

Modelo de Desarrollo Empresarial de Agker, una Agtech para Potenciar a Pequeños Campesinos

Agker's Business Development Model, an Agtech to Empower Small Farmers

Meyer Stiven Triana-Mariño ^{1*}, Juan David Fuentes-Puentes ², Alexis Adamy Ortiz-Morales ³, Guillermo Enrique Real-Flórez ⁴

¹ Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Colombia; Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8436-6090>

² Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Colombia; Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-7236-4098>

³ Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Colombia; Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9209-5825>

⁴ Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Colombia; Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-7004-4569>

* Correo para correspondencia: mstrianam@udistrital.edu.co

Resumen

El objetivo de este proyecto es desarrollar un modelo empresarial para la implementación de una plataforma tecnológica que apoye a los campesinos colombianos en la mejora de la eficiencia y calidad de sus procesos productivos mediante el uso de datos. La metodología se basa en la creación de sistemas de información agrícola (AIS) y modelos avanzados de gestión de datos, que recopilan, procesan y analizan grandes volúmenes de información relevante para la toma de decisiones. Los resultados del plan piloto evidencian que la integración de herramientas tecnológicas y ciencia de datos, adaptadas a las necesidades específicas de cada agricultor, permite optimizar el uso de recursos, mejorar la rentabilidad y fortalecer la resiliencia ante variaciones del mercado y el clima. En conclusión, esta iniciativa contribuye al fortalecimiento del sector agrícola y la soberanía alimentaria de Colombia, proporcionando recomendaciones accesibles y prácticas que facilitan la adopción tecnológica por parte de los agricultores. Esto les permite tomar decisiones informadas y estratégicas, impulsando una producción más eficiente y sostenible.

Palabras clave: soberanía alimentaria, tecnología agrícola, ciencia de datos, plataforma de gestión, eficiencia productiva, resiliencia agrícola.

Abstract

The objective of this project is to develop a business model for the implementation of a technological platform that supports Colombian farmers in improving the efficiency and quality of their production processes through data utilization. The methodology is based on the development of Agricultural Information Systems (AIS) and advanced data management models that collect, process, and analyze large volumes of relevant information for decision-making. The pilot plan results demonstrate that integrating technological tools and data science, tailored to the specific needs of each farmer, optimizes resource utilization, enhances profitability, and strengthens resilience against market and climate variations. In conclusion, this initiative contributes to the strengthening of the agricultural sector and Colombia's food sovereignty by providing accessible and practical recommendations that facilitate technological adoption among farmers. This enables them to make informed and strategic decisions, fostering more efficient and sustainable production.

Keywords: food sovereignty, agricultural technology, data science, management platform, production efficiency, agricultural resilience.

Introducción

La soberanía alimentaria en Colombia es un desafío urgente, evidenciado por la subutilización de su vasto potencial agrícola. A pesar de contar con 114 millones de hectáreas de tierra, solo se sembraron 5.3 millones en 2021, representando el 13.5% del potencial agrícola del país (La República, 2023). Factores como la falta de inversión, la ausencia de un mercado estructurado, la negligencia gubernamental, y la limitada adopción tecnológica han contribuido al estancamiento del sector agropecuario (ONU, 2023). Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un modelo empresarial basado en una plataforma tecnológica integrada que proporcione datos clave y asesoría personalizada a campesinos colombianos, mejorando la eficiencia y calidad de sus procesos productivos.

La justificación de esta iniciativa radica en la necesidad de abordar las limitaciones estructurales y culturales del sector, empoderando a los pequeños productores mediante soluciones tecnológicas versátiles y accesibles, adaptadas a sus métodos tradicionales de trabajo (Bedoya, P. & Cristancho, 2018). Aunque la industria AgTech ha crecido rápidamente, la fragmentación del mercado y la falta de soluciones integradas han impedido un impacto significativo en la mejora de la productividad agrícola (FasterCapital, 2024). Esta propuesta busca contribuir al desarrollo del sector agropecuario colombiano al simplificar y unificar ofertas tecnológicas, proporcionando soluciones adaptadas a las necesidades locales de los agricultores.

El presente artículo contribuye a la discusión sobre soberanía alimentaria y desarrollo agrícola sostenible en Colombia al ofrecer un enfoque innovador que combina ciencia de datos, tecnología agrícola y estrategias de mercado para facilitar la adopción tecnológica (ODS ONU, 2024). Las principales dificultades enfrentadas incluyen la resistencia cultural al cambio, la infraestructura digital insuficiente en zonas rurales, y la necesidad de educar a los campesinos sobre los beneficios de estas herramientas (RAP-E Región Central, 2023). Además, las limitaciones tecnológicas, como la falta de conectividad y recursos financieros, representan barreras adicionales para implementar soluciones a gran escala (CAF - Banco de Desarrollo de América Latina

y el Caribe, 2024).

