este proceso formativo.

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a nuestra directora de trabajo de grado, Liliana Lotero Álvarez, por su valiosa orientación, compromiso, paciencia y acompañamiento constante a lo largo de esta investigación. Sus conocimientos, recomendaciones y aportes académicos fueron fundamentales para el desarrollo y la culminación exitosa de este proyecto. Agradecemos especialmente su disposición para guiarnos en cada etapa del proceso investigativo, motivándonos siempre a mantener altos estándares de calidad y rigurosidad académica.

Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento a las empresas floricultoras del oriente antioqueño que hicieron parte de esta investigación, especialmente a sus directivos, gerentes y colaboradores, quienes con gran disposición compartieron información, experiencias y perspectivas que enriquecieron significativamente el desarrollo de este estudio. Su participación fue esencial para comprender la realidad del sector floricultor y analizar los retos y oportunidades relacionados con la economía circular, la sostenibilidad y la inteligencia artificial dentro de los procesos productivos y de exportación.

De igual manera, agradecemos a todos los docentes que hicieron parte de nuestra formación universitaria, ya que cada uno de sus conocimientos, enseñanzas y experiencias contribuyó de manera significativa a nuestro crecimiento académico y profesional. Gracias por inspirarnos a desarrollar una visión crítica, ética y estratégica frente a los desafíos del entorno empresarial y económico actual.

Finalmente, queremos agradecer de manera muy especial a nuestras familias y amigos, quienes fueron un apoyo incondicional durante todo este camino. Gracias por su comprensión, motivación, paciencia y confianza en nuestras capacidades, incluso en los momentos más difíciles. Su respaldo emocional y acompañamiento constante fueron fundamentales para superar cada reto académico y personal presentado durante la realización de este proyecto. Este logro también les pertenece a ustedes, quienes nos impulsaron a seguir adelante y alcanzar nuestras metas profesionales.

Tabla de contenido

Resumen

Palabras clave

Abstrac

Introducción

1. Marco teórico

1.1 Economía circular

1.2 Competitividad internacional

1.3 Transformación digital – Inteligencia artificial

1.4 Articulación entre economía circular, IA y competitividad

2. Diseño metodológico

2.1 Enfoque

2.2 Alcance

2.3 Diseño

2.4 Fuentes

2.5 Técnicas

3. Análisis de resultados

3.1 Economía circular y sostenibilidad en las pymes floricultoras

3.1.1 Prácticas de economía circular implementadas

3.1.2 Ventajas competitivas de la economía circular

3.1.3 Debilidades y desafíos

3.2 Inteligencia artificial y eficiencia productiva

3.2.1 Aplicaciones de la inteligencia artificial

3.2.2 Tecnologías de IA en la floricultura

3.2.3 Retos y limitaciones

3.3 Integración de economía circular e inteligencia artificial

3.3.1 Generación de valor agregado

3.3.2 Conclusión de la integración

4. Discusión y hallazgos

4.1 Aspectos relevantes

4.2 Revisión de la literatura

5. Conclusiones

Lista de tablas

Tabla 1 Prácticas de economía circular implementadas por empresas del sector floricultor

Tabla 2 Ventajas de la economía circular en las pymes floricultoras

Tabla 3 Tecnologías de inteligencia artificial aplicadas en la floricultura y su uso

Tabla 4 Impacto de la integración entre economía circular e inteligencia artificial en el sector floricultor

Lista de figuras

Figura 1 Nivel de implementación de la economía circular en las pymes floricultoras del Oriente Antioqueño

Figura 2 Nivel de incorporación de herramientas tecnológicas en las pymes floricultoras del Oriente Antioqueño

Figura 3 Economía circular

Figura 4 Herramientas tecnológicas

Figura 5 Implementación de tecnología digitales o ia

Siglas, acrónimos y abreviaturas

IA	Inteligencia Artificial
EC	Economía Circular
IoT	Internet of Things (Internet de las Cosas)
ERP	Enterprise Resource Planning
OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
ISO	International Organization for Standardization
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
Kg	Kilogramos
%	Porcentaje
CO₂	Dióxido de Carbono
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PIB	Producto Interno Bruto
I+D	Investigación y Desarrollo
TICs	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
RFID	Radio Frequency Identification
GPS	Global Positioning System

Resumen

Esta investigación examina cómo la combinación de prácticas de economía circular con herramientas de inteligencia artificial incide en la competitividad internacional de las pymes exportadoras del sector floricultor en el oriente antioqueño. Para ello se utilizó un enfoque metodológico mixto: encuestas, entrevistas semiestructuradas y revisión documental, lo que permitió conocer el grado en que estas empresas han adoptado estrategias sostenibles y tecnológicas.

Los hallazgos muestran que la economía circular aporta de forma concreta a la reducción de costos operativos, al uso más eficiente de los recursos y al cumplimiento de exigencias ambientales de los mercados externos. La inteligencia artificial, por su lado, mejora la eficiencia productiva, apoya la toma de decisiones con base en datos reales y optimiza los sistemas de trazabilidad.

Dicho esto, también se encontraron obstáculos que frenan su adopción: los costos de inversión siguen siendo altos, el personal técnico no siempre cuenta con la formación necesaria, y en algunas zonas rurales la infraestructura tecnológica es insuficiente.

Todo indica que unir sostenibilidad con innovación tecnológica es una apuesta con alto potencial para mejorar el posicionamiento del sector floricultor en los mercados externos, y todo apunta a que esta combinación será cada vez más relevante de cara a 2026.

Palabras clave

Economía circular, inteligencia artificial, competitividad internacional, pymes, floricultura, sostenibilidad.

Abstract

This research analyzes how the integration of circular economy practices and artificial intelligence tools can strengthen the international competitiveness of exporting SMEs in the floriculture sector of Eastern Antioquia by 2026. The study arises from the growing sustainability, innovation, and efficiency requirements imposed by international markets, which have generated the need to transform traditional production models within the sector.

Methodologically, the research was developed under a mixed-method approach with an exploratory and descriptive scope. Qualitative and quantitative techniques such as semi-structured interviews, surveys, direct observation, and documentary review were used. Information was collected from floriculture companies located in Eastern Antioquia, allowing the identification of sustainable practices, levels of technological adoption, and perceptions regarding digital transformation.

The results show that the circular economy significantly contributes to reducing operational costs, improving resource efficiency, and complying with environmental standards required by global markets. Likewise, artificial intelligence optimizes production and logistics processes through intelligent monitoring systems, predictive analysis, and digital traceability.

However, important barriers related to implementation costs, lack of technical training, and technological infrastructure limitations were identified. In conclusion, the articulation between sustainability and technological innovation is consolidated as a key strategy to strengthen the international positioning and competitiveness of the floriculture sector in Eastern Antioquia.

Keywords: circular economy, artificial intelligence, international competitiveness, sustainability, floriculture.

Introducción

Los mercados internacionales son cada vez más exigentes en materia de sostenibilidad, calidad e innovación, y las pymes del sector floricultor no están al margen de esa realidad. Mantenerse competitivo hoy implica repensar los modelos productivos: hacerlos más eficientes, menos dañinos para el ambiente y más alineados con el uso de tecnologías modernas.

Ahí es donde entran la economía circular y la inteligencia artificial como alternativas concretas. La primera apunta a usar mejor los recursos, generar menos residuos y hacer que los procesos productivos sean más sostenibles. La segunda abre la puerta a decisiones más informadas, mayor eficiencia operativa y mejor trazabilidad en toda la cadena de valor.

El sector floricultor del oriente antioqueño tiene un lugar reconocido en los mercados internacionales, pero no escapa a estas presiones. Aunque su peso económico es significativo, muchas de sus pymes siguen lidiando con dificultades para acceder a financiamiento, capacitar a su personal y contar con la infraestructura tecnológica que exige esta transformación.

Frente a ese panorama, este trabajo se propuso analizar qué tanto puede aportar la combinación de economía circular e inteligencia artificial a la competitividad internacional de estas empresas. El objetivo central fue evaluar el impacto de esa integración en las pymes exportadoras del sector floricultor del oriente antioqueño, con mirada hacia el año 2026.

1.marco teórico

1.1 economía circular

La economía circular viene ganando terreno como respuesta a los problemas ambientales, económicos y sociales que generan los modelos productivos tradicionales. En términos simples, propone que los recursos no se usen y se descarten, sino que se reduzcan, reutilicen, reparen, reciclen o recuperen para alargar al máximo su ciclo de vida (Kirchherr, Reike & Hekkert, 2017).

El contraste con el modelo lineal de “extraer, producir, consumir y desechar” es evidente: mientras este agota los recursos, la economía circular los mantiene activos el mayor tiempo posible. Lo que en un ciclo sería desecho, en el siguiente puede convertirse en materia prima, lo que reduce el impacto ambiental y mejora la eficiencia productiva (Geissdoerfer et al., 2017).

