

15.

ALFABETIZACIÓN DIGITAL PARA HORTICULTURA DE INVERNADERO APLICANDO INTELIGENCIA ARTIFICIAL CON METODOLOGÍAS ACTIVAS

Jesús Alfonso Torres Ortega⁷⁶

Maynor Alirio Gaitán Hernández⁷⁷

Edwin Arias Cruz⁷⁸

Daniel Felipe Daza Robayo⁷⁹

Corporación Universitaria Minuto de Dios

⁷⁶ Ingeniero Químico, Magíster en Ingeniería Química, Doctor en Ingeniería
Docente investigador Escuela de Ingenierías, Zipaquirá, Colombia
jesus.torres.o@uniminuto.edu, itorresortega@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4476-0816>

⁷⁷ Ingeniero Industrial, Magíster en Innovación Educativa
Investigador Corporación Universitaria Minuto de Dios, Escuela de Ingenierías, Zipaquirá, Colombia
maynor.gaitan@uniminuto.edu, maynor.gaitan.h@uniminuto.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6790-1403>

⁷⁸ Ingeniero de Sistemas, Especialista en Informática para la Innovación Educativa, Maestrante en Innovación Pedagógica
Investigador Corporación Universitaria Minuto de Dios, Escuela de Ingenierías, Zipaquirá, Colombia
Fundación Universitaria del Área Andina, Facultad de Educación, Bogotá, Colombia
edwin.arias.c@uniminuto.edu, earias70@estudiantes.areandina.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7922-6801>

⁷⁹ Corporación Universitaria Minuto de Dios, Escuela de Ingenierías, Zipaquirá, Colombia
daniel.daza.r@uniminuto.edu, pipedazar@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8206-878X>

Ingeniero Industrial, maestrante en Gestión de Suministro y Gestión de Proveedores

1. INTRODUCCIÓN

La floricultura constituye uno de los sectores más representativos y estratégicos de la economía agroindustrial colombiana, destacándose por su participación en las exportaciones no tradicionales y su impacto en la generación de empleo rural, particularmente en el departamento de Cundinamarca. En la región Sabana Centro que agrupa los municipios de Cajicá, Chía, Cogua, Cota, Gachancipá, Nemocón, Sopo, Tabio, Tenjo, Tocancipá, y Zipaquirá, este renglón no solo representa una fuente significativa de ingresos, sino también un ecosistema productivo que articula pequeños, medianos y grandes productores bajo una dinámica de alta competitividad y exigencia ambiental, el sector enfrenta múltiples desafíos asociados con la sostenibilidad ambiental, la productividad y la eficiencia en el uso de los recursos naturales, factores como la degradación del suelo, el uso intensivo de agua, la generación de residuos orgánicos y plásticos, los costos energéticos y la dependencia de insumos externos han puesto en evidencia la necesidad de repensar los modelos de producción, además de la presión por adaptarse a las nuevas exigencias del mercado globalizado, que demanda productos con mayor valor agregado, trazabilidad y baja huella ambiental.

En suma, el proyecto se plantea como una respuesta estratégica y multidimensional a las demandas actuales de la quinta revolución industrial, relacionada como una etapa en donde se logra articular la automatización con máquina-humano y sostenibilidad, haciendo énfasis en la economía circular y resiliencia productiva; por cuanto su ejecución contribuirá en el mediano plazo, no solo al fortalecimiento de la competitividad y sostenibilidad regional, sino también al avance de la bioeconomía y la innovación tecnológica en Colombia, en concordancia con los lineamientos de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC 2030), el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Educación de calidad (ODS 4), Agua limpia y saneamiento (ODS 6), Producción y consumo responsables (ODS 12) y Acción por el clima (ODS 13).

En este contexto, la economía circular se presenta como un enfoque metodológico idóneo para impulsar la transición hacia sistemas productivos más sostenibles, eficientes y resilientes. Este paradigma propone sustituir el modelo lineal de

“producir, usar y desechar” por un ciclo regenerativo que maximice el aprovechamiento de materiales, minimice los residuos y promueva la innovación en los procesos. Su integración en la floricultura de Sabana Centro puede generar oportunidades significativas para optimizar el uso de insumos, reducir costos y mejorar la competitividad empresarial. Asimismo, la incorporación de herramientas de inteligencia artificial (IA) ofrece un soporte técnico y analítico sin precedentes para la toma de decisiones en la gestión productiva. Mediante el uso de algoritmos predictivos, análisis de datos y modelos de optimización, es posible identificar patrones de rendimiento, anticipar escenarios de riesgo y diseñar estrategias más eficientes para el manejo de recursos y residuos. En combinación con el enfoque circular, la IA se convierte en un instrumento clave para la innovación tecnológica en el agro. Sin embargo, la adopción efectiva de estas tecnologías requiere no solo de infraestructura, sino también de procesos formativos que promuevan el aprendizaje significativo y la apropiación tecnológica.

En síntesis, este trabajo explora la importancia de fortalecer la alfabetización digital mediante el uso de IA y propone una ruta pedagógica que contribuye a impulsar la innovación, mejorar la productividad y promover un desarrollo agrícola más inteligente, eficiente y resiliente., resaltando el vacío que se encuentran en los modelos integrales que articulen la economía circular, inteligencia artificial mediante metodologías activas para los cultivadores de Sabana Centro potenciando la productividad sostenible y la competitividad del sector, integrando conocimiento científico, transformación digital y compromiso ambiental hacia un modelo circular e inteligente de desarrollo regional.