Materiales y Métodos

Equipos e Insumos Utilizados

Para la implementación de la solución de Ciencia de Datos en la vereda San José de la Montaña, se emplearon diversos equipos e insumos tecnológicos. El proyecto utilizó una combinación de la suite de herramientas de Google y Microsoft aprovechando las bondades de las herramientas de cada uno para la recopilación, almacenamiento, procesamiento y visualización de datos. En específico, se usaron:

Microsoft:

- **Power BI:** Utilizado para la creación de tableros interactivos (Microsoft, 2024), que permiten visualizar el estado de los cultivos en tiempo real, basándose en los datos registrados por los agricultores. Estos tableros integran diversas fuentes de datos, facilitando la toma de decisiones estratégicas mediante análisis visuales dinámicos.
- **Microsoft 365:** Empleado como suite de productividad que facilita la gestión de documentos, comunicación interna, y colaboración en tiempo real entre los miembros del equipo (Microsoft, 2024).
- **Power Query:** Herramienta de transformación de datos utilizada para realizar consultas avanzadas y manipulación de datos antes de integrarlos en los tableros de Power BI (Microsoft, 2024).
- **Alojamiento en la nube (OneDrive):** Proporciona almacenamiento seguro y acceso compartido a los documentos y datos del proyecto, permitiendo la colaboración remota y la integración directa con otras aplicaciones de Microsoft (Microsoft, 2024).

Google:

- **Google Sites:** Utilizado para el desarrollo de un sitio web que posiciona la empresa en línea (Google Workspace, 2024), proporciona información relevante a los agricultores y sirve como plataforma de comunicación.
- **Google AppScript:** Herramienta de scripting que permite automatizar procesos y tareas entre las diferentes aplicaciones de Google, facilitando la integración de datos y la eficiencia operativa (Google Workspace, 2024).
- **AppSheet:** Plataforma no-code utilizada para desarrollar una aplicación móvil que permite a los agricultores registrar en tiempo real sus actividades diarias en los cultivos, como uso de insumos, fumigaciones, y cosechas.
- **Google Sheets:** Para el registro inicial de actividades agrícolas, como mano de obra, fumigaciones, fertilizaciones, uso de insumos, herramientas, y cultivos.
- **Gmail:** Principal medio de comunicación interna y externa utilizado para coordinar con los agricultores y con otros actores del proyecto.
- **Colaboratory (Colab):** Herramienta de Google para el desarrollo colaborativo de código en Python, utilizada para realizar análisis de datos, ejecutar scripts de procesamiento de datos y construir modelos predictivos (Google Workspace, 2024).
- **Google Earth Engine:** Explorados para el seguimiento satelital y la integración futura con herramientas de análisis geoespacial (Google Workspace, 2024).

KNIME (Konstanz Information Miner): Herramienta de análisis de datos y minería de datos utilizada para realizar procesos de ETL (Extracción, Transformación y Carga) y análisis predictivo (Knime, 2024). KNIME facilita la manipulación de grandes volúmenes de datos, permitiendo la creación de modelos predictivos que ayudan a anticipar cambios en las condiciones del cultivo y mejorar la planificación agrícola.

Además de estas herramientas, se utilizaron diversas bases de datos externas y servicios de información para complementar los datos locales obtenidos del campo:

-
- **DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística)**, que es la entidad encargada de producir y comunicar información estadística oficial para Colombia (DANE, 2024), el cual nos provee:
 - Bases de datos de precios: Proporcionan información actualizada sobre los precios de alimentos en los principales mercados mayoristas del país, con datos disponibles de forma diaria, semanal y mensual.
 - Bases de datos de precios de agroinsumos: Incluyen información sobre el costo de insumos agrícolas en diferentes regiones del país, actualizada semanalmente.
 - Bases de datos de abastecimiento de productos agrícolas: Ofrecen datos sobre el suministro y la demanda de productos agrícolas en las centrales mayoristas, fundamentales para el análisis de tendencias de mercado.
 - Descripciones arancelarias: Proporcionan la clasificación de mercancías para el comercio internacional, actualizadas regularmente.
 - El DANE gestiona el Sistema de Información de Precios Agropecuarios (SIPSA), que recopila y publica información sobre los precios de agroinsumos y alimentos, y las descripciones arancelarias, disponibles en su portal web.