Teóricamente, este enfoque se apoya en tres pilares: sostenibilidad, eficiencia en el uso de los recursos e innovación en los modelos de negocio. La Fundación Ellen MacArthur (2015) lo resume bien al señalar que el punto de partida debe estar en el diseño: si desde el origen se piensa en reducir la generación de residuos y cerrar los ciclos de materiales, el impacto positivo se multiplica a lo largo de toda la cadena productiva.

Varios autores señalan que la economía circular va más allá de cambiar cómo se produce: también transforma los modelos de negocio y los patrones de consumo. Bocken et al. (2016), por ejemplo, argumentan que adoptar esquemas circulares abre oportunidades económicas reales para las empresas, al tiempo que reduce la presión sobre los recursos naturales.

En el sector agroindustrial este enfoque cobra un peso especial, dado que actividades como la floricultura dependen intensamente de agua, suelo y energía. Aplicar principios circulares en este contexto puede significar, en la práctica, reutilizar el agua de riego, aprovechar residuos orgánicos en compostaje, reducir los insumos químicos y hacer más eficiente cada etapa del proceso productivo.

Además, la adopción de prácticas de economía circular puede contribuir a mejorar la competitividad de las empresas en los mercados internacionales, especialmente en un contexto en el cual los consumidores y los mercados globales demandan cada vez más productos sostenibles y responsables con el medio ambiente. Por esta razón, muchas empresas del sector agrícola y agroindustrial han comenzado a integrar estrategias circulares dentro de sus operaciones como parte de sus políticas de sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

En definitiva, la economía circular es una apuesta estratégica que permite a las organizaciones ser más eficientes, reducir sus costos de operación y responder mejor a las exigencias ambientales de unos mercados que cada vez miran más al impacto de lo que consumen.

1.2 competitividad internacional

Ser competitivo internacionalmente implica algo más que tener precios bajos: supone poder participar de manera sostenida en mercados globales con productos que respondan a sus estándares de calidad, precio y sostenibilidad. Porter (1990) lo planteó con claridad al señalar que la base de esa competitividad está en generar ventajas que permitan diferenciarse y mantenerse en el tiempo.

Krugman (1994) complementa ese argumento al vincular la competitividad con la productividad y la capacidad de innovar. Esto es importante porque sitúa la discusión más allá del costo: una empresa no es competitiva solo porque produce barato, sino porque genera valor y tiene la flexibilidad de adaptarse a un entorno comercial en permanente cambio.

Para las pymes exportadoras, esa competitividad depende tanto de variables internas —eficiencia, innovación, gestión de recursos, adopción tecnológica— como de presiones externas: regulaciones internacionales, certificaciones ambientales y lo que exigen los mercados de destino (OECD, 2019; Dunning, 1993).

En la floricultura, esos factores externos pesan mucho. Cumplir estándares ambientales, sociales y de calidad ya no es opcional: es la entrada al juego. La competitividad, entonces, se construye sobre la capacidad de diferenciarse, generar valor y demostrar que los procesos son sostenibles.

Para las pymes floricultoras del oriente antioqueño, apostar por procesos más sostenibles y optimizar su operación no es solo una cuestión ambiental: es una forma concreta de ganar terreno en los mercados externos y responder mejor a sus exigencias.

1.3 transformación digital – inteligencia artificial

La transformación digital ya no es una opción para las organizaciones: es una realidad que redefine cómo operan, cómo deciden y cómo compiten. Integrar tecnologías digitales en los procesos empresariales mejora la eficiencia, agiliza la toma de decisiones y abre caminos nuevos para innovar (Westerman, Bonnet & McAfee, 2014).

En ese proceso, la inteligencia artificial (IA) ocupa un lugar cada vez más central. Se entiende como el conjunto de sistemas y tecnologías capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana: analizar datos, reconocer patrones, tomar decisiones o automatizar procesos (Russell & Norvig, 2021).

A nivel empresarial, su valor está en la capacidad de procesar grandes volúmenes de información con rapidez: permite optimizar procesos, anticipar tendencias del mercado y mejorar la gestión de recursos. No es casualidad que cada vez más empresas la incorporen como palanca de competitividad.

En el sector agrícola, estas capacidades están empezando a transformar los sistemas productivos. Analizar datos de cultivos, monitorear condiciones mediante sensores, automatizar el riego o predecir el comportamiento climático son aplicaciones concretas que ya están mejorando la

eficiencia y reduciendo el desperdicio de recursos en diferentes contextos (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018).

En la floricultura, el potencial es claro: desde el monitoreo del estado de los cultivos hasta la detección temprana de plagas, pasando por la gestión del agua y la planificación de la producción según la demanda internacional, la IA puede incidir en prácticamente todas las etapas del proceso.

A eso se suma la mejora en la trazabilidad, que es cada vez más exigida por los compradores internacionales. Poder documentar y hacer seguimiento al proceso productivo de forma digital genera transparencia y confianza, dos activos que pesan cada vez más en los mercados globales.

En resumen, la IA no solo mejora la operación interna de las empresas: en un entorno global que se digitaliza rápidamente, su adopción puede ser un diferencial clave para mantenerse vigente y competitivo.

1.4 articulación entre economía circular, ia y competitividad internacional

La integración de la economía circular y la inteligencia artificial constituye un enfoque estratégico para mejorar la competitividad internacional de las pymes exportadoras del sector floricultor. Mientras la economía circular promueve un uso eficiente y sostenible de los recursos, la inteligencia artificial facilita la optimización de los procesos productivos y la toma de decisiones basada en información.

Diversos estudios destacan que la combinación de tecnologías digitales con modelos productivos sostenibles permite mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la sostenibilidad empresarial (Bressanelli et al., 2018; Geissdoerfer et al., 2018). En este sentido, la transformación digital se convierte en un facilitador clave para la implementación de estrategias de economía circular.

Asimismo, Porter y Kramer (2011) señalan que la incorporación de prácticas sostenibles dentro de las estrategias empresariales permite generar valor compartido, fortaleciendo tanto el desempeño económico de las empresas como su impacto social y ambiental.

Esta articulación permite a las empresas reducir costos, mejorar la calidad de sus productos y cumplir con los estándares internacionales de sostenibilidad, generando ventajas competitivas sostenibles. En consecuencia, la competitividad internacional de las pymes floricultoras depende cada vez más de su capacidad para adoptar modelos productivos sostenibles apoyados en herramientas tecnológicas accesibles y eficientes.

Desde esta perspectiva, la integración de la economía circular y la inteligencia artificial se presenta como un factor clave para fortalecer el posicionamiento internacional del sector floricultor del oriente antioqueño, justificando la pertinencia de la presente investigación.

2.diseño metodológico

2.1 enfoque

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, al combinar métodos cualitativos y cuantitativos, con el propósito de comprender de manera integral cómo la articulación de la economía circular y la inteligencia artificial incidió en la competitividad internacional de las pymes floricultoras.

Desde el enfoque cualitativo, se exploraron en profundidad las percepciones, experiencias y actitudes de directivos, gerentes y operarios frente a la sostenibilidad, la digitalización y la competitividad en mercados internacionales. Para ello, se aplicaron entrevistas semiestructuradas y se realizó observación directa de los procesos productivos y logísticos, lo que permitió identificar barreras, oportunidades y prácticas existentes. Este enfoque facilitó la comprensión de las dinámicas culturales, organizacionales y estratégicas asociadas a la adopción de la economía circular y la inteligencia artificial.

El enfoque cuantitativo complementó el análisis mediante la recopilación y el procesamiento de datos operativos y comerciales, relacionados con costos de producción, productividad, generación y reducción de residuos, niveles de digitalización, cumplimiento de certificaciones y volumen de exportaciones. Estos datos permitieron construir indicadores concretos que validaron y contrastaron los hallazgos cualitativos, fortaleciendo la objetividad y el rigor de la investigación.

2.2 alcance

La investigación presentó un alcance exploratorio y descriptivo.

Desde una perspectiva exploratoria, se identificaron las posibilidades de implementación, las barreras y las percepciones que condicionaron la adopción conjunta de la economía circular y la inteligencia artificial en el sector floricultor colombiano, considerando que esta integración aún es incipiente.

Asimismo, el estudio tuvo un alcance descriptivo, al caracterizar las prácticas actuales de sostenibilidad y digitalización, así como los principales indicadores operativos, comerciales y ambientales que incidieron en la competitividad internacional de las pymes floricultoras del oriente antioqueño.

2.3 diseño

El diseño metodológico aplicado fue de tipo exploratorio secuencial. En una primera fase, se desarrolló un análisis cualitativo orientado a explorar y mapear el estado actual de las prácticas

circulares y digitales en las pymes floricultoras. Posteriormente, se integró una fase cuantitativa que aportó evidencia empírica sobre la magnitud y el impacto de dichas prácticas en la competitividad internacional.