2. MARCO TEÓRICO

Las metodologías activas buscan aprendizaje en contextos reales, así pues “Una Metodología Activa es un proceso interactivo basado en la comunicación profesor-estudiante, estudiante-estudiante, estudiante-material didáctico y estudiante-medio, que potencia la implicación responsable de este último y conlleva la satisfacción y enriquecimiento de docentes y estudiantes” (López, F.,2005). La interacción con el entorno, el aprendizaje que involucra los sentidos permite aprehensión del

conocimiento y aplicación de este en diferentes contextos. En este sentido, el uso de herramientas al servicio de la pedagogía genera motivación hacia una experiencia de sumergirse en el saber.

Dentro de las metodologías activas, se evidencian herramientas que permiten desarrollar estrategias para ejecutar en sesiones de clase con variados recursos dentro de la aplicación se tienen en cuenta: Aprendizaje Basado en Proyectos el cual requiere que los estudiantes lleguen a un producto final real mostrando la solución a una problemática planteada del contexto; aprendizaje basado en problemas, enfatizando más en el proceso de aprendizaje que en llegar a un producto final; éstas metodologías se pueden engranar con el aprendizaje cooperativo, es decir se puede trabajar en equipos de esta manera Johson D, et al (1994) afirma “en una situación cooperativa, los individuos procuran obtener resultados que sean beneficiosos para ellos mismos y para todos los demás miembros del grupo” (p.15); así pues se busque un producto en la finalización de la actividad o no se trabaja en grupos en los cuales se aporte la propuesta y la construcción de cada integrante como ficha clave para llegar al cumplimiento del objetivo propuesto. El aprendizaje basado en proyectos es una metodología de adquisición de conocimientos y competencias mediante la elaboración de proyectos, generalmente, en grupos de estudiantes, que dan respuesta a distintos problemas de la vida real. Entonces, cada metodología tiene sus características en cuanto a enfoque, producto, proceso y rol del docente, aquí una comparación realizada por el Instituto Tecnológico de Monterrey en la Tabla 1.

Tabla 1. «Edu Trends | Aprendizaje Basado en Retos». Esta tabla ha sido extraída del documento <https://observatorio.itesm.mx/edutrendsabr>.

Técnica	Aprendizaje basado en proyectos	Aprendizaje basado en problemas	Aprendizaje basado en retos
Aprendizaje	Los estudiantes construyen a través de una tarea	Los estudiantes adquieren nueva información a través	Los estudiantes trabajan con maestros y expertos

	<p>específica (Swiden, 2013). Los conocimientos adquiridos se aplican para llevar a cabo el proyecto asignado.</p>	<p>del aprendizaje autodirigido en problemas diseñados (Boud, 1985, en Savin-Baden y Howell Major, 2004)</p>	<p>en sus comunidades, en problemáticas reales, para desarrollar un conocimiento más profundo de los temas que están estudiando. Es el propio reto lo que detona la obtención de nuevo conocimiento y los recursos o herramientas necesarios.</p>
Enfoque	<p>Enfrenta a los estudiantes a una situación problemática relevante y predefinida, para la cual se demanda una solución (Vicerrectoría de Normatividad Académica y Asuntos Estudiantiles, 2014).</p>	<p>Enfrenta a los estudiantes a una situación problemática relevante y normalmente ficticia, para la cual no se requiere una solución real (Larmer, 2015).</p>	<p>Enfrenta a los estudiantes a una situación problemática relevante y abierta, para la cual se demanda una solución real.</p>

Producto	Se requiere que los estudiantes generen un producto, presentación, o ejecución de la solución (Larmer, 2015).	Se enfoca más en los procesos de aprendizaje que en los productos de las soluciones (Vicerrectoría de Normatividad Académica y Asuntos Estudiantiles, 2014).	Se requiere que estudiantes creen una solución que resulte en una acción concreta.
Proceso	Los estudiantes trabajan con el proyecto asignado de manera que su abordaje genere productos para su aprendizaje (Moursund, 1999).	Los estudiantes trabajan con el problema de manera que se ponga a prueba su capacidad de razonar y aplicar su conocimiento para ser evaluado de acuerdo con el nivel de aprendizaje (Barrows y Tamblyn, 1980).	Los estudiantes analizan, diseñan, desarrollan y ejecutan la mejor solución para abordar el reto en una manera que ellos y otras personas pueden verlo y medirlo.
Rol del profesor	Facilitador y administrador de proyectos (Jackson, 2012).	Facilitador, guía, tutor o consultor profesional (Barrows, 2001 citado en Ribeiro y Mizumaki, 2005)	Coach, co-investigador y diseñador (Baloian, Hoeksema, Hoppe y Milrad, 2006)

Desde una perspectiva conceptual, Deterding et al. (2011) definen la gamificación como “el uso de elementos de diseño de juegos en contextos ajenos al juego”, enfatizando que no se trata de convertir actividades en juegos completos, sino de

integrar componentes que aumenten la motivación y la participación. Entre estos elementos se destacan los puntos, insignias, niveles, recompensas, desafíos, retroalimentación inmediata, tableros de clasificación y narrativas interactivas (Werbach & Hunter, 2012).