 - **DIAN (Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales de Colombia)**, que es el órgano encargado de la administración de los derechos de aduana y demás impuestos al comercio exterior (DIAN, 2024), el cual nos provee:
 - Bases de datos de importaciones y exportaciones: Contienen datos detallados sobre las exportaciones e importaciones del país, clasificadas por descripciones y códigos arancelarios, región de origen, cantidad, valor y destino. Esta información se actualiza mensualmente y es accesible públicamente a través del sitio web de la DIAN.

 - **OpenWeatherMap**, es un servicio en línea que proporciona datos y pronósticos meteorológicos (OpenWeatherMap, 2024):
-

-
- Datos climáticos en vivo: Proporcionan información actual sobre el clima en cualquier ubicación global a través de su API de Current Weather. Para acceder, se utiliza un API key obtenido al registrarse en su sitio web.
 - Pronóstico climático a 5 días: Ofrecido mediante la API One Call 3.0, que proporciona pronósticos horarios y diarios. Este servicio también requiere un API key y es accesible mediante registro en OpenWeatherMap.
 - **IDEAM**, que es el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2024), el cual nos provee:
 - Datos reportados de estaciones climatológicas: Gestiona un sistema de estaciones hidrometeorológicas que recopilan información climática y ambiental. Su labor es esencial para la toma de decisiones y la planificación en la gestión de recursos naturales y la mitigación de riesgos.

Esta combinación de equipos tecnológicos y fuentes de datos externas permitió una integración efectiva de información tanto del terreno como de fuentes secundarias, habilitando un análisis integral y una retroalimentación continua a los agricultores.

Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación fue de tipo exploratorio y aplicado, con un enfoque mixto que combina métodos cualitativos y cuantitativos. El propósito fue evaluar el impacto de la tecnología de Ciencia de Datos en la toma de decisiones y la productividad de pequeños agricultores en la vereda San José de la Montaña.

Se implementó un diseño longitudinal para monitorear y evaluar los cambios a lo largo del tiempo, facilitando la observación de tendencias en la producción agrícola y la eficiencia en el uso de recursos. La investigación se dividió en tres fases:

1. Fase de Preparación: Se inició en diciembre de 2023 con la implementación de un sistema manual de registro en planillas para capturar datos básicos de las actividades agrícolas. Esta fase sirvió para familiarizar a los agricultores con el proceso de registro de datos y entender sus necesidades y limitaciones tecnológicas.
2. Fase de Implementación de la Aplicación Móvil: En julio de 2024, tras una capacitación, se introdujo una aplicación móvil basada en Google AppSheet que permitió el registro directo de actividades. Esta fase incluyó el desarrollo de capacidades para el uso de la app, así como la integración con tableros interactivos que mostraban datos en tiempo real, tales como condiciones climáticas actuales y pronósticos a cinco días.
3. Fase de Análisis de Datos y Retroalimentación: En esta fase, se analizaron los datos recopilados para identificar patrones, tendencias y áreas de mejora. Se procesó información sobre exportaciones, importaciones, precios de alimentos y agroinsumos desde enero de 2022, cruzándola con los datos recolectados de campo para proporcionar recomendaciones personalizadas a los agricultores.

Población y Muestra

La población objetivo del estudio se compone de pequeños agricultores de la vereda San José de la Montaña, municipio de Belén-Boyacá, quienes cultivan principalmente papa, arveja y otros productos de tierra fría. La muestra inicial seleccionada de manera intencional estuvo compuesta por una familia agricultora compuesta por 6 integrantes que operan en esta región, con el fin de pilotear la solución y evaluar su eficacia antes de escalarla a más usuarios.

Técnicas de Recolección y Análisis de Datos

Las técnicas de recolección de datos incluyeron:

- Registros Manuales y Digitales: En la primera fase, los datos fueron recolectados manualmente por los agricultores mediante planillas, que luego

se digitalizaron. En la segunda fase, la recolección se realizó mediante la aplicación móvil.

- Observación Directa y Participativa: Se llevó a cabo mediante visitas al campo, entrevistas semiestructuradas con los agricultores, y la observación del uso de la tecnología proporcionada.
- Datos Externos Complementarios: Incluyendo bases de datos de precios de alimentos y agroinsumos, información climática y pronósticos, así como estadísticas de exportaciones e importaciones.

Para el análisis de datos, se utilizaron métodos tanto descriptivos como predictivos:

- Análisis Descriptivo: Los datos recolectados se procesaron para obtener estadísticas descriptivas sobre el uso de insumos, productividad de cultivos, y patrones climáticos. Los resultados se presentaron en tableros interactivos para su fácil comprensión por los agricultores.
- Análisis Predictivo: Se están desarrollando modelos predictivos para anticipar tendencias en precios de insumos, productividad, y eventos climáticos adversos, con el fin de proporcionar recomendaciones más acertadas y mejorar la toma de decisiones.

Además, se utilizó un