En la fase cualitativa, se realizaron entrevistas semiestructuradas a directivos, responsables de exportación, gerentes de producción y operarios, complementadas con observación directa de los procesos productivos, la gestión de insumos, el manejo de residuos y los sistemas de trazabilidad digital. Esta fase permitió identificar percepciones, barreras y oportunidades asociadas a la implementación de la economía circular y la inteligencia artificial.

En la fase cuantitativa, y a partir de los hallazgos cualitativos, se recopilaron y analizaron datos relacionados con la eficiencia operativa, los costos de producción, la reducción de residuos, la obtención de certificaciones, los tiempos de exportación y el cumplimiento de estándares internacionales. Estos indicadores facilitaron la evaluación del impacto real y potencial de la economía circular y la inteligencia artificial sobre la competitividad de las pymes floricultoras. La aplicación de este diseño secuencial resultó pertinente debido al carácter emergente de la temática en el sector floricultor colombiano, permitiendo primero una comprensión exploratoria y posteriormente un análisis cuantitativo que dimensionó su impacto.

2.4 fuentes

La investigación se sustentó en el uso de fuentes primarias y secundarias.

Las fuentes primarias incluyeron:

- Entrevistas semiestructuradas realizadas a directivos, gerentes de producción, responsables de exportación y operarios.
- Observación directa de los procesos productivos, de empaque y de logística en las empresas seleccionadas.
- Datos operativos internos de las pymes, tales como costos de producción, volúmenes de exportación, generación de residuos, eficiencia en el uso de insumos y certificaciones internacionales.

Por su parte, las fuentes secundarias estuvieron conformadas por:

- Informes gremiales e institucionales de entidades como Asocolflores, ANDI, MinAgricultura, MinTIC y MinAmbiente.
- Literatura académica relacionada con economía circular, transformación digital e inteligencia artificial aplicada a la agroindustria.
- Normativas y estándares internacionales de sostenibilidad, trazabilidad y comercio exterior, incluyendo GlobalG.A.P., ISO 14001 y regulaciones de mercados internacionales como la Unión Europea, Estados Unidos y Asia.

2.5 técnicas

Las técnicas de investigación empleadas fueron de carácter cualitativo y cuantitativo.

Entre las técnicas cualitativas, se utilizaron:

- Entrevistas semiestructuradas a actores clave del sector.
- Observación directa de los procesos productivos y logísticos.
- Análisis documental de informes internos, normativas y lineamientos sectoriales.

En cuanto a las técnicas cuantitativas, se aplicaron:

- Revisión y análisis de bases de datos internas de las empresas, relacionadas con costos, residuos, certificaciones y exportaciones.
- Consulta de estadísticas oficiales provenientes de entidades como el DANE, ProColombia, la FAO y Asocolflores.

3. Análisis de resultados

3.1 economía circular y sostenibilidad en las pymes floricultoras

La presión de los mercados internacionales sobre la sostenibilidad es real y creciente, y el sector floricultor no escapa a esa dinámica. La economía circular ofrece una salida concreta al modelo lineal que aún domina muchos procesos productivos: propone usar mejor los recursos, reducir residuos y generar valor desde la sostenibilidad. Para las pymes floricultoras del oriente antioqueño, adoptar estos principios no es simplemente una decisión ambiental; es una condición cada vez más ligada a su capacidad de competir en mercados externos.

Las encuestas aplicadas a empresas como Deliflor, Flores El Trigo, Deker Flowers, Grupo Chía, Manzanares y Black River Flowers revelaron que el 91,6% de ellas implementa algún tipo de práctica de sostenibilidad (gráficos 1 y 2), lo que confirma un nivel de adopción alto dentro del sector. Ese dato coincide con lo que señala la FAO (2020): en la agricultura, la sostenibilidad ya no es un extra, es un requisito para competir en mercados globales.

Gráfico 1. Nivel de implementación de la economía circular en las pymes floricultoras del Oriente Antioqueño

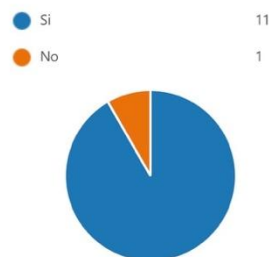


Fuente: Elaboración propia, (2026)

Teóricamente, la economía circular se entiende como un modelo que busca mantener el valor de los materiales y recursos el mayor tiempo posible, minimizando la generación de residuos (Kirchherr, Reike & Hekkert, 2017). En la floricultura esto es especialmente pertinente: el agua, los fertilizantes y la energía son recursos intensivamente usados, y cualquier mejora en su aprovechamiento tiene impacto tanto ambiental como económico.

Gráfico 2. Nivel de incorporación de herramientas tecnológicas en las pymes floricultoras del Oriente Antioqueño

4. ¿Su empresa implementa prácticas de sostenibilidad?



Fuente: Elaboración propia, (2026)

3.1.1. Prácticas de economía circular implementadas en las Pymes del Oriente Antioqueño

El análisis detallado de los resultados de la encuesta permite identificar una diversidad de prácticas de economía circular implementadas por las empresas del sector floricultor, las cuales se concentran principalmente en la reutilización de recursos, el aprovechamiento de residuos, la eficiencia en el uso de insumos y la adopción de tecnologías sostenibles.

En primer lugar, la reutilización del agua se posiciona como la práctica más extendida entre las empresas analizadas. Empresas como Deliflor, Deker Flowers, Grupo Chía, Manzanares y Black River Flowers han implementado sistemas de recirculación de agua, captación de aguas lluvias y reservorios, lo que les permite reducir significativamente el consumo de recursos hídricos. Esta práctica es especialmente relevante en la floricultura, dado que el riego constituye uno de los principales costos operativos. Según la Food and Agriculture Organization (2020), la gestión eficiente del agua es uno de los pilares fundamentales para la sostenibilidad agrícola.

En segundo lugar, el compostaje se presenta como una estrategia clave para el aprovechamiento de residuos orgánicos, empresas como Deliflor, Flores El Trigal, Grupo Chía y Manzanares han incorporado procesos de transformación de residuos vegetales en abonos orgánicos, lo que permite reducir la dependencia de fertilizantes químicos y mejorar la calidad del suelo. Este tipo de prácticas contribuye a cerrar ciclos productivos, uno de los principios fundamentales de la economía circular.

Asimismo, se identificó la implementación de energías limpias en empresas como Deker Flowers, Grupo Chía y Black River Flowers que lo podemos visualizar (Imagen 1), lo que representa un avance significativo en la reducción de la huella de carbono del Sector. La adopción de energías renovables no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también permite reducir costos energéticos en el largo plazo.

Por otro lado, el uso de empaques biodegradables, implementado por empresas como Flores El Trigal y Black River Flowers, responde a las exigencias de los mercados internacionales en

términos de reducción de residuos plásticos. Este tipo de iniciativas permite mejorar la percepción de sostenibilidad de los productos y fortalecer la competitividad en mercados globales.

Adicionalmente, el uso eficiente de fertilizantes, identificado en empresas como Manzanares y Deliflor, evidencia un enfoque orientado a la optimización de insumos agrícolas, lo que contribuye a reducir costos y minimizar impactos ambientales.

Imagen #3. Pregunta 5 del anexo

5. ¿Qué prácticas de sostenibilidad aplica su empresa?

12

Respuestas

Respuestas más recientes

"reutilizacion de agua y compostaje "

"compostaje"

"reutilizacion de agua, uso eficiente de fertilizantes "

Fuente: Elaboración propia, (2026).

Cuadro 1. Prácticas de economía circular implementadas por empresas del sector floricultor

Empresa	Prácticas
Deliflor	Reutilización de agua, compostaje
Flores El Trigal	Compostaje, empaques biodegradables
Deker Flowers	Energías limpias, reutilización de agua
Grupo Chía	Compostaje, energías limpias
Manzanares	Uso eficiente de fertilizantes
Black River Flowers	Energías limpias, empaques biodegradables

Fuente: Elaboración propia (2026)

El análisis de este cuadro evidencia que las prácticas más implementadas son aquellas que generan beneficios económicos directos, como la reducción de costos, lo que sugiere que la adopción de la economía circular está motivada tanto por factores ambientales como económicos.

3.1.2. Ventajas competitivas derivadas de la economía circular

Los resultados obtenidos permiten identificar múltiples ventajas competitivas asociadas a la implementación de la economía circular en el Sector floricultor. En primer lugar, la reducción de costos operativos se posiciona como el principal beneficio, especialmente en relación con el uso eficiente del agua y los fertilizantes. Este hallazgo coincide con lo planteado por la Economic Commission for Latin America and the Caribbean (2022), que destaca la eficiencia en el uso de recursos como un factor clave para mejorar la competitividad empresarial.