Los principios del aprendizaje significativo y del aprendizaje experiencial respaldan el uso de la gamificación en educación, al permitir que el estudiante experimente reflexione y construya conocimientos desde la interacción activa (Kolb, 1984). Investigaciones recientes destacan que la gamificación mejora el compromiso, la retención del conocimiento, la resolución de problemas y la persistencia en tareas complejas, especialmente cuando se combina con tecnologías digitales y metodologías activas (Domínguez et al., 2013; Hamari, Koivisto & Sarsa, 2014). En síntesis, la gamificación representa una estrategia poderosa para potenciar el aprendizaje, la motivación y el compromiso, siempre que se base en teorías psicológicas sólidas, principios de diseño de juegos y una implementación pedagógica adecuada.

La inteligencia artificial (IA) es un campo interdisciplinario que busca desarrollar sistemas capaces de realizar tareas que tradicionalmente requieren inteligencia humana, como el razonamiento, el aprendizaje, la percepción y la toma de decisiones. Sus fundamentos se encuentran en áreas como la computación, las matemáticas, la estadística, la neurociencia y la filosofía de la mente. Uno de los aportes teóricos más influyentes lo presenta Russell y Norvig (2021), quienes definen la IA como el diseño de agentes inteligentes, es decir, sistemas capaces de percibir su entorno y actuar de manera racional para maximizar sus objetivos. Esta perspectiva permite clasificar la IA en enfoques basados en reglas, aprendizaje automático, agentes autónomos y sistemas híbridos.

El auge reciente de la IA se debe en gran medida al deep learning, un enfoque basado en redes neuronales profundas que permite procesar grandes volúmenes de datos y reconocer patrones complejos. Goodfellow, Bengio y Courville (2016) explican que estas redes imitan, de manera simplificada, el funcionamiento del cerebro humano mediante capas interconectadas capaces de abstraer representaciones jerárquicas. La IA también abarca subcampos como la visión por

computador, el procesamiento de lenguaje natural (PLN), la robótica autónoma y los sistemas expertos. En el ámbito del PLN, Jurafsky y Martin (2023) señalan que los modelos de lenguaje actuales utilizan arquitecturas avanzadas —como transformadores— que permiten tareas de comprensión, generación y análisis semántico a gran escala.

Proyección de Crecimiento del Mercado



Figura 1. CAGR 4% (2025-2034) - Crecimiento sostenido pero moderado. Requiere inversiones en eficiencia y diferenciación para capturar valor.

El sector floricultor colombiano ha sido objeto de múltiples investigaciones orientadas a mejorar la productividad y sostenibilidad de sus procesos, dado su papel estratégico en la economía nacional. Según Ceniflores (2021), Colombia es el segundo exportador mundial de flores, con una participación cercana al 15% del mercado global, concentrando la mayor parte de su producción en la región de la Sabana de Bogotá y, en particular, en Sabana Centro, la cual lidera la producción nacional con un 70 % de flores de corte que tienen como destino el exterior (Sánchez y Pyszczek, 2022) y se proyecta un crecimiento sostenido del sector (véase Fig. 1). No obstante, la alta competitividad del mercado internacional ha impulsado la necesidad de adoptar tecnologías sostenibles que reduzcan costos, aumenten la eficiencia y garanticen el cumplimiento de estándares ambientales (Sánchez y Reyes, 2020).

La región Sabana Centro de Cundinamarca, localizada al norte de Bogotá, constituye una de las zonas de mayor dinamismo económico y productivo del departamento. Está conformada por once municipios: Cajicá, Cota, Chía, Cogua,

Gachancipá, Nemocón, Sopó, Tabio, Tenjo, Tocancipá y Zipaquirá. Este territorio se caracteriza por su alta concentración de actividades industriales, logísticas y agropecuarias, en particular la floricultura, la cual ocupa una porción significativa del suelo rural y genera miles de empleos directos e indirectos, en particular en temporadas especiales con altas demandas de tallos para consumo nacional e internacional (véase Fig. 2).

Estacionalidad de Demanda

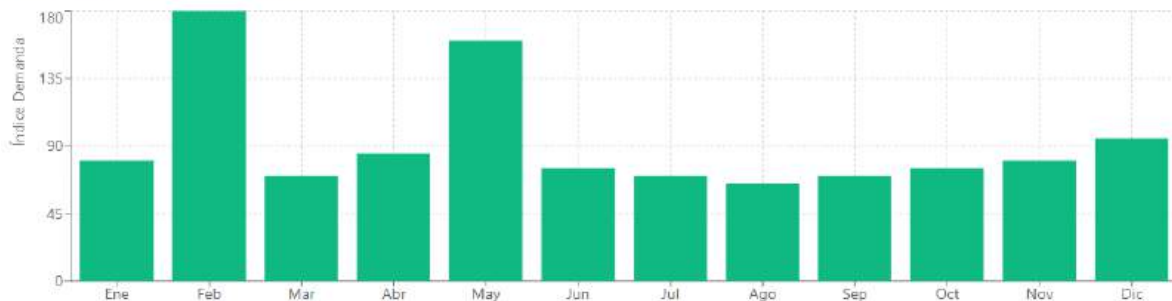


Figura 2. Picos Críticos: San Valentín (febrero): +125% demanda, Día de las madres (mayo): +100% demanda. Recomendación: Implementar modelos predictivos (IA) y contratos logísticos estacionales.

