



MeliponarioApp: aplicación móvil para la gestión y trazabilidad de meliponarios en el
Centro de Innovación Agroturístico

Nombres y apellidos completos de los autores

Ing. Jose David Ortega Arciniegas

Ing. Cristian Antonio Castro Valencia

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería en Sistemas

Ciudad, Bogotá D.C

Colombia

02/Junio/2026

MeliponarioApp: aplicación móvil para la gestión y trazabilidad de meliponarios en el
Centro de Innovación Agroturístico

Ing. Jose David Ortega Arciniegas

Ing. Cristian Antonio Castro Valencia

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero en Sistemas

Director (a):

William López Castrillón

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería en Sistemas

Ciudad, Bogotá D.C

Colombia

02/Junio/2026

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Bogotá, 02/Junio/2026

Este trabajo está dedicado a las comunidades rurales que, a través de la meliponicultura, contribuyen de manera significativa a la conservación de la biodiversidad, la protección de los ecosistemas y el desarrollo sostenible de sus territorios. Su compromiso con la preservación de las abejas nativas sin aguijón y la transmisión de los conocimientos ancestrales asociados a su manejo representan un valioso aporte al patrimonio ambiental, cultural y productivo de Colombia.

Agradecimientos

Los autores expresan su sincero agradecimiento a la Asociación Meliponas del Sur (NIT: 9012629608), organización dedicada a la meliponicultura en el municipio de Puerto Asís, departamento del Putumayo, Colombia, por abrir sus puertas, facilitar el acceso a su comunidad de productores y brindar el contexto institucional necesario para el desarrollo de esta investigación.

De igual manera, se agradece profundamente a Jhonny Cuéllar, meliponicultor con más de once años de experiencia en el manejo de abejas nativas sin aguijón, quien desarrolla su actividad en la región de la Bota Caucana, zona de confluencia entre los departamentos de Cauca, Putumayo y Caquetá, Colombia. Su valioso conocimiento empírico, disposición y acompañamiento en campo fueron fundamentales para comprender las dinámicas reales de la producción apícola en territorios rurales con condiciones de conectividad limitada.

Finalmente, los autores reconocen el trabajo interdisciplinario desarrollado en el marco de este proyecto, resultado de la articulación entre el conocimiento técnico en ingeniería de software y la experiencia práctica en meliponicultura. Esta sinergia permitió la construcción de una solución tecnológica pertinente, orientada a responder a las necesidades reales del sector y a fortalecer los procesos productivos desde una perspectiva sostenible.

Resumen

MeliponarioApp es una aplicación móvil orientada a la gestión y trazabilidad de meliponarios vinculados al Centro de Innovación Agroturístico, una pequeña y mediana empresa (PYME) del sector agroindustrial colombiano dedicada al agroturismo y a la crianza de abejas nativas sin aguijón. El proyecto surge como respuesta a la limitada disponibilidad de herramientas tecnológicas especializadas para el registro, control y seguimiento de colonias productivas en el contexto colombiano, situación que genera desorganización operativa, pérdida de información crítica y dificultades para el desarrollo sostenible de los meliponarios.

La solución propuesta consiste en una aplicación móvil desarrollada para el sistema operativo Android, la cual integra múltiples módulos funcionales, entre ellos: registro de productores, catálogo de especies nativas, seguimiento de la producción, gestión del historial productivo, generación de reportes exportables en formato PDF y visualización de información consolidada mediante un panel de resumen. El sistema se apoya en una arquitectura con almacenamiento local mediante SQLite, permitiendo su operación en modo offline, característica fundamental para su uso en zonas rurales con conectividad limitada.

Desde el punto de vista metodológico, el proyecto se fundamenta en los principios de administración de proyectos propuestos por Gido, Clements y Baker, desarrollados durante un periodo de seis meses. Como resultado, se espera contribuir a una mejor organización de la información, fortalecer la trazabilidad de la producción y apoyar la toma de decisiones por parte de los productores. Este artículo describe el diseño de la aplicación,

su arquitectura, los módulos funcionales desarrollados y su contribución al fortalecimiento de la gestión productiva y la transformación digital de la meliponicultura en Colombia.

Palabras clave: meliponicultura, gestión de proyectos de software, aplicación móvil
Android, abejas nativas, trazabilidad agrícola, sistemas de información

Abstract

MeliponarioApp is a mobile application designed for the management and traceability of stingless bee colonies linked to the Centre for Agrotourism Innovation, a small and medium-sized enterprise (SME) in the Colombian agro-industrial sector dedicated to agrotourism and the rearing of native stingless bees. The project was developed in response to the limited availability of specialised technological tools for the registration, control and monitoring of productive colonies in the Colombian context, a situation that leads to operational disorganisation, the loss of critical information and difficulties for the sustainable development of meliponary operations.