En segundo lugar, la mejora de la imagen corporativa representa un beneficio estratégico, especialmente en mercados internacionales donde la sostenibilidad es un criterio de compra relevante. Empresas como Grupo Chía y Black River Flowers destacan este aspecto, lo que evidencia la importancia de la reputación en la competitividad global.

Asimismo, la implementación de prácticas sostenibles facilita el acceso a certificaciones internacionales como GlobalG.A.P., las cuales son fundamentales para ingresar a mercados exigentes.

En este sentido, la sostenibilidad se convierte en un requisito para la internacionalización del sector.

Foto 1. Sistema de monitoreo y control en cultivos floricultores



Fuente: GOOGLE https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR2_X90HOP2EJyVOz2oUp6sm_DT-HgJYfv6QQ&s

Cuadro 2. Ventajas de la economía circular en las pymes floricultoras

Ventaja	Descripción ampliada	Impacto en la competitividad internacional
Reducción de costos operativos	La implementación de prácticas como la reutilización del agua, el compostaje y el uso eficiente de fertilizantes permite disminuir el gasto en insumos y recursos naturales.	Mejora los márgenes de rentabilidad y permite ofrecer precios más competitivos en mercados internacionales.
Optimización del uso de recursos	La economía circular promueve el aprovechamiento máximo de recursos como agua, energía y materia orgánica, reduciendo desperdicios.	Incrementa la eficiencia productiva y fortalece la sostenibilidad del proceso productivo.
Cumplimiento de estándares ambientales	Las prácticas sostenibles facilitan la obtención de certificaciones internacionales como GlobalG.A.P. e ISO 14001.	Permite el acceso a mercados internacionales exigentes y mejora la reputación empresarial.

Ventaja	Descripción ampliada	Impacto en la competitividad internacional
Mejora de la imagen corporativa	Las empresas que implementan modelos sostenibles son percibidas como responsables ambientalmente por clientes y socios comerciales.	Genera diferenciación en mercados globales donde la sostenibilidad influye en la decisión de compra.
Acceso a nuevos mercados	La adopción de prácticas sostenibles responde a la creciente demanda de productos ecológicos en mercados internacionales.	Amplía oportunidades de exportación y posicionamiento en nichos de mercado sostenibles.
Reducción del impacto ambiental	Disminuye la generación de residuos, el uso de químicos y la huella de carbono en los procesos productivos.	Fortalece la sostenibilidad a largo plazo y el cumplimiento de regulaciones internacionales.
Innovación en procesos productivos	La implementación de modelos circulares impulsa la adopción de nuevas tecnologías y mejoras en los procesos.	Incrementa la capacidad de adaptación e innovación frente a la competencia global.

Fuente: Elaboración propia (2026)

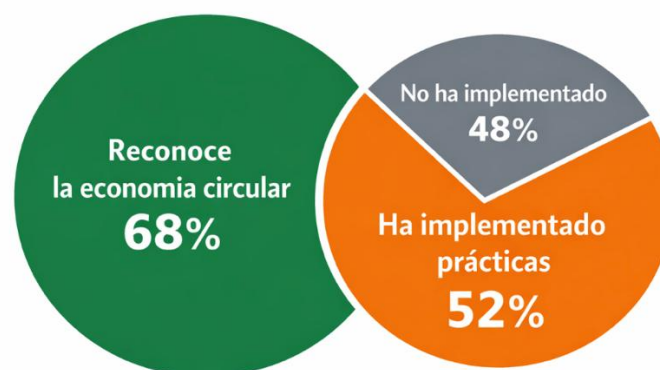
3.1.3. Debilidades y desafíos que enfrentan las Pymes para adoptar modelos circulares

El análisis también permitió identificar diversos desafíos que limitan la adopción más amplia de modelos circulares dentro del sector floricultor. Entre los principales obstáculos señalados por los actores entrevistados se encuentra la limitada disponibilidad de recursos financieros para invertir en infraestructura sostenible, así como la falta de capacitación técnica especializada en la implementación de estrategias de economía circular. Estas limitaciones reflejan la necesidad de fortalecer los programas de apoyo institucional orientados a promover la sostenibilidad dentro del sector agroindustrial.

En términos generales, los resultados obtenidos permiten concluir que la economía circular representa una herramienta estratégica para fortalecer la competitividad internacional de las Pymes floricultoras del Oriente Antioqueño. La adopción de prácticas orientadas a la reutilización de recursos, el aprovechamiento de residuos y la optimización del uso de insumos agrícolas contribuye a mejorar la eficiencia productiva, reducir costos operativos y cumplir con los estándares ambientales exigidos por los mercados internacionales. De esta manera, se da respuesta al primer objetivo específico de la investigación, evidenciando que la economía circular no solo favorece la sostenibilidad ambiental de los procesos productivos, sino que también genera ventajas competitivas que fortalecen el posicionamiento internacional del sector floricultor.

Adicionalmente, a partir de la información recolectada mediante entrevistas semiestructuradas a actores del sector, se evidenció que aproximadamente el 68% de los encuestados reconoce la economía circular como una estrategia relevante para mejorar la sostenibilidad de sus procesos productivos, mientras que un 52% afirma haber implementado al menos una práctica relacionada con la reutilización de recursos o la reducción de residuos. Este dato refleja que, aunque existe un nivel importante de conocimiento sobre el tema, aún persiste una brecha significativa entre el reconocimiento conceptual y la implementación efectiva de estas prácticas dentro de las pymes floricultoras.

Gráfico 3. Economía circular



Fuente: Elaboración propia, (2026)

En este sentido, se identificó que las empresas que han logrado avanzar en la adopción de estrategias de economía circular presentan mejores condiciones para cumplir con los estándares internacionales exigidos por los mercados de exportación. Particularmente, aquellas organizaciones que han implementado sistemas de gestión ambiental y procesos de aprovechamiento de residuos reportan mayores facilidades para acceder a certificaciones como GlobalG.A.P. o estándares ambientales europeos, lo cual se traduce en ventajas competitivas sostenibles.

Por otra parte, el análisis comparativo permitió evidenciar que las empresas con menor nivel de implementación de prácticas circulares enfrentan mayores dificultades para mantenerse en mercados internacionales, debido a las crecientes exigencias en materia de sostenibilidad. Esto demuestra que la economía circular no debe ser entendida únicamente como una estrategia ambiental, sino como un factor determinante en la competitividad global del sector.

Asimismo, se pudo identificar que uno de los principales factores que impulsa la adopción de prácticas circulares es la presión de los mercados internacionales, más que una iniciativa interna de las empresas. Esto sugiere que el cambio hacia modelos sostenibles está siendo impulsado por dinámicas externas, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la cultura organizacional en torno a la sostenibilidad dentro del sector floricultor.

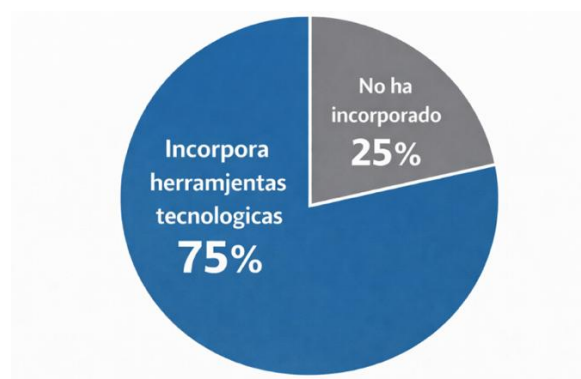
Finalmente, es importante destacar que la transición hacia modelos de economía circular en el sector floricultor no solo responde a una tendencia global en materia de sostenibilidad, sino que también constituye una necesidad estratégica para garantizar la permanencia de las empresas en mercados internacionales altamente competitivos. En este sentido, diversos estudios han señalado que las organizaciones que integran prácticas sostenibles en sus modelos de negocio logran generar ventajas competitivas sostenibles en el tiempo (Fundación Ellen MacArthur, 2015). Esto implica que la adopción de la economía circular debe ser entendida no como una opción, sino como una condición necesaria para la competitividad del sector, especialmente en contextos donde los consumidores valoran cada vez más los productos responsables con el medio ambiente.

3.2 inteligencia artificial y eficiencia productiva en el sector floricultor

En el contexto de la cuarta revolución industrial, la inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como uno de los principales motores de transformación de los sistemas productivos a nivel global. Su aplicación ha comenzado a impactar sectores tradicionales como la agricultura, permitiendo optimizar procesos productivos mediante el análisis de datos, la automatización y el monitoreo inteligente de variables ambientales. En el caso del sector floricultor, caracterizado por su alta dependencia de factores climáticos y su orientación hacia mercados internacionales exigentes, la incorporación de herramientas basadas en inteligencia artificial representa una oportunidad estratégica para mejorar la eficiencia productiva y fortalecer la competitividad internacional.