El clima templado de la Sabana, la disponibilidad relativa de agua y la cercanía a los centros de exportación han favorecido la consolidación de un clúster floricultor de relevancia nacional. Según datos de Rodríguez y Russi (2021) y el MADR y UPRA (2023), más del 60% de las empresas floricultoras de Cundinamarca se ubican en esta región, aportando un valor considerable al PIB agrícola y posicionando a la zona como referente de innovación en producción y comercialización de flores de corte. Sin embargo, este mismo desarrollo ha generado presiones significativas sobre el entorno natural, especialmente en términos de uso de agua, calidad del suelo, residuos agroindustriales y emisiones derivadas del transporte.

En el plano ambiental, varios estudios coinciden en que la economía circular aplicada a la agricultura puede incrementar la productividad hasta en un 25%, al tiempo que reduce los costos operativos y la huella de carbono (Kalra et al. (2023);

Sánchez y Montero (2024); Ayure (2025)). De acuerdo con la FAO (2023) es posible la determinación y evaluación de innovaciones incipientes en las que se aplican métodos combinados de recopilación de datos y consultas de expertos mediante valoraciones de diversos investigadores o mediante procesos de consultas de expertos para evaluar y clasificar la madurez de una cartera de tecnologías e innovaciones.

3. METODOLOGÍA

En la Tabla 2 se presenta un resumen de las fases planteadas.

Tabla 2. Fases del desarrollo del proyecto.

Fase	Acción general	Tareas específicas de gestión
1	Documentación y diagnóstico general de los viveros	Levantar inventario de viveros (ubicación, especies, infraestructura, recursos tecnológicos y conectividad).
		Diseñar y aplicar instrumentos de recolección (listas de chequeo, fichas técnicas, encuestas, guías de observación).
		Registrar prácticas actuales de riego, nutrición, control de plagas y manejo de residuos.
		Identificar problemas prioritarios por vivero (sobre/infra riego, mortalidad, baja germinación, uso ineficiente de insumos).
		Sistematizar la información en una base de datos que servirá como insumo para los modelos de IA y para el rediseño pedagógico.
2	Adaptación de metodologías activas e IA al contexto de los viveros	Seleccionar metodologías activas pertinentes (ABP, gamificación, aprendizaje basado en retos, proyectos en el vivero) y contextualizarlas a los ciclos de cultivo.
		Definir casos de uso concretos de IA en viveros (predicción de riego, alertas de plagas/estrés, análisis de crecimiento).

		Diseñar flujos de trabajo pedagógico–técnicos donde estudiantes y docentes recolecten, registren y analicen datos.
		Seleccionar herramientas tecnológicas viables (sensores de humedad, termohigrómetros, cámaras, hojas de cálculo, notebooks).
		Elaborar protocolos de uso de datos y dispositivos (qué se mide, con qué frecuencia, quién registra y valida).
3	Pruebas de adecuación y adaptación de metodologías e IA	Ajustar las secuencias didácticas (tiempos de explicación, trabajo en vivero, análisis de resultados).
		Aplicar instrumentos de evaluación de usabilidad y aceptación (encuestas, grupos focales con estudiantes, docentes y técnicos).
		Revisar calidad de datos, reentrenar y calibrar los modelos (umbrales de riego, criterios de alerta, etc.).
		Documentar incidencias, mejoras sugeridas y lecciones aprendidas de la fase piloto.
4	Implementación de IA en viveros evidenciando eficiencia y optimización	Escalar las soluciones validadas a más viveros, formalizando protocolos operativos (registro de datos, revisión de indicadores, toma de decisiones).
		Definir e implementar indicadores de desempeño (eficiencia hídrica, supervivencia de plántulas, tiempos de detección de problemas, participación).
		Desarrollar e impartir capacitaciones continuas en uso responsable de IA y lectura de resultados.
		Generar informes comparativos antes/después y portafolio de buenas prácticas (casos de éxito, guías, videos, plantillas).

	Establecer un esquema de seguimiento y mejora continua del sistema de gestión del vivero apoyado en IA y metodologías activas.
--	--

Las técnicas e instrumentos de recolección de información que acompañaron el desarrollo de la investigación fueron encuestas a gerentes, técnicos y operarios de empresas floricultoras; entrevistas a representantes de asociaciones gremiales y entidades ambientales; observación directa de procesos productivos, como fuentes primarias mientras que para las secundarias se realiza una revisión de informes de Asocolflores, MADR, MADS, Minciencias, entre otros y literatura académica sobre economía circular e inteligencia artificial en agroindustria, a través de cuestionarios estructurados, guías de entrevista, fichas de observación y matrices de análisis comparativo. La información cuantitativa será procesada mediante herramientas estadísticas (SPSS, Excel, Python) y técnicas de modelado con IA (clustering, regresión, redes neuronales). Los datos cualitativos se analizan con enfoque de análisis de contenido y codificación temática utilizando software como NVivo o ATLAS.ti. Los resultados son triangulados para garantizar la validez y confiabilidad del estudio.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnóstico integral del sistema productivo floricultor