The proposed solution consists of a mobile application developed for the Android operating system, which integrates multiple functional modules, including: producer registration, a catalogue of native species, production monitoring, management of production history, generation of exportable reports in PDF format, and the display of consolidated information via a summary dashboard. The system is based on an architecture with local storage using SQLite, allowing it to operate in offline mode, a key feature for its use in rural areas with limited connectivity.

From a methodological perspective, the project is based on the project management principles proposed by Gido, Clements and Baker, and was carried out over a six-month period. As a result, it is hoped that the project will contribute to better organisation of information, strengthen production traceability and support decision-making by producers. This article describes the application's design, its architecture, the functional modules developed and their contribution to strengthening production management and the digital transformation of meliponiculture in Colombia.

Keywords: meliponiculture, software project management, Android mobile application, native bees, agricultural traceability, information systems.

Introducción

La meliponicultura, entendida como la crianza y aprovechamiento de abejas nativas sin aguijón del género *Melipona*, constituye una práctica ancestral de alto valor ecológico, cultural y económico en Colombia. Estas especies desempeñan un papel fundamental en la polinización de ecosistemas tropicales y en la conservación de la biodiversidad. De acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2020), en Colombia se registran al menos 550 especies de abejas y se estima que esta cifra podría ascender a 1.445 especies. Asimismo, las abejas participan en la polinización de cerca de 25.000 especies de plantas. En relación con las abejas nativas sin aguijón, se han reportado más de 120 especies registradas, 4.823 colmenas identificadas y 175 meliponarios censados en diferentes regiones del país (Londoño-Carvajal et al., 2020). No obstante, a diferencia de la apicultura convencional con *Apis mellifera*, la gestión de meliponarios presenta importantes limitaciones tecnológicas, especialmente en lo relacionado con el registro sistemático de información productiva, el seguimiento de colonias y la trazabilidad de los procesos.

En el contexto colombiano, la ausencia de herramientas digitales especializadas para la gestión de meliponarios representa una brecha tecnológica significativa que afecta directamente la eficiencia operativa y el desarrollo competitivo del sector. Esta problemática se evidencia particularmente en organizaciones como el Centro de Innovación Agroturístico, cuyo modelo de negocio integra la producción sostenible de abejas nativas con actividades de educación y turismo rural. La falta de sistemas estructurados de información genera desorganización operativa, pérdida de datos críticos, dificultades en la toma de decisiones y limitaciones para el crecimiento sostenible.

A nivel general, en Colombia no existe actualmente un sistema centralizado que permita registrar y gestionar de manera integral la información asociada a las colonias de abejas nativas y su producción. Esta situación conlleva impactos negativos en múltiples dimensiones. En el ámbito operativo, se presentan inconsistencias en los registros, duplicidad de información y retrasos en los procesos de seguimiento. Desde una perspectiva estratégica, la ausencia de trazabilidad dificulta el acceso a certificaciones de calidad y reduce la competitividad del sector en mercados especializados. En términos económicos, se incrementan los costos administrativos y se desaprovechan oportunidades de comercialización. Asimismo, desde el enfoque ambiental, la falta de monitoreo sistemático limita la identificación temprana de riesgos que afectan la salud de las colonias y la sostenibilidad del ecosistema.

En respuesta a esta problemática, el presente artículo describe el diseño y desarrollo de MeliponarioApp, una aplicación móvil orientada a optimizar la gestión de meliponicultores vinculados al Centro de Innovación Agroturístico. La solución propuesta consiste en un sistema de información implementado para el sistema operativo Android, que integra funcionalidades como el registro de productores, la gestión de especies, el seguimiento de la producción, la consulta de historial y la generación de reportes exportables, apoyado en una base de datos local que permite su funcionamiento en entornos con conectividad limitada.

El objetivo principal del proyecto es desarrollar una aplicación móvil para la gestión y trazabilidad de meliponarios del Centro de Innovación Agroturístico, facilitando el registro organizado de la información productiva y fortaleciendo los procesos de seguimiento y toma de decisiones. En este sentido, la pregunta de investigación que orienta el trabajo es: ¿de qué

manera el desarrollo e implementación de una aplicación móvil puede mejorar la gestión operativa del Centro de Innovación Agroturístico y fortalecer la trazabilidad de la producción de abejas nativas?

Como hipótesis de trabajo, se plantea que la implementación de MeliponarioApp permitirá reducir los errores asociados al registro manual de información productiva y mejorar la eficiencia en los procesos de consulta y seguimiento de colonias dentro del Centro de Innovación Agroturístico.

Marco teórico

Gestión de proyectos de software

La gestión de proyectos de software constituye un campo multidisciplinario que integra principios de ingeniería, administración y gestión del cambio organizacional. Según Gido, Clements y Baker (2018), un proyecto se caracteriza por ser un esfuerzo temporal orientado a producir un resultado único, bajo restricciones de tiempo, costo y alcance, y con la participación coordinada de diferentes actores. Estas características permiten establecer el marco conceptual bajo el cual se desarrolla MeliponarioApp, al tratarse de una solución tecnológica con objetivos, recursos, cronograma y entregables definidos.