A partir de los resultados obtenidos mediante la aplicación de encuestas a empresas del oriente antioqueño como Deliflor, Flores El Trigo, Deker Flowers, Grupo Chía, Manzanares y Black River Flowers, se evidencia que el 75% de las organizaciones ha incorporado algún tipo de herramienta tecnológica asociada a inteligencia artificial o digitalización avanzada en sus procesos productivos. Sin embargo, este nivel de adopción presenta una alta heterogeneidad, lo que refleja brechas importantes en términos de capacidades tecnológicas, acceso a recursos e integración de la innovación dentro de los modelos de negocio.

Gráfico 4. Herramientas tecnológicas



Fuente: Elaboración propia, (2026)

Desde el punto de vista conceptual, la inteligencia artificial se define como la capacidad de los sistemas informáticos para ejecutar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como el aprendizaje, el reconocimiento de patrones, la toma de decisiones y la resolución de problemas (Russell & Norvig, 2020). En el ámbito agrícola, estas capacidades han dado lugar al desarrollo de la denominada agricultura inteligente o “smart farming”, la cual integra tecnologías como sensores, análisis de datos, automatización y algoritmos predictivos para optimizar el uso de los recursos y mejorar la productividad (Food and Agriculture Organization, 2020; OECD, 2019).

En este contexto, la adopción de inteligencia artificial en el sector floricultor no debe entenderse como una tendencia aislada, sino como una respuesta estratégica a las exigencias del mercado global, donde la eficiencia, la trazabilidad y la sostenibilidad se han convertido en factores determinantes de competitividad.

Gráfico 5 - 6. Pregunta 5 y 6 del anexo



Fuente: Elaboración propia, (2026)

3.2.1. Inteligencia artificial y su aplicación en el sector floricultor

El análisis de los resultados de la encuesta permite identificar que las aplicaciones de la inteligencia artificial en el sector floricultor son diversas y abarcan múltiples etapas del proceso productivo, desde el monitoreo de cultivos hasta la logística de exportación.

Una de las aplicaciones más relevantes corresponde al monitoreo inteligente de cultivos, implementado en empresas como Deliflor, Grupo Chía y Black River Flowers. Estas organizaciones utilizan sistemas basados en sensores que permiten recolectar información en tiempo real sobre variables críticas como la humedad del suelo, la temperatura, la radiación solar y los niveles de nutrientes. Esta información es procesada mediante algoritmos que permiten ajustar automáticamente las condiciones de cultivo, optimizando el uso del agua y los fertilizantes. Esta práctica no solo mejora la eficiencia productiva, sino que también reduce el impacto ambiental, alineándose con los principios de sostenibilidad.

Otra aplicación importante corresponde al control de calidad automatizado, identificado en empresas como Deliflor y Grupo Chía. A través de sistemas de visión artificial y análisis de imágenes, estas empresas pueden evaluar características físicas de las flores, como el tamaño, el color, la simetría y la ausencia de defectos. Este tipo de tecnología permite estandarizar la calidad del producto, reducir errores humanos y garantizar el cumplimiento de los estándares exigidos por los mercados internacionales.

Asimismo, el análisis de datos y la predicción de la demanda se posicionan como aplicaciones estratégicas dentro del sector. Empresas como Deker Flowers y Black River Flowers utilizan herramientas de análisis de datos para identificar patrones de producción, comportamiento del mercado y tendencias de consumo. Mediante el uso de algoritmos de machine learning, estas organizaciones pueden anticipar variaciones en la demanda internacional, lo que les permite ajustar su producción y optimizar su cadena de suministro.

En el ámbito logístico, se identificó el uso de inteligencia artificial para la optimización de procesos de distribución y exportación, especialmente en empresas como Flores El Trigal y Manzanares. Estas herramientas permiten mejorar la planificación de rutas, reducir tiempos de entrega y minimizar pérdidas asociadas a la manipulación de productos perecederos.

Adicionalmente, la inteligencia artificial se utiliza en la detección temprana de plagas y enfermedades, mediante sistemas que analizan imágenes y datos de los cultivos para identificar

anomalías. Esta capacidad de detección temprana permite implementar acciones correctivas de manera oportuna, reduciendo pérdidas y mejorando la productividad.

Otra aplicación emergente corresponde al uso de asistentes digitales y plataformas de gestión agrícola, que integran información de diferentes áreas de la empresa y facilitan la toma de decisiones en tiempo real. Estas herramientas permiten mejorar la coordinación entre las diferentes etapas del proceso productivo y fortalecer la eficiencia organizacional.

Foto 2. Uso de tecnologías inteligentes en la producción florícola



Fuente: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRbIdVtOxuyfhTR7a8iBStWt-MWxMMDw6btXA&s>

3.2.2. Identificar herramientas y tecnologías de IA usadas o potencialmente aplicables en la floricultura

La implementación de inteligencia artificial en el sector floricultor está sustentada en una amplia variedad de tecnologías que, en conjunto, conforman un ecosistema digital orientado a la optimización de los procesos productivos.

En primer lugar, los sensores inteligentes y el Internet de las Cosas constituyen la base de la agricultura de precisión. Estos dispositivos permiten recolectar datos en tiempo real sobre las condiciones del entorno, lo que facilita la toma de decisiones informadas. Su uso es fundamental en sistemas de riego automatizado y monitoreo ambiental.

El Big Data y la analítica avanzada permiten procesar grandes volúmenes de información generados por los sensores y otras fuentes de datos. Estas herramientas permiten identificar patrones, tendencias y correlaciones que no serían evidentes mediante métodos tradicionales.

El machine learning y los algoritmos predictivos permiten desarrollar modelos que anticipan eventos futuros, como cambios climáticos, aparición de plagas o variaciones en la demanda. Estas tecnologías son clave para reducir la incertidumbre y mejorar la planificación productiva.

La visión artificial, mediante el uso de cámaras y software de análisis de imágenes, permite automatizar procesos de control de calidad, clasificación y selección de productos.

Los drones agrícolas representan una tecnología emergente que permite realizar monitoreo aéreo de los cultivos, identificar zonas afectadas y optimizar la aplicación de insumos.

Los sistemas de riego inteligente integran sensores y algoritmos para optimizar el uso del agua, ajustando automáticamente la cantidad y frecuencia del riego según las condiciones del cultivo.

Los sistemas ERP agrícolas permiten integrar información de diferentes áreas de la empresa, facilitando la gestión de la producción, los inventarios y la logística.

La robótica agrícola incluye el uso de maquinaria automatizada para la siembra, cosecha, clasificación y empaque de flores, lo que reduce la dependencia de mano de obra y mejora la eficiencia operativa.

Cuadro 3. Tecnologías de inteligencia artificial aplicadas en la floricultura y su uso

Tecnología de Inteligencia Artificial	Aplicación en la Floricultura
Sensores IoT	Monitoreo ambiental de temperatura, humedad y condiciones del cultivo
Big Data	Análisis de grandes volúmenes de datos productivos y climáticos
Machine Learning	Predicción de plagas, enfermedades y rendimiento de cultivos
Visión artificial	Control de calidad de flores mediante análisis de imágenes
Drones	Supervisión aérea de cultivos y detección de problemas en plantaciones
ERP agrícola	Gestión integral de producción, inventarios y logística
Robótica	Automatización de procesos agrícolas y manejo de cultivos

Fuente: Elaboración propia, (2026)

El análisis evidencia que, aunque algunas empresas han comenzado a implementar estas tecnologías, su adopción aún es parcial, lo que limita el potencial de la inteligencia artificial en el sector.

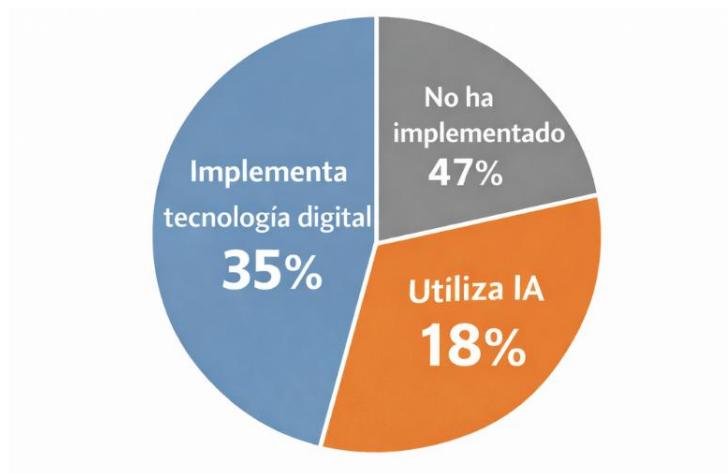
3.2.3. Determinar los retos y limitaciones en la implementación

No obstante, el análisis también evidenció que la adopción de tecnologías basadas en inteligencia artificial enfrenta diversos desafíos dentro de las pymes floricultoras. Entre las principales barreras identificadas se encuentran los costos de implementación de las tecnologías, la necesidad de capacitación técnica del personal y la limitada disponibilidad de infraestructura tecnológica en algunas zonas rurales. Estas limitaciones reflejan la necesidad de fortalecer los programas de apoyo institucional orientados a promover la transformación digital dentro del sector agrícola.