El diagnóstico integral del sistema productivo floricultor debe abordar desde la estructura organizativa y procesos hasta la gestión ambiental, social y económica. Según Ayure Garzón (2025) y otros estudios, la aplicación de Sistemas Integrados de Gestión (ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001) es fundamental para identificar fortalezas, debilidades y oportunidades que permitan mejorar la calidad, seguridad, salud laboral y mitigación ambiental. En este sentido, el diagnóstico incluirá aspectos como consumo eficiente de agua, manejo de residuos, controles fitosanitarios, uso racional de agroquímicos y optimización de recursos energéticos, con indicadores medibles y sistemas de monitoreo digital apoyados en IA (véase Fig. 3). Además, la caracterización socioeconómica del sector revelará el impacto

en generación de empleo, acceso a mercados y sentido de asociatividad, aspectos clave para el desarrollo competitivo sostenible del sector (Avendaño et al., 2023).

Áreas Prioritarias de Inversión

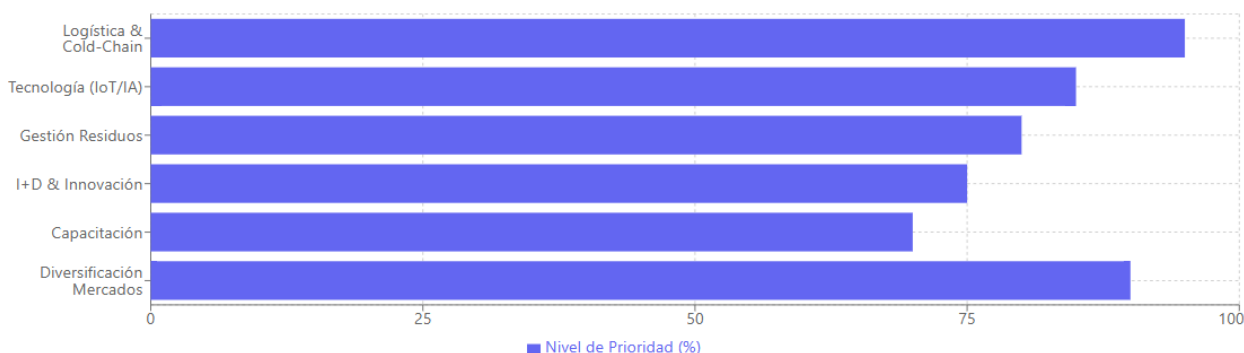


Figura 3. Recomendaciones Clave: Modernización logística: cold-chain y puntos de consolidación, Pilotos tecnológicos: riego de precisión, sensores IoT, Diversificación de mercados: Europa y Asia, Fondo regional de innovación agro florícola. Elaboración propia.

4.2. Modelos de circularidad y eficiencia basados en IA

Desde la gestión del agua mediante sensores y riego inteligente, hasta la valorización de residuos orgánicos para compostaje o biogás (Sánchez y Montero, 2024), la IA facilitará la toma de decisiones y automatización de procesos. Según Ayure (2025) y Córdoba y Osorio (2025), estas tecnologías también pueden optimizar la logística de distribución, minimizando pérdidas y emisiones asociadas a transporte. La combinación de algoritmos de análisis de datos y modelación de escenarios generará una reducción significativa del impacto ambiental, optimizando insumos y favoreciendo un ciclo productivo ininterrumpido bajo el enfoque de economía circular (Ovalle et al., 2023).

Modelos aplicables de inteligencia artificial para optimizar la circularidad y eficiencia en la floricultura incluyen:

- Modelos predictivos basados en aprendizaje automático para anticipar necesidades hídricas, riego inteligente y prevención de plagas, aplicando

análisis de datos de sensores en tiempo real para optimizar recursos y minimizar desperdicios.

- Algoritmos de optimización logística que analizan variables como tráfico, condiciones climáticas y demanda para planificar rutas de distribución eficientes y precisas, reduciendo tiempos de entrega, costos y huella ambiental.
- Sistemas de análisis de ciclo de vida y modelos para la gestión integral de residuos, que utilizan IA para clasificar, reciclar y valorizar subproductos de la floricultura, fomentando la economía circular mediante el aprovechamiento de biomasa y residuos orgánicos.
- Redes neuronales y modelos de machine learning para monitoreo continuo y adaptativo del sistema productivo, facilitando toma de decisiones automatizada para maximizar eficiencia energética, reducir uso de agroquímicos y optimizar la productividad sostenible.

4.3. Estrategias de intervención sostenible validadas y transferibles

Las estrategias de intervención desarrolladas serán pilotadas y validadas en regiones representativas, con enfoque en mejorar la eficiencia hídrica, reducir residuos y optimizar la producción mediante biotecnologías y bioinsumos (véase Fig. 4).