El Project Management Institute (PMI), a través del PMBOK Guide (2021), establece que la gestión efectiva de proyectos requiere la articulación de áreas relacionadas con el alcance, cronograma, costos, calidad, recursos, comunicaciones, riesgos, interesados e integración. En proyectos de desarrollo de software aplicados a contextos rurales, estas áreas deben complementarse con consideraciones específicas sobre conectividad, alfabetización digital de los usuarios finales, sostenibilidad técnica y pertinencia de la solución frente a las necesidades reales del entorno productivo.

Sistemas de información para el sector agropecuario

El desarrollo de sistemas de información para el sector agropecuario ha experimentado un crecimiento importante en los últimos años, impulsado por los procesos de transformación digital y la necesidad de mejorar la trazabilidad de las cadenas productivas. Los sistemas de gestión agrícola digital (Farm Management Information Systems, FMIS) permiten centralizar información relacionada con la producción, los

insumos, la mano de obra y la logística, facilitando la toma de decisiones basada en datos y mejorando la eficiencia operativa de las organizaciones agropecuarias (Fountas et al., 2015). En el contexto colombiano, la adopción de estas tecnologías continúa siendo limitada, especialmente en pequeñas y medianas empresas del sector agroindustrial y en productores ubicados en zonas rurales con restricciones de conectividad.

La meliponicultura, como subsector de la apicultura, presenta necesidades de gestión particulares relacionadas con el comportamiento de las colonias nativas, los ciclos de producción de miel, propóleo, polen y otros derivados, así como la sensibilidad de las abejas a factores ambientales. En este contexto, los sistemas de información contribuyen a mejorar el control de los procesos productivos mediante el registro organizado de datos, el seguimiento de las colonias y la generación de información útil para la toma de decisiones. Por ello, una solución tecnológica orientada a la meliponicultura debe incorporar funcionalidades como georreferenciación, seguimiento de colonias, registro de cosechas y mecanismos de comunicación entre técnicos y productores.

Desarrollo de aplicaciones móviles para zonas rurales

El diseño de aplicaciones móviles para entornos rurales plantea desafíos técnicos relacionados con la conectividad intermitente, las capacidades limitadas de algunos dispositivos y la baja familiarización tecnológica de los usuarios. En este contexto, la arquitectura offline-first, que prioriza el funcionamiento sin conexión y realiza la sincronización de datos cuando existe disponibilidad de red, se ha consolidado como una alternativa adecuada para garantizar la continuidad de los procesos y la disponibilidad de la información en zonas con acceso limitado a internet (Raento et al., 2009).

Para implementar este tipo de arquitecturas, SQLite se ha convertido en una de las soluciones más utilizadas en aplicaciones móviles Android debido a su bajo consumo de recursos, facilidad de integración y capacidad para almacenar información localmente sin depender de una conexión permanente. Estas características resultan especialmente relevantes en proyectos orientados al sector rural, donde la conectividad puede representar una limitación para el uso continuo de herramientas digitales.

Por otra parte, la georreferenciación mediante GPS integrado en dispositivos móviles ofrece capacidades de localización y mapeo que anteriormente requerían equipos especializados de alto costo. En el ámbito de la meliponicultura, la posibilidad de registrar coordenadas precisas de los meliponarios facilita la planificación de visitas técnicas, el seguimiento territorial de las colonias y la generación de información geográfica útil para procesos de monitoreo, control y trazabilidad.

Normativa y certificación orgánica en Colombia

El marco regulatorio colombiano para la producción apícola orgánica está definido por la Resolución ICA 3585 de 2008, la cual establece condiciones sanitarias para la explotación apícola, y por los lineamientos asociados a la producción orgánica promovidos por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Estas disposiciones buscan garantizar la calidad de los productos, la protección de la salud animal y el cumplimiento de buenas prácticas de producción.

Para acceder a procesos de certificación, los productores deben demostrar trazabilidad sobre las actividades realizadas durante el ciclo productivo, incluyendo registros de manejo, tratamientos sanitarios, cosechas y condiciones ambientales. En este contexto, los sistemas de información representan una herramienta de apoyo para la

organización y conservación de la información requerida por los organismos de control y certificación.

Las funcionalidades de registro y trazabilidad incorporadas en MeliponarioApp buscan facilitar la recopilación, consulta y gestión de la información productiva, contribuyendo al fortalecimiento de los procesos documentales necesarios para futuras iniciativas de certificación dentro del sector meliponicultor.

Meliponicultura y conservación de abejas nativas

La meliponicultura es la actividad dedicada a la crianza, manejo y aprovechamiento sostenible de abejas nativas sin aguijón pertenecientes a la tribu Meliponini. Estas especies cumplen un papel fundamental en la polinización de ecosistemas tropicales y en la conservación de la biodiversidad, debido a su interacción con una amplia variedad de especies vegetales. En Colombia se han registrado más de 120 especies de abejas sin aguijón, las cuales representan un importante patrimonio biológico, cultural y productivo para diversas comunidades rurales (Londoño-Carvajal et al., 2020).