A pesar de estas dificultades, los actores entrevistados coinciden en señalar que la inteligencia artificial representa una herramienta clave para mejorar la eficiencia productiva y fortalecer la competitividad internacional del sector floricultor evidencias de las entrevistas (GRAFICO 7) En consecuencia, los resultados obtenidos permiten afirmar que la adopción de tecnologías digitales puede contribuir significativamente a optimizar los procesos productivos y logísticos dentro de las Pymes exportadoras de flores, dando respuesta al segundo objetivo específico de la investigación.

La información recopilada a través de entrevistas, encuestas permitió evidenciar que la incorporación de herramientas de inteligencia artificial en las Pymes floricultoras del Oriente Antioqueño aún se encuentra en una fase incipiente, aunque con un alto potencial de crecimiento. Aproximadamente el 35% de los actores entrevistados afirmó haber implementado algún tipo de tecnología digital avanzada en sus procesos productivos, mientras que solo un 18% indicó utilizar herramientas con componentes de inteligencia artificial, lo que refleja un nivel bajo de adopción tecnológica en el sector.

Gráfico 7. Implementación de tecnología digitales o IA



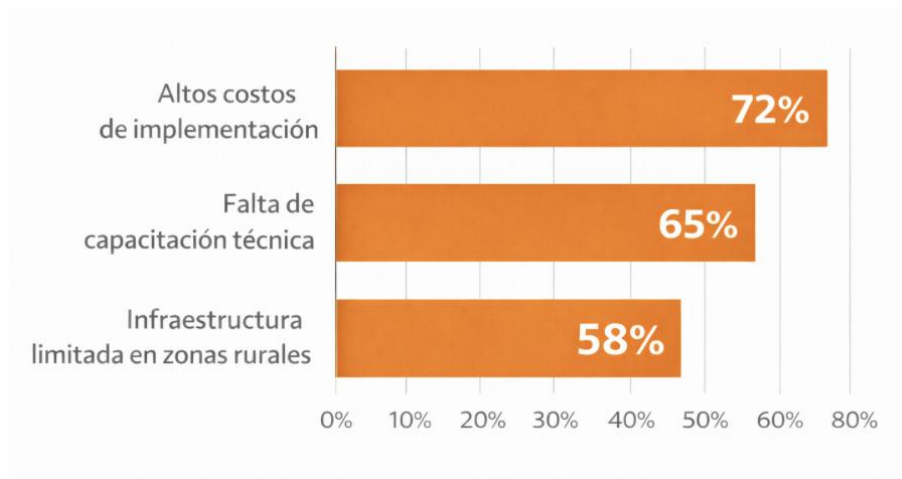
Fuente: Elaboración propia, (2026)

No obstante, a pesar de esta limitada implementación, los resultados evidencian que las empresas que han comenzado a incorporar tecnologías digitales presentan mejoras significativas en su eficiencia operativa. En particular, el uso de sensores para el monitoreo de variables ambientales ha permitido optimizar el uso del agua y los fertilizantes, reduciendo desperdicios y mejorando la calidad de los cultivos. Este tipo de herramientas permite tomar decisiones basadas en datos en tiempo real, lo que reduce la incertidumbre y mejora la planificación de la producción.

En este contexto, se identificó que la inteligencia artificial puede desempeñar un papel fundamental en el análisis predictivo de la producción agrícola. Por ejemplo, mediante el uso de algoritmos de machine learning, es posible anticipar condiciones climáticas adversas, detectar enfermedades en los cultivos y estimar la demanda internacional, lo que permite a las empresas ajustar sus procesos productivos de manera más eficiente. Esta capacidad de anticipación representa una ventaja competitiva significativa en un mercado global altamente dinámico.

Asimismo, el análisis evidenció que la implementación de sistemas de trazabilidad digital contribuye a mejorar la transparencia en la cadena de suministro, lo cual es un requisito cada vez más exigido por los mercados internacionales. En este sentido, las empresas que utilizan herramientas digitales para registrar y monitorear sus procesos productivos tienen mayores posibilidades de cumplir con estándares internacionales y generar confianza en los compradores.

Sin embargo, también se identificaron importantes barreras para la adopción de estas tecnologías. El 72% de los entrevistados señaló que los altos costos de implementación representan el principal obstáculo, seguido por la falta de capacitación técnica del personal (65%) y la limitada infraestructura tecnológica en zonas rurales (58%). Estas limitaciones evidencian que la transformación digital del Sector requiere no solo inversión económica, sino también el fortalecimiento del capital humano y el acceso a recursos tecnológicos adecuados.

Gráfico 8. Pregunta 10 del anexo

Fuente: Elaboración propia, (2026)

A pesar de estos desafíos, los resultados sugieren que existe una percepción positiva frente al uso de la inteligencia artificial en el sector floricultor. La mayoría de los actores entrevistados coincide en que la adopción de estas tecnologías puede contribuir significativamente a mejorar la productividad, reducir costos y fortalecer la competitividad internacional. En este sentido, la inteligencia artificial se posiciona como una herramienta estratégica para la modernización del sector.

En términos de competitividad internacional, se identificó que las empresas que han incorporado herramientas digitales presentan una mayor capacidad de respuesta frente a las exigencias del mercado global. Esto se traduce en una mejora en los tiempos de entrega, una mayor consistencia en la calidad de los productos y una mejor gestión de los procesos logísticos. De esta manera, la adopción de tecnologías basadas en inteligencia artificial no solo optimiza los procesos internos, sino que también fortalece la posición competitiva de las empresas en el mercado internacional.

En conclusión, los resultados obtenidos permiten afirmar que la inteligencia artificial representa un factor clave para la transformación productiva del sector floricultor. Aunque su implementación aún es limitada, su potencial para mejorar la eficiencia operativa, optimizar el uso de recursos y

fortalecer la competitividad internacional es significativo, dando cumplimiento al segundo objetivo específico de la investigación.

En este orden de ideas, la inteligencia artificial no solo representa una herramienta tecnológica, sino un factor transformador de los modelos productivos tradicionales. Su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos y generar predicciones permite optimizar la toma de decisiones en tiempo real, lo que resulta fundamental en sectores altamente variables como el agrícola (OECD, 2019). De esta manera, la incorporación de estas tecnologías se convierte en un elemento clave para cerrar brechas de productividad y posicionar a las pymes floricultoras en escenarios internacionales más exigentes y competitivos.

3.3 integración de economía circular e inteligencia artificial como motor de competitividad internacional

La integración de la economía circular (EC) con la inteligencia artificial (IA) representa una oportunidad estratégica para fortalecer la competitividad internacional de los sectores productivos, particularmente en actividades agroindustriales como la floricultura. Mientras la economía circular promueve el uso eficiente de los recursos, la reducción de residuos y la reutilización de materiales dentro de los procesos productivos, la inteligencia artificial permite optimizar la toma de decisiones mediante el análisis de grandes volúmenes de datos, la automatización de procesos y la generación de predicciones sobre variables productivas y ambientales. En conjunto, estas herramientas contribuyen al desarrollo de modelos productivos más eficientes, sostenibles y adaptables a las exigencias del mercado global, donde la sostenibilidad y la trazabilidad se han convertido en factores determinantes para la competitividad.

En el sector floricultor del Oriente Antioqueño, la incorporación de tecnologías basadas en inteligencia artificial puede fortalecer significativamente las prácticas de economía circular ya existentes. A través de sistemas de monitoreo inteligente es posible optimizar el uso del agua, fertilizantes y energía en los cultivos, reduciendo desperdicios y mejorando la eficiencia productiva. De igual manera, el análisis predictivo permite anticipar enfermedades en los cultivos,

optimizar los ciclos de producción y mejorar la planificación logística de las exportaciones, lo cual contribuye a disminuir pérdidas y aumentar la calidad del producto final.

Asimismo, la digitalización de los procesos productivos facilita la recopilación y el análisis de información en tiempo real sobre el uso de los recursos, la generación de residuos y el desempeño productivo. Esto permite implementar estrategias de mejora continua orientadas a fortalecer la sostenibilidad y la eficiencia dentro de las empresas floricultoras. En este sentido, la integración entre economía circular e inteligencia artificial favorece la transición hacia sistemas productivos más resilientes frente a los cambios del entorno económico, tecnológico y ambiental.