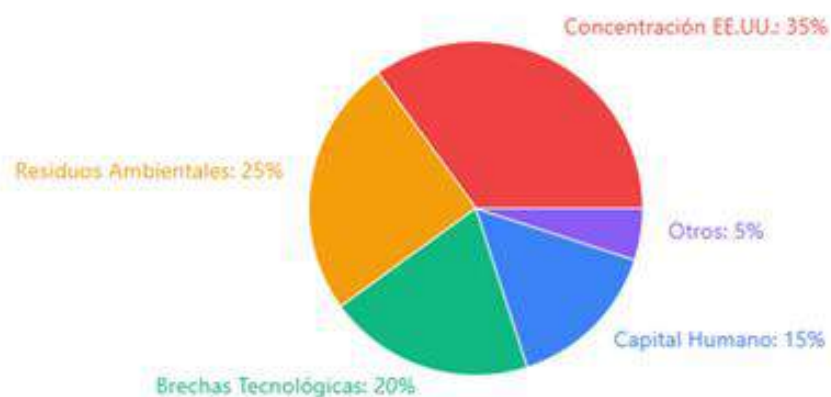


Figura 4. Principales riesgos vs estrategias de mitigación. Alta dependencia mercado USA / Apertura comercial a nuevos mercados; Residuos agroquímicos sin tratamiento / Plantas regionales de tratamiento; Baja adopción tecnológica / Programas de extensión técnica. Elaboración propia.

Estudios como los de Villarreal Usaquén (2022) resaltan la importancia de prácticas agroecológicas adaptadas al contexto local, promoviendo la formación y asociatividad de productores para facilitar la transferencia de conocimiento. La replicabilidad de estas estrategias asegurará su escalabilidad y sostenibilidad económica y ambiental, contribuyendo a la reducción de plaguicidas tóxicos (Bolaño Munive) y fortaleciendo cadenas de valor más resilientes (Pinzón et al., 2022). Así se contribuye al bienestar social, incrementando empleos verdes y desarrollando un sector más competitivo en mercados internacionales (Córdoba y Osorio, 2025).

4.4. Contribución al fortalecimiento de políticas regionales de economía circular y desarrollo sostenible

Los resultados del diagnóstico y la validación de modelos y estrategias aportarán evidencia científica y técnica para el diseño y fortalecimiento de políticas públicas que promuevan una floricultura sostenible y circular. Tal como destacan Sánchez y Montero (2024), esta información impactará en la formulación de agendas ambientales y económicas, alineadas con compromisos nacionales de reducción de emisiones y carbono neutralidad (Kalra et al., 2023). Además, la articulación entre actores privados, gubernamentales y comunitarios será clave para la adopción de marcos regulatorios que incentiven innovaciones tecnológicas, bioinsumos y educación rural, cerrando brechas de conocimiento y promoviendo una economía verde inclusiva (Karen Villarreal, 2022; Metroflor, 2025). Así, el proyecto respaldará el posicionamiento de Colombia como potencia mundial en floricultura sostenible (Rovensia Next Latam, 2025).

6. CONCLUSIONES

La alfabetización digital con IA y metodologías activas es clave para cerrar la brecha tecnológica en el sector floricultor de Sabana Centro. El documento identifica que los pequeños y medianos productores presentan una baja adopción de tecnologías digitales y de inteligencia artificial. La propuesta formativa basada en metodologías activas (ABP, gamificación, aprendizaje basado en retos y proyectos reales en invernadero) permite que trabajadores, técnicos y estudiantes se apropien de manera práctica y significativa de herramientas como sensores IoT, visión artificial y modelos predictivos, logrando un aprendizaje contextualizado y duradero.

La integración de inteligencia artificial mejora sustancialmente la eficiencia, sostenibilidad y resiliencia de los invernaderos hortícolas. Se demuestra que el uso de IA (modelos predictivos de riego y nutrición, detección temprana de plagas mediante visión artificial, optimización logística y gestión de residuos) puede reducir significativamente el consumo de agua, energía y agroquímicos, al tiempo que incrementa la productividad y la capacidad de respuesta ante picos de demanda y riesgos ambientales, contribuyendo directamente a un modelo de economía circular. Las metodologías activas son el vehículo pedagógico idóneo para lograr una verdadera apropiación tecnológica en contextos rurales. El capítulo enfatiza que enfoques como el Aprendizaje Basado en Proyectos, el trabajo colaborativo y la gamificación generan mayor motivación, retención del conocimiento y transferencia inmediata al entorno productivo real de los viveros, superando las limitaciones de la formación tradicional teórica y permitiendo que los participantes construyan conocimiento a partir de la práctica y la reflexión.

El proyecto propone una ruta concreta y escalable que articula formación, tecnología y economía circular, alineada con políticas nacionales y los ODS. La iniciativa se presenta como una respuesta estratégica a la quinta revolución industrial y a instrumentos como la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC 2030), el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 y los ODS 4, 6, 12 y 13. Ofrece un modelo replicable de diagnóstico, pilotaje, implementación y mejora continua que puede transformar la floricultura de Sabana Centro (y potencialmente de otras regiones) en un clúster más inteligente, competitivo y sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo, C. E., Duque Flórez, M. A., Mazo, G. E., Ruiz Flórez, F.E., & Pulgarín, J. A. (2019). *Análisis de la industria de las flores en Colombia*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/27469/gemazor.pdf>
- Asocolflores. (2024). *Informe de logros* [Comunicado]. <https://cecodes.org.co/asocolflores-informe-de-sostenibilidad/>
- Avendaño Ruiz, B. D., Sierra López, O. A., & Cabezas Mora, W. F. (2023). *Competitividad de las empresas exportadoras de flores cortadas desde Colombia en el mercado de Estados Unidos de América, 2000–2019*. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 24(2), Article e2278. https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:2278
- Ayure Garzón, E. J. (2025). *Perspectivas de investigación y desarrollo de tecnología agrícola para la floricultura en Colombia: Una apuesta por el aumento de la competitividad mediante la gestión ambiental* [Trabajo de especialización, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional UMNG. <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/04b8b7cd-ae11-430f-aa06-156f469f0f22/content>
- Ceniflores. (2021). *Sector floricultor*. <https://ceniflores.org/sector-floricultor/>
- Córdoba, D., & Osorio, F. (2025). *Informe especial: Las flores en tiempos de San Valentín: La importancia estratégica de la floricultura colombiana*. Corficolombiana. <https://investigaciones.corfi.com/documents/38211/0/2025-02-02-14%20Informe%20Especial%20Flores%20F.pdf>
- Deci, E., & Ryan, R. (2000). Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. American Psychologist, 55(1), 68–78. https://selfdeterminationtheory.org/SDT/documents/2000_RyanDeci_SDT.pdf

- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamification”. Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Domínguez, A., et al. (2013). Gamifying Learning Experiences: Practical Implications and Outcomes. *Computers & Education*, 63, 380–392. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.020>
- Escobar Iza, R. D., Maliza Bedon, D. S., & Cadena Moreano, J. A. (2021). *Análisis de suelos utilizando redes neuronales en las florícolas de rosas del sector norte de la provincia de Cotopaxi*. *RECIMUNDO*, 5(2), 316–330. [https://doi.org/10.26820/recimundo/5.\(2\).abril.2021.316-330](https://doi.org/10.26820/recimundo/5.(2).abril.2021.316-330)
- Expert Market Research. (2024). Mercado de la floricultura en Colombia – Por tipo de producto (flores cortadas, flores sueltas); por tipo de flor (rosas, crisantemos, claveles, alstroemerias, hortensias, lirios, otros); por aplicación (aplicaciones estéticas y decorativas, sabores y fragancias, colores naturales, medicinas, otros); dinámica del mercado (2025-2034) y panorama competitivo*. <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-la-floricultura-en-colombia>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *Presentación de perspectivas de las tecnologías y la innovación en los sistemas agroalimentarios - 2022*. <https://doi.org/10.4060/cc2506es>
- Flórez, V. J. (Ed.). (2021). *Productos relevantes del proyecto Fortalecimiento de la competitividad del sector floricultor colombiano mediante el uso de ciencia, tecnología e innovación aplicadas en Cundinamarca*. (Vol. 91). Ediciones Unisalle. <https://ciencia.lasalle.edu.co/libros/91>
- Gaitán Hernández M.A., De La Cruz R (2024). Aplicación de metodologías activas en el Gimnasio Moderno Santa Bárbara. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9772309>

- Ghezzi, P., Hallak, J., Stein, E., Ordóñez, R., & Salazar, L. (2022). *Competir en la agroindustria: Estrategias empresariales y políticas públicas para los desafíos del siglo XXI*. Banco Interamericano de Desarrollo BID.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press. <https://mitpress.ublish.com/ebook/deep-learning-preview/107/v>
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does Gamification Work? A Literature Review of Empirical Studies on Gamification. Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>
- Herrera Herrera, H., Blanco Herrera, D., & Hernández Santiago, F. (2024). *Evaluación de riesgos cibernéticos en la seguridad de la información en el sector de la floricultura enfocado al Internet de las Cosas (IoT)*. Apuntes de Ciencia e Ingeniería, 3(1), Article A3. <https://doi.org/10.37511/apuntesci.v3n1a3>
- Jurafsky, D., & Martin, J. (2023). Speech and Language Processing (3rd ed.). Prentice Hall. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3970727>
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., y Holubec, E. J. (1994). El aprendizaje cooperativo en el aula. Editorial Paidós. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/1626-2019-03-15-JOHNSON%20El%20aprendizaje%20cooperativo%20en%20el%20aula.pdf>
- Kalra, N., Molina-Pérez, E., Syme, J., Esteves, F., Cortés, H., Rodríguez-Cervantes, M. T., Espinoza-Juárez, V. M., Jaramillo, M., Alatorre, C., Buttazzoni, M., & Vogt-Schilb, A. (2023). *Costos y beneficios de lograr la carbono-neutralidad en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo - BID. <https://doi.org/10.18235/0005330>
- Kolb, D. (1984). Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development. Prentice Hall.

<http://www.learningfromexperience.com/images/uploads/process-of-experiential-learning.pdf>

López, F. (2005). Metodologías participativas en la enseñanza universitaria. Narcea.

Lozano García, R. (2024). *El desafío de la productividad en la floricultura colombiana: Análisis y propuestas de mejora*. Revista Metroflor-Agro, (124). <https://www.metroflorcolombia.com/edicion-no-124/>

Metroflor-Agro. (2025, 28 de julio). *Cerrar las brechas de la educación rural, promover la asociatividad y aprovechar la tecnología: la gran oportunidad del sector agrícola colombiano*. Metroflor-Agro, 128, 30–32. <https://www.metroflorcolombia.com/cerrar-las-brechas-de-la-educacion-rural-promover-la-asociatividad-y-aprovechar-la-tecnologia-la-gran-oportunidad-del-sector-agricola-colombiano/>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2024). *Documento técnico: Política pública de agroecología*. <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/Anexo%20Técnico%20-%20Lineamientos%20de%20Política%20Pública.pdf>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural & Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (2023). *Metodología para la identificación de las zonas de protección para la producción de alimentos en la provincia Sabana Centro del departamento de Cundinamarca para la declaratoria de Áreas de Protección para la Producción de Alimentos (APPA)*. <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Proyectos%20Normativos/APPA%20Sabana%20Centro%20Cundinamarca.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC 2030)*. <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/estrategianacional-de-economia-circular/>