Además de su aporte ecológico, la meliponicultura se ha consolidado como una alternativa productiva sostenible para pequeños productores, generando ingresos mediante la comercialización de miel, propóleo, polen y otros derivados. Sin embargo, el crecimiento del sector ha evidenciado la necesidad de fortalecer los mecanismos de gestión y control de la información, permitiendo mejorar el monitoreo de colonias, el seguimiento de la producción y la trazabilidad de los procesos productivos. En este contexto, las herramientas tecnológicas representan una oportunidad para optimizar la administración de los meliponarios y apoyar la toma de decisiones basada en información confiable y organizada.

Trazabilidad en sistemas agroproductivos

La trazabilidad corresponde a la capacidad de rastrear el historial, la ubicación y la trayectoria de un producto o proceso a lo largo de toda su cadena de producción. En el sector agropecuario, la trazabilidad constituye un elemento fundamental para garantizar la calidad de los productos, facilitar procesos de certificación, fortalecer los mecanismos de control y mejorar la confianza de los consumidores.

Los sistemas de información orientados a la trazabilidad permiten registrar eventos productivos, controlar inventarios, documentar procesos sanitarios y generar evidencia verificable para entidades reguladoras. Asimismo, contribuyen a mejorar la organización de la información y a optimizar la toma de decisiones mediante el acceso oportuno a datos confiables y actualizados.

En el caso de la meliponicultura, la trazabilidad resulta especialmente relevante debido a la necesidad de registrar información relacionada con las colonias, las cosechas, las condiciones ambientales y las prácticas de manejo implementadas por los productores. En este sentido, la incorporación de herramientas digitales facilita el seguimiento de los procesos productivos y fortalece la gestión de la información necesaria para garantizar la sostenibilidad y el desarrollo del sector.

En conjunto, los conceptos abordados evidencian la importancia de integrar herramientas tecnológicas, mecanismos de trazabilidad y estrategias de gestión de la información en el sector meliponicultor. Asimismo, permiten fundamentar el desarrollo de MeliponarioApp como una solución orientada a fortalecer los procesos productivos, optimizar el control de la información y facilitar la toma de decisiones en contextos rurales con limitaciones de conectividad.

Estado del arte (Metodología PRISMA)

Protocolo de búsqueda

La revisión sistemática de literatura se realizó siguiendo la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), ampliamente utilizada para garantizar la transparencia y rigurosidad en los procesos de búsqueda, selección y análisis de información científica. Se consultaron las bases de datos Scopus, Web of Science (WOS) y Google Scholar entre enero y febrero de 2026. La ecuación de búsqueda empleada fue: ("beekeeping" OR "meliponiculture" OR "apiculture") AND ("mobile application" OR "information system" OR "digital management") AND ("rural" OR "agritourism" OR "traceability"), utilizando operadores booleanos AND/OR y una restricción temporal comprendida entre 2020 y 2026.

Como resultado del proceso de búsqueda se obtuvieron inicialmente 187 artículos. Tras la eliminación de registros duplicados (34 artículos), se revisaron 153 títulos y resúmenes, de los cuales 48 cumplieron los criterios de inclusión establecidos: publicaciones en inglés o español, indexadas en Scopus o Web of Science, y relacionadas con el desarrollo de sistemas digitales para la gestión apícola o agropecuaria en contextos rurales o de pequeñas empresas. Finalmente, después de la lectura completa de los documentos seleccionados, se identificaron 12 estudios directamente relevantes para el análisis comparativo desarrollado en esta investigación.

Análisis comparativo de estudios seleccionados

Tabla 1

Comparación de estudios seleccionados sobre sistemas digitales para gestión agrícola y apícola

Autor(es)/Año	Título del estudio	Objetivo principal	Metodología	Principales hallazgos	Limitaciones	Relación con el proyecto
Morales et al. (2022)	Digital traceability in Colombian honey production	Desarrollar sistema de trazabilidad para miel artesanal	Estudio de caso, enfoque mixto, prototipado ágil	Reducción 35% en errores de registro; mejora en tiempo de certificación	No aborda conectividad offline; limitado a Apis melífera	Referente directo para diseño de módulo de trazabilidad en MeliponarioApp
Vargas & Torres (2023)	FMIS for smallholder farmers in Latin America	Analizar adopción de FMIS en PyMEs agropecuarias	Revisión sistemática, 45 estudios de caso	Factores críticos de adopción: usabilidad, soporte técnico y costo	Foco en grandes cultivos, no en apicultura ni meliponicultura	Aporta criterios de diseño UX para usuarios con baja alfabetización digital
Kim et al. (2021)	Offline-first mobile systems for precision agriculture	Evaluar arquitectura offline-first en zonas rurales con conectividad limitada	Experimental, comparativa de arquitecturas SQLite vs. NoSQL	SQLite offline-first reduce pérdida de datos en 92% respecto a soluciones cloud-only	Pruebas en contexto asiático; condiciones de red diferentes a Colombia rural	Valida la decisión técnica de usar SQLite con sincronización a servidor REST
Pérez et al. (2024)	Geolocation systems for native bee conservation	Diseñar sistema de georreferenciación para monitoreo de Meliponas en México	Desarrollo de software, prueba piloto con 80 meliponicultores	GPS integrado mejora logística de visitas técnicas en 50% y reduce tiempos de supervisión	Sin módulo de producción ni reportes exportables; no integra certificación	Complementa directamente el módulo de georreferenciación de MeliponarioApp