De cara al año 2026, la articulación entre sostenibilidad e innovación tecnológica representa una oportunidad clave para fortalecer la competitividad internacional del sector floricultor antioqueño. Las empresas que logren integrar estas estrategias estarán en mejores condiciones para responder a las crecientes exigencias del mercado global, consolidar su posicionamiento en cadenas de valor internacionales y contribuir al desarrollo de un modelo productivo más eficiente y ambientalmente responsable.

Cuadro 4. Impacto de la integración entre economía circular e inteligencia artificial en el sector floricultor

Integración EC + IA	Impacto
Sensores + reutilización de agua	menor consumo hídrico
IA predictiva	reducción de pérdidas
trazabilidad digital	acceso a mercados internacionales

Fuente: Elaboración propia, (2026)

3.3.1. Explicar cómo la integración de la economía circular y la IA genera valor agregado

El análisis de los resultados obtenidos durante el proceso de investigación permitió identificar que la integración de prácticas de economía circular con herramientas basadas en inteligencia artificial

puede generar importantes beneficios para las Pymes floricultoras del Oriente Antioqueño. La articulación entre sostenibilidad ambiental e innovación tecnológica permite mejorar simultáneamente la eficiencia productiva, la gestión de los recursos naturales y la capacidad de adaptación de las empresas frente a las exigencias del comercio internacional.

En este contexto, la inteligencia artificial actúa como un facilitador clave para la implementación de estrategias de economía circular. El uso de sensores, sistemas de monitoreo y herramientas de análisis de datos permite identificar patrones de consumo de recursos como agua, energía y fertilizantes, facilitando la adopción de estrategias orientadas a su optimización y reutilización. De esta manera, la tecnología no solo mejora la eficiencia operativa de los procesos productivos, sino que también potencia el impacto de las prácticas sostenibles dentro de las empresas.

Otro aspecto relevante corresponde a la mejora en los procesos de trazabilidad. A través de herramientas digitales es posible registrar y monitorear información detallada sobre cada etapa del proceso productivo, lo que permite garantizar transparencia en la cadena de suministro y facilitar el cumplimiento de los estándares internacionales exigidos por los mercados de exportación. Este elemento resulta particularmente importante en un contexto donde los consumidores valoran cada vez más los productos sostenibles y responsables con el medio ambiente.

Asimismo, los resultados evidencian que las empresas que combinan estrategias de sostenibilidad con tecnologías digitales presentan mayores niveles de eficiencia y competitividad. Estas organizaciones logran reducir costos operativos, mejorar la calidad de sus productos y diferenciarse en mercados internacionales cada vez más exigentes, fortaleciendo así su posicionamiento dentro de las cadenas globales de valor.

No obstante, para que esta integración sea efectiva es necesario fortalecer diversos factores estructurales que faciliten la adopción conjunta de estas estrategias dentro de las Pymes. Entre ellos se destacan el acceso a financiamiento para proyectos de innovación, la formación de talento humano especializado y el desarrollo de políticas públicas orientadas a promover la transformación digital del sector agroindustrial.

En términos prospectivos, los resultados sugieren que hacia el año 2026 la integración entre economía circular e inteligencia artificial se consolidará como un factor determinante para la competitividad internacional del sector floricultor. Las empresas que logren adaptarse a estas tendencias tendrán mayores oportunidades de acceder a mercados internacionales, mejorar su rentabilidad y consolidarse como organizaciones sostenibles e innovadoras.

En consecuencia, la articulación entre sostenibilidad e innovación tecnológica representa una oportunidad estratégica para transformar el sector floricultor del Oriente Antioqueño. Esta integración no solo permite mejorar la eficiencia productiva y reducir el impacto ambiental, sino también generar valor agregado y diferenciación en los mercados internacionales, dando cumplimiento al tercer objetivo específico de la investigación.

Foto 3. Integración de tecnologías digitales en la agricultura sostenible



Fuente: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTHZSfLgste0rn3HhibdN9G6enhCVW01qk8xQ&s>

3.3.2 Conclusión

En síntesis, los resultados de la investigación evidencian que la integración entre economía circular e inteligencia artificial constituye una estrategia clave para fortalecer la competitividad internacional del sector floricultor del Oriente Antioqueño. La articulación entre sostenibilidad ambiental e innovación tecnológica permite mejorar la eficiencia productiva, optimizar la gestión de los recursos naturales y generar valor agregado dentro de las cadenas globales de valor.

De cara al año 2026, las empresas que logren integrar estas estrategias estarán mejor posicionadas para responder a las exigencias de sostenibilidad, trazabilidad y calidad de los mercados internacionales. En consecuencia, la combinación de prácticas de economía circular con herramientas basadas en inteligencia artificial no solo contribuye a reducir los impactos ambientales del sector, sino que también se consolida como un motor de innovación y diferenciación competitiva dentro del mercado global.

4. Discusión

4.1 Aspectos relevantes

Los resultados obtenidos en la investigación permiten evidenciar que la adopción de prácticas de economía circular y la incorporación de herramientas digitales asociadas a la inteligencia artificial representan factores estratégicos para fortalecer la competitividad internacional de las pymes floricultoras del oriente antioqueño. En este sentido, el análisis realizado permitió identificar tendencias importantes relacionadas con la sostenibilidad productiva, la eficiencia en el uso de recursos y la transformación tecnológica del sector.

En primer lugar, se identificó que las empresas floricultoras han comenzado a implementar progresivamente estrategias orientadas a la optimización de recursos naturales, especialmente en el manejo eficiente del agua, el aprovechamiento de residuos orgánicos y la gestión adecuada de insumos agrícolas. Estas prácticas no solo contribuyen a reducir el impacto ambiental de la producción floricultora, sino que también permiten mejorar la eficiencia operativa y disminuir los costos asociados a los procesos productivos.

Asimismo, el estudio evidenció que las exigencias ambientales y de sostenibilidad provenientes de los mercados internacionales se han convertido en un factor determinante para la adopción de modelos productivos más responsables. En este contexto, las certificaciones ambientales y los estándares internacionales han impulsado a las empresas del sector a incorporar prácticas

sostenibles como parte de sus estrategias competitivas, con el fin de mantener su participación dentro de los mercados globales.

Por otra parte, los resultados muestran que la incorporación de herramientas digitales y tecnologías relacionadas con la inteligencia artificial aún se encuentra en una etapa inicial dentro de las pymes floricultoras analizadas. No obstante, las experiencias identificadas demuestran que el uso de sensores, sistemas de monitoreo ambiental y herramientas de análisis de datos puede contribuir significativamente a optimizar la toma de decisiones productivas, mejorar la eficiencia en el uso de recursos y fortalecer los sistemas de trazabilidad exigidos por los mercados internacionales.

En conjunto, estos hallazgos evidencian que la integración de estrategias de sostenibilidad ambiental con procesos de innovación tecnológica constituye una alternativa con alto potencial para mejorar el posicionamiento internacional del sector floricultor del oriente antioqueño.

4.2 Revisión de la literatura

Los resultados obtenidos en la investigación coinciden con diversos planteamientos presentes en la literatura académica sobre economía circular, transformación digital y competitividad internacional.

En primer lugar, los hallazgos relacionados con la adopción de prácticas de economía circular se alinean con lo planteado por Kirchherr, Reike y Hekkert (2017), quienes señalan que este modelo busca optimizar el uso de los recursos mediante la reducción, reutilización y reciclaje de materiales dentro de los procesos productivos. En el caso del sector floricultor analizado, la reutilización del agua y el aprovechamiento de residuos orgánicos constituyen ejemplos claros de la aplicación de estos principios dentro de los sistemas productivos.

De igual manera, Geissdoerfer et al. (2017) destacan que la economía circular no solo contribuye a reducir los impactos ambientales de las actividades productivas, sino que también puede generar beneficios económicos para las empresas al mejorar la eficiencia en el uso de los recursos. Los resultados obtenidos en esta investigación confirman esta perspectiva, al evidenciar que las

prácticas circulares permiten disminuir costos operativos y facilitar el cumplimiento de estándares ambientales exigidos por los mercados internacionales.

En relación con la competitividad internacional, Porter (1990) sostiene que las empresas logran ventajas competitivas sostenibles cuando desarrollan capacidades diferenciadoras que les permiten responder de manera efectiva a las exigencias del mercado. En este sentido, la incorporación de estrategias de sostenibilidad y tecnologías digitales puede convertirse en un factor diferenciador para las pymes floricultoras dentro de las cadenas globales de valor.