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2024). *Ecosistemas territoriales de ciencia, tecnología e innovación*. <https://www.minciencias.gov.co/codecti>

- Ovalle Másmela, J., Romero Perdomo, F., & Uribe Galvis, C. (2023). *Tecnologías emergentes para el agro y su aplicación en Colombia*. AGROSAVIA. <https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/37dbc9f0-ed29-480d-90b1-c0f57712261b/content>
- Perfetti, J. J., Leibovich, J., Delgado, M., & López, E. (2024). *La tierra para uso agropecuario en Colombia: Equidad y productividad*. Fedesarrollo.
- Pinzón Muñoz, C. A., Peña Jiménez, Y. E., Cuarán Ramos, N. L., & Rendón Méndez, A. C. (2022). *Sector floricultor colombiano en los TLC con Canadá y República de Corea*. Podium, 42, 117–136. <https://doi.org/10.31095/podium.2022.42.7>
- Ramírez, A. M., Ortiz, S. A., Romero, F. A., Aguilar, Ó. E., & Uribe, C. P. (2025). *Boletín de indicadores de ciencia, tecnología e innovación del sector agropecuario colombiano: Cifras 2022*. Agrosavia; Octiagro.
- Rodríguez, C. E. M., & Russi, N. Y. Q. (2021). *Resultados de apropiación social de la ciencia, la tecnología y la innovación en el sector floricultor de Cundinamarca. En V. J. Flórez (Ed.), Productos relevantes del proyecto Fortalecimiento de la competitividad del sector floricultor colombiano mediante el uso de ciencia, tecnología e innovación aplicadas en Cundinamarca* (pp. 330–345). Ediciones Unisalle; Ceniflores.
- Rovensa Next. (2025). *Colombia, potencia mundial en floricultura: Crecimiento, sostenibilidad e innovación*. Rovensa Next Latam. <https://www.rovensanext-latam.com/es-co/noticias/floricultura-colombiana/>
- Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Pearson. https://books.google.com.co/books/about/Artificial_Intelligence.html?id=k0FptAEACAAJ&redir_esc=y
- Sánchez, C., & Montero, H. (2024). *Guía ambiental cultivos de flores y especies ornamentales con enfoque de economía circular*. Asocolflores; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/wp->

[content/uploads/2025/01/GUIA-AMBIENTAL-FLORES-Y-
ORMANENTALES DIGITAL-1-1.pdf](https://backend.uniagustiniana.edu.co/server/api/core/bitstreams/c86f7e4c-e2a8-4621-bee5-36add000a90c/content)

Sánchez, L., & Reyes, O. (2020). *Competitividad del sector de la floricultura colombiana a nivel internacional* [Trabajo de grado, Universitaria Agustiniana].

<https://backend.uniagustiniana.edu.co/server/api/core/bitstreams/c86f7e4c-e2a8-4621-bee5-36add000a90c/content>

Sango Viracucha, B. A., Chanaluisa Orellana, C. G., & Llano Casa, A. C. (2021). Sistema inteligente para el análisis de plagas en plantas rosas Freedom aplicando redes neuronales. *RECIMUNDO, 5*(2), 344–357.

[https://doi.org/10.26820/recimundo/5.\(2\).abril.2021.344-357](https://doi.org/10.26820/recimundo/5.(2).abril.2021.344-357)

Sutton, R., & Barto, A. (2018). Reinforcement Learning: An Introduction (2nd ed.). MIT Press.
<https://web.stanford.edu/class/psych209/Readings/SuttonBartoIPRLBook2ndEd.pdf>

Torres Ortega, J. A., & Contento Rodríguez, O. (2020). *Desafíos del aprendizaje digital para la formulación de proyectos pedagógicos en la agroindustria*. Revista Boletín Redipe, 9(4), 162–166.

<https://doi.org/10.36260/rbr.v9i4.956>

Torres Ortega, J. A., Méndez Cárdenas, F., & Contento Rodríguez, O. (2021). *Manejo ambiental de cultivos ornamentales*. En Memorias del XXXVII Congreso Interamericano de AIDIS. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS). Buenos Aires.

Vargas Montaña, S. (2023). *Metodologías de innovación para el sector floricultor en Colombia* [Trabajo de grado, Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito]. Repositorio Escuela Colombiana de Ingeniería.

<https://repositorio.escuelaing.edu.co/server/api/core/bitstreams/82a91ef1-b5f6-4cec-b6df-87170265550d/content>

Villarreal Usaquén, K. (2022). *Estrategias de contribución al desarrollo sostenible en el sector floricultor colombiano* [Trabajo de especialización, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional UMNG.

<https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/e4921e90-d11e-48b6-9a6b-8aa2cb98d167/content>

Werbach, K., & Hunter, D. (2012). For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business. Wharton Digital Press.
<https://www.researchgate.net/publication/273946893> For the Win How Game Thinking can Revolutionize your Business