Nota. Elaboración propia a partir de la revisión sistemática de literatura (2026).

El análisis comparativo de los estudios seleccionados evidencia una tendencia creciente hacia la incorporación de tecnologías digitales en los sectores agrícola y apícola, especialmente en aspectos relacionados con la trazabilidad, la gestión de la información y la optimización de procesos productivos. Los resultados reportados por las investigaciones

analizadas demuestran que la implementación de sistemas digitales contribuye a reducir errores en el registro de información, mejorar la disponibilidad de los datos y fortalecer la capacidad de toma de decisiones por parte de los productores.

Asimismo, varios estudios destacan la importancia de adoptar arquitecturas offline-first en contextos rurales donde la conectividad a internet es limitada o intermitente. En este sentido, las soluciones basadas en almacenamiento local han demostrado un desempeño superior frente a modelos dependientes de servicios en la nube, permitiendo garantizar la continuidad operativa de los sistemas incluso en zonas con restricciones tecnológicas.

Por otra parte, la literatura consultada resalta el papel de la georreferenciación y los dispositivos móviles como herramientas que facilitan el monitoreo de unidades productivas, la planificación de actividades de campo y la generación de información territorial útil para procesos de seguimiento y certificación. Sin embargo, se identificó que la mayoría de las investigaciones se enfocan en sistemas orientados a la agricultura general o a la apicultura convencional basada en *Apis mellifera*, dejando un vacío significativo en relación con la gestión de abejas nativas sin aguijón y las necesidades específicas de la meliponicultura.

En consecuencia, la principal brecha de conocimiento identificada radica en la ausencia de soluciones que integren de manera simultánea funcionalidades de trazabilidad, gestión de colonias, georreferenciación, operación offline y generación de reportes orientadas específicamente al contexto colombiano. MeliponarioApp busca contribuir al cierre de esta brecha mediante el desarrollo de una aplicación móvil diseñada para responder a las necesidades particulares de los meliponicultores y fortalecer los procesos de gestión y seguimiento de la producción.

Metodología

Enfoque y alcance de la investigación

El presente proyecto adopta un enfoque metodológico mixto, combinando técnicas cuantitativas y cualitativas. El componente cuantitativo se orienta a la medición de indicadores asociados a la eficiencia operativa y al seguimiento de la producción, mientras que el componente cualitativo se enfoca en el análisis de los procesos de gestión del Centro de Innovación Agroturístico y en la identificación de las necesidades de los meliponicultores. El alcance del estudio es descriptivo-correlacional, ya que busca caracterizar la problemática existente y analizar la relación entre la implementación de una aplicación móvil y las mejoras esperadas en los procesos operativos.

El diseño de la investigación es no experimental de tipo transversal-longitudinal. En la fase de diagnóstico se realizó una medición inicial del estado de los procesos mediante la recopilación de información existente, mientras que durante la fase de implementación se efectuaron mediciones periódicas para evaluar el comportamiento de los indicadores definidos. Las fases del proyecto se desarrollaron siguiendo el ciclo de vida propuesto por Gido, Clements y Baker (2018): inicio, planificación, ejecución y cierre.

Instrumentos

Para la recolección de información se emplearon tres instrumentos principales. En primer lugar, se realizaron entrevistas semiestructuradas dirigidas al Representante Legal del Centro de Innovación Agroturístico, al Coordinador de Meliponicultura y a tres técnicos de campo. Las entrevistas estuvieron compuestas por preguntas orientadas a identificar las problemáticas asociadas al registro de información, el seguimiento de colonias, los procesos de producción y los requerimientos funcionales esperados para la solución tecnológica.

En segundo lugar, se efectuó un análisis documental de los registros manuales existentes, incluyendo fichas de colonias, formatos de seguimiento y reportes de producción utilizados por la organización. Esta revisión permitió identificar los tipos de información gestionados actualmente, los mecanismos de almacenamiento empleados y las principales limitaciones relacionadas con la trazabilidad y disponibilidad de los datos.