Por otra parte, los resultados relacionados con la adopción de inteligencia artificial en el sector agrícola coinciden con lo planteado por Russell y Norvig (2020), quienes señalan que las tecnologías basadas en inteligencia artificial permiten analizar grandes volúmenes de información y optimizar la toma de decisiones dentro de las organizaciones. Asimismo, estudios recientes sobre agricultura digital indican que el uso de sensores, sistemas de monitoreo ambiental y herramientas de análisis predictivo puede mejorar significativamente la productividad y la eficiencia en los sistemas agrícolas (OECD, 2019).

En consecuencia, la literatura revisada respalda los hallazgos de la investigación al evidenciar que la combinación de modelos productivos sostenibles y tecnologías digitales puede generar nuevas oportunidades de innovación y competitividad para las empresas del sector agroindustrial.

4.3 Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, se plantean diversas recomendaciones orientadas a fortalecer la adopción de prácticas de economía circular y tecnologías de inteligencia artificial dentro del sector floricultor del oriente antioqueño.

En primer lugar, resulta fundamental fortalecer los programas de capacitación y formación técnica dirigidos a empresarios, gerentes y trabajadores del sector, con el fin de mejorar las capacidades relacionadas con la implementación de estrategias de sostenibilidad y transformación digital. La

formación en temas como gestión eficiente de recursos, agricultura de precisión y análisis de datos puede facilitar la adopción de tecnologías innovadoras dentro de las pymes.

En segundo lugar, se recomienda promover el desarrollo de programas de financiamiento e incentivos económicos que faciliten la inversión en infraestructura tecnológica y en proyectos de sostenibilidad ambiental. El acceso a recursos financieros constituye uno de los principales factores que condiciona la implementación de modelos productivos innovadores dentro de las pequeñas y medianas empresas.

Asimismo, es importante fortalecer la articulación entre el sector empresarial, las instituciones académicas y las entidades gubernamentales, con el propósito de fomentar la investigación aplicada y el desarrollo de soluciones tecnológicas adaptadas a las necesidades del sector floricultor.

Finalmente, se recomienda impulsar políticas públicas orientadas a promover la transformación digital del sector agroindustrial, así como el desarrollo de iniciativas que faciliten la adopción de modelos de economía circular dentro de las cadenas productivas agrícolas.

5. Conclusiones

- La economía circular demostró ser una estrategia con impacto real en las pymes floricultoras del oriente antioqueño. Más que un concepto teórico, se traduce en prácticas concretas que mejoran la eficiencia productiva y reducen la presión sobre los recursos naturales.
- Prácticas como la reutilización del agua, el aprovechamiento de residuos orgánicos y el uso eficiente de insumos agrícolas tienen un efecto directo en la competitividad internacional: facilitan el cumplimiento de estándares ambientales que los mercados globales exigen cada vez con más fuerza.
- Las herramientas digitales y la inteligencia artificial tienen un potencial significativo para transformar la operación del sector floricultor. El monitoreo de cultivos, el análisis de datos y los sistemas de trazabilidad son áreas donde ya se observan mejoras concretas en las empresas que las han adoptado.

- El camino no está libre de obstáculos. El financiamiento sigue siendo una barrera real, la infraestructura tecnológica en zonas rurales es limitada y muchas empresas aún no cuentan con personal formado para gestionar estas herramientas. Atender estos puntos será clave para que la transformación sea efectiva y no quede en discurso.

- Combinar economía circular e inteligencia artificial no es una apuesta futurista: es una necesidad presente. Las empresas que logren integrar estas dos dimensiones estarán mejor equipadas para competir en mercados internacionales que ya no admiten productores que no puedan demostrar eficiencia y responsabilidad ambiental.

REFERENCIAS

Asocolflores. (2023). Sostenibilidad y competitividad del sector floricultor colombiano. <https://www.asocolflores.org>

Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. W. W. Norton & Company.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). (2025). *Tecnologías 4.0 e inteligencia artificial: Transformando la investigación agropecuaria en Colombia*. <https://www.agrosavia.co>

Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. *Harvard Business Review*, 96(1), 108–116.

Dunning, J. H. (1993). *Multinational enterprises and the global economy*. Addison-Wesley.
Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition*. <https://ellenmacarthurfoundation.org>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). *Sustainable floriculture: A practical guide*. FAO. <https://www.fao.org>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *Sustainability in floriculture value chains*. FAO. <https://www.fao.org>

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy: A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 70–90. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

Krugman, P. (1994). Competitiveness: A dangerous obsession. *Foreign Affairs*, 73(2), 28–44.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). Transformación digital y sostenibilidad en el sector agropecuario colombiano. <https://www.minagricultura.gov.co>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2024). La inteligencia artificial como motor del desarrollo del sector agropecuario. <https://www.mintic.gov.co>

OECD. (2019). Artificial intelligence in society. OECD Publishing. <https://www.oecd.org>

Porter, M. E. (1990). *The competitive advantage of nations*. Free Press.

Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2011). Creating shared value. *Harvard Business Review*, 89(1–2), 62–77.

ProColombia. (2022). El sector floricultor colombiano y la sostenibilidad en los mercados internacionales. <https://www.procolombia.co>

Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.

Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading digital: Turning technology into business transformation*. Harvard Business Review Press.

World Economic Forum. (2020). Artificial intelligence in agriculture: Applications and impact. <https://www.weforum.org>

World Bank. (2020). Harvesting prosperity: Technology and productivity growth in agriculture. World Bank. <https://www.worldbank.org>

Pretty, J. (2018). Sustainable intensification of agriculture. *Nature Sustainability*, 1(1), 4–5. <https://doi.org/10.1038/s41893-017-0005-7>

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming: A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>

Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2019). *Creating shared value: How to reinvent capitalism and unleash a wave of innovation and growth*. Harvard Business Review Press.

DANE. (2023). Estadísticas del sector floricultor colombiano. <https://www.dane.gov.co>

Wilson, M., et al. (2022). The role of Artificial Intelligence in supporting the transition to a Circular Economy. Esta fuente te sirve para explicar cómo los algoritmos optimizan el uso de recursos.

Nobree, C., & Tavares, E. (2021). *The Sustainable Flower Industry: Circular Economy and Digital Transformation*. Ideal para tu contexto específico de floricultura.

Kirchherr, J., et al. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. (Ya lo tienes mencionado, pero asegúrate de usarlo para definir por qué elegiste el enfoque de "Reducir y Reutilizar").

Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Úsalo para sustentar por qué la sostenibilidad ahora es una ventaja competitiva y no solo un costo.

ANEXO GUIÓN ENTREVISTAS

ESCUELA DE ECONOMÍA, ADMINISTRACIÓN Y NEGOCIOS CONSENTIMIENTO INFORMADO

El objetivo de este cuestionario es evaluar.

Se garantiza el derecho a la intimidad, guardando la información suministrada bajo el secreto de confidencialidad y ética profesional y el tratamiento de la información recolectada, de acuerdo con la Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013 de protección de Habeas Data.

Los datos personales o profesionales no serán divulgados por ningún motivo o medio de comunicación, de tal forma que sólo el equipo encargado de la evaluación los conocerá. Sólo el equipo evaluador (estrictamente responsable del estudio) podrá acceder a su identidad verdadera (si usted voluntariamente la suministra) para poder localizarle en caso de que las evaluaciones detecten alguna anomalía o inconsistencia, por eso se piden datos personales (voluntario). La información se utilizará para fines académicos (trabajo de grado).

Dirigido a:

Directivos, gerentes de producción, responsables de exportación y encargados de sostenibilidad de pymes floricultoras del oriente antioqueño.

Objetivo del instrumento:

Recolectar información cualitativa sobre la adopción de prácticas de economía circular y herramientas de inteligencia artificial, así como su incidencia en la competitividad internacional de las pymes floricultoras.

Preguntas:

¿Cómo describiría las principales prácticas de sostenibilidad implementadas actualmente en su empresa?

¿Qué acciones relacionadas con la economía circular se han adoptado en los procesos productivos (reutilización de recursos, manejo de residuos, optimización de insumos)?

¿Cuáles han sido los principales beneficios obtenidos a partir de la implementación de estas prácticas?

¿Qué dificultades o barreras ha enfrentado la empresa para adoptar modelos de economía circular?

¿La empresa utiliza actualmente herramientas digitales o tecnologías basadas en inteligencia artificial en sus procesos productivos o logísticos?

En caso afirmativo, ¿qué tipo de herramientas utiliza y con qué finalidad?

¿Considera que el uso de tecnologías digitales o de inteligencia artificial ha contribuido a mejorar la eficiencia productiva o la calidad de los productos?

¿De qué manera estas prácticas y tecnologías han influido en el acceso o permanencia en los mercados internacionales?

¿Qué factores considera necesarios para fortalecer la adopción de la economía circular y la inteligencia artificial en el sector floricultor?

Desde su experiencia, ¿cómo visualiza el futuro de la competitividad internacional del sector floricultor del oriente antioqueño a partir de 2026?