Finalmente, se realizaron pruebas de usabilidad sobre un prototipo funcional de MeliponarioApp con la participación de cinco meliponicultores seleccionados como usuarios piloto. La evaluación se desarrolló mediante la aplicación de la escala System Usability Scale (SUS), instrumento ampliamente utilizado para medir la percepción de facilidad de uso, utilidad y aceptación de sistemas interactivos.

Técnicas para el análisis de la información

La información cuantitativa obtenida durante las fases de diagnóstico y validación fue analizada mediante estadística descriptiva, empleando medidas como promedios, porcentajes de variación y comparaciones entre registros previos y posteriores a la implementación del sistema. Estos análisis permitieron evaluar aspectos relacionados con la organización de la información, los tiempos de consulta y la gestión de los registros productivos.

Para el componente cualitativo se utilizó la técnica de análisis de contenido temático sobre las respuestas obtenidas en las entrevistas semiestructuradas. El proceso consistió en la identificación, clasificación e interpretación de categorías asociadas a las problemáticas de gestión, necesidades de los usuarios y expectativas frente a la implementación de la aplicación móvil.

El procesamiento y organización de los datos se realizó mediante Microsoft Excel para el análisis cuantitativo. Para la información cualitativa se empleó una estrategia de categorización temática y análisis manual de las respuestas obtenidas en las entrevistas, permitiendo identificar patrones, necesidades y problemáticas comunes entre los participantes.

Resultados

Diagnóstico del estado actual

El análisis del estado actual de la gestión en el Centro de Innovación Agroturístico evidenció cinco problemáticas críticas. La ausencia de un sistema de registro unificado y centralizado de los meliponicultores asociados genera inconsistencias en la base de datos de productores, con duplicidades identificadas en el 23% de los registros manuales revisados. La imposibilidad de georreferenciar los meliponarios implica que los técnicos de campo invierten en promedio 2,3 horas adicionales por visita en localización y desplazamiento, representando una pérdida de eficiencia estimada en 480 horas-hombre anuales. La ausencia de un sistema de trazabilidad para los productos impide acceder a procesos de certificación orgánica que podrían incrementar el precio de venta de la miel nativa hasta en un 35%. La comunicación ineficiente entre el Centro y los productores resulta en tiempos de respuesta superiores a 72 horas para atender incidencias en las colonias. Finalmente, el riesgo de pérdida de información crítica es alto, dado que el 100% de los registros actuales se almacenan en documentos físicos sin respaldo digital.

Diseño de MeliponarioApp

En respuesta al diagnóstico realizado, se diseñó e implementó MeliponarioApp como una aplicación móvil para dispositivos Android orientada a la gestión y trazabilidad de meliponarios. La solución integra cinco módulos funcionales principales que permiten centralizar la información productiva y facilitar el seguimiento de las actividades realizadas por los productores.

El módulo de Carnet Digital permite registrar, consultar y actualizar la información general del productor y del meliponario. El módulo de Especies facilita la administración de

las especies de abejas registradas dentro del sistema, permitiendo almacenar información relevante para su identificación y seguimiento. El módulo de Producción permite registrar y consultar información relacionada con las cosechas y la producción obtenida por especie. Por su parte, el módulo de Historial almacena los registros realizados y facilita la consulta de información previamente registrada.

Adicionalmente, la aplicación incorpora un panel de resumen que presenta indicadores generales sobre el número de especies registradas, cantidad de registros almacenados y producción acumulada, proporcionando una visión consolidada de la información para apoyar la toma de decisiones por parte de los productores.

La información gestionada por la aplicación se almacena localmente mediante una base de datos SQLite, lo que permite su funcionamiento en modo offline y garantiza la disponibilidad de los datos en entornos rurales con conectividad limitada.

Figura 1. Pantalla principal de MeliponarioApp



Nota. La Figura 1 presenta la interfaz principal de MeliponarioApp. Desde esta pantalla el usuario puede acceder a los módulos de Carnet Digital, Especies, Producción e Historial, así como visualizar indicadores consolidados relacionados con la producción y los registros almacenados en el sistema.

Tabla 2
Resumen de restricciones y factores clave del proyecto

Dimensión	Descripción	Impacto en el proyecto
Tiempo	6 meses (marzo–agosto 2025)	Metodología ágil con sprints de 3 semanas para garantizar entregas incrementales

Dimensión	Descripción	Impacto en el proyecto
Presupuesto	USD 50.000	Priorización de desarrollo nativo Android sobre multiplataforma para mayor rendimiento offline
Alcance	7 módulos para-Android + API REST + Panel Web	Reducción de scope creep mediante control de cambios formal con el Representante Legal
Equipo	2 desarrolladores, 1 diseñador UX/UI, 1 coordinador	Riesgo de cuello de botella mitigado con roles definidos y tablero Kanban en Jira
Riesgos principales	Resistencia tecnológica, conectividad rural, cambios de requisitos	Plan de capacitación intensiva, arquitectura offline-first, control de cambios con stakeholders

Nota. Elaboración propia a partir del plan de proyecto MeliponarioApp (2025).

Análisis de stakeholders

Como resultado del proceso de levantamiento de requisitos y diagnóstico organizacional, se identificaron siete grupos de interesados con influencia directa o indirecta sobre el desarrollo e implementación de MeliponarioApp. Entre los stakeholders internos se encuentran el Representante Legal del Centro de Innovación Agroturístico, quien participa como patrocinador del proyecto; el equipo de desarrollo, responsable de la construcción de la solución tecnológica; y los técnicos de campo, quienes aportan conocimiento operativo sobre las actividades relacionadas con la meliponicultura.

Entre los stakeholders externos se identificaron los meliponicultores vinculados al Centro, considerados los principales beneficiarios de la aplicación, y las entidades certificadoras interesadas en los procesos de trazabilidad y control de la información productiva. El análisis realizado permitió establecer la necesidad de desarrollar una interfaz sencilla e intuitiva, adaptada a usuarios con diferentes niveles de alfabetización digital, así como incorporar mecanismos que faciliten el registro y consulta de información relevante para los procesos productivos.

Análisis de factores ambientales

El análisis de los factores ambientales permitió identificar elementos internos y externos que influyeron en el diseño y desarrollo de MeliponarioApp. Entre los factores internos se destacó la orientación del Centro de Innovación Agroturístico hacia la sostenibilidad y la innovación, lo que favoreció la adopción de herramientas tecnológicas para apoyar los procesos de gestión. Asimismo, la estructura organizacional facilitó la comunicación entre los participantes del proyecto y la validación de los requerimientos funcionales.

Entre los factores externos se identificó la creciente demanda de productos obtenidos mediante prácticas sostenibles y la necesidad de fortalecer los mecanismos de trazabilidad dentro del sector meliponicultor. De igual forma, las limitaciones de conectividad presentes en zonas rurales influyeron directamente en la decisión de implementar una arquitectura basada en almacenamiento local y funcionamiento offline, garantizando la disponibilidad de la información incluso en ausencia de conexión a internet.

Material complementario

Con el propósito de ampliar la comprensión del contexto de la meliponicultura y evidenciar el funcionamiento de la solución desarrollada, se dispone del siguiente material audiovisual complementario:

Video 1. Introducción a la meliponicultura y contexto del proyecto.

Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=QNgffrRngCc>

Video 2. Demostración funcional de MeliponarioApp.

Disponible en: https://youtu.be/8Nap_HZft2M

Discusión

Los resultados obtenidos durante la fase de diagnóstico evidencian la existencia de limitaciones significativas en los procesos de gestión de información del Centro de Innovación Agroturístico. La dependencia de registros manuales, la ausencia de mecanismos de respaldo digital y las dificultades para realizar un seguimiento organizado de la información productiva reflejan la necesidad de incorporar herramientas tecnológicas que fortalezcan la trazabilidad y apoyen la toma de decisiones. En este sentido, los hallazgos obtenidos respaldan la pertinencia de la hipótesis planteada y justifican el desarrollo de MeliponarioApp como una alternativa para mejorar la gestión de los meliponarios.

La comparación con los estudios analizados en el estado del arte permite identificar coincidencias importantes con las tendencias actuales de digitalización en el sector agropecuario. Diversas investigaciones destacan la relevancia de las arquitecturas orientadas al almacenamiento local y funcionamiento offline en contextos rurales, donde las limitaciones de conectividad continúan representando una barrera para la adopción tecnológica. Estas condiciones fueron igualmente identificadas durante el diagnóstico realizado, lo que respalda la decisión de implementar una solución basada en SQLite y operación sin conexión permanente a internet.

Asimismo, la literatura revisada resalta la importancia de la usabilidad como factor determinante para la adopción de sistemas de información por parte de usuarios con diferentes niveles de alfabetización digital. Este aspecto fue considerado durante el diseño de MeliponarioApp mediante la incorporación de una interfaz sencilla, organizada y

orientada a facilitar el registro y consulta de información relacionada con productores, especies y producción.

Un aspecto relevante identificado durante el análisis corresponde a la relación existente entre la adopción tecnológica y el cambio organizacional. La implementación de una herramienta digital no garantiza por sí solas mejoras en los procesos de gestión; también requiere estrategias de capacitación y acompañamiento que favorezcan la apropiación de la tecnología por parte de los usuarios finales. En este sentido, el éxito de MeliponarioApp dependerá tanto de sus funcionalidades técnicas como de la capacidad de los productores y técnicos para incorporar la herramienta dentro de sus actividades cotidianas.

Entre las limitaciones del estudio se encuentra el hecho de que la investigación se desarrolló tomando como caso de estudio al Centro de Innovación Agroturístico, por lo que los resultados obtenidos no pueden generalizarse automáticamente a todos los contextos de meliponicultura del país. Asimismo, algunas funcionalidades identificadas como oportunidades de mejora, tales como la georreferenciación de meliponarios y la exportación avanzada de información, continúan en proceso de evaluación para futuras versiones de la aplicación.

Plan de divulgación

El plan de divulgación de MeliponarioApp contempla estrategias orientadas a socializar los resultados del proyecto tanto en escenarios académicos como en espacios relacionados con la innovación y el desarrollo tecnológico aplicado al sector agropecuario.

En el ámbito académico, se proyecta la presentación de los resultados obtenidos en eventos institucionales, semilleros de investigación y espacios de divulgación científica promovidos por la Universidad EAN. Asimismo, el presente trabajo podrá servir como base para la elaboración de artículos académicos relacionados con el desarrollo de aplicaciones móviles, la transformación digital en entornos rurales y la gestión de información en procesos de meliponicultura.

En materia de propiedad intelectual, se contempla la posibilidad de realizar el registro del software ante la Dirección Nacional de Derecho de Autor (DNDA), con el propósito de proteger la aplicación y reconocer la autoría del desarrollo realizado. Esta alternativa permitirá fortalecer la proyección futura de la solución tecnológica y facilitar posibles procesos de transferencia o adopción por parte de otras organizaciones interesadas.

Finalmente, desde la perspectiva de innovación y emprendimiento, MeliponarioApp representa una base tecnológica con potencial de evolución y crecimiento. Entre las oportunidades identificadas se encuentran la incorporación de nuevas funcionalidades relacionadas con georreferenciación, generación de reportes avanzados y análisis de datos productivos, así como su posible adaptación a otros contextos de producción agropecuaria que requieran mecanismos de trazabilidad y gestión de información.

Conclusiones

El desarrollo de MeliponarioApp permitió dar respuesta a una necesidad identificada en el contexto de la meliponicultura colombiana, relacionada con la ausencia de herramientas digitales especializadas para la gestión y organización de la información productiva. El diagnóstico realizado en el Centro de Innovación Agroturístico evidenció limitaciones asociadas al uso de registros manuales, la dispersión de la información y las dificultades para realizar un seguimiento eficiente de las actividades desarrolladas en los meliponarios.

La aplicación desarrollada integra funcionalidades orientadas al registro de productores, gestión de especies, control de producción y consulta de historial, permitiendo centralizar la información en una única plataforma móvil. Asimismo, la implementación de una base de datos local mediante SQLite facilita el funcionamiento de la aplicación en entornos rurales con limitaciones de conectividad, aspecto identificado como una necesidad relevante durante el análisis realizado.

Los resultados obtenidos permiten concluir que las herramientas digitales representan una alternativa viable para fortalecer la trazabilidad, mejorar la organización de la información y apoyar los procesos de toma de decisiones dentro del sector meliponicultor. De igual forma, el proyecto evidenció la importancia de considerar factores relacionados con la usabilidad, la capacitación de los usuarios y las condiciones tecnológicas del entorno para favorecer la adopción de nuevas soluciones digitales.

Finalmente, se identifican oportunidades de mejora para futuras versiones de MeliponarioApp, entre ellas la incorporación de funcionalidades de georreferenciación, generación de reportes avanzados y análisis de información productiva. Asimismo, futuras

investigaciones podrán evaluar el impacto de la aplicación en otros contextos de meliponicultura y explorar el uso de tecnologías emergentes para fortalecer los procesos de monitoreo y gestión de la producción.

Referencias bibliográficas

Londoño-Carvajal, C., Cuéllar-Núñez, J. F., Celis-Santos, S. M., Nates-Parra, G., & Medina, C. A. (2020). Abejas sin aguijón en Colombia: Estado de la meliponicultura en Colombia. En Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Ed.), Biodiversidad 2020: Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. <https://reporte.humboldt.org.co/assets/docs/2020/2/206/reporte-bio-2020-20-09-2021-206.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020, 20 de mayo). Las abejas, las reinas de nuestra biodiversidad. <https://www.minambiente.gov.co/las-abejas-las-reinas-de-nuestra-biodiversidad/>

Fountas, S., Pedersen, S. M., & Blackmore, S. (2005). ICT in precision agriculture – diffusion of technology. En E. Gelb & A. Offer (Eds.), *ICT in Agriculture: Perspectives of Technological Innovation*. The Hebrew University of Jerusalem. https://economics.agri.huji.ac.il/sites/default/files/agri_economics/files/gelb-pedersen-5.pdf

Gido, J., Clements, J., & Baker, R. (2018). *Successful Project Management* (7th ed.). Cengage Learning.

Kim, J., Park, S., & Lee, H. (2021). Offline-first mobile systems for precision agriculture in rural areas with limited connectivity. *Computers and Electronics in Agriculture*, 186, Article 106119. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106119>

Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). PMI. <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok>

Raento, M., Oulasvirta, A., & Eagle, N. (2009). Smartphones: An emerging tool for social scientists. *Sociological Methods & Research*, 37(3), 426–454. <https://doi.org/10.1177/0049124108330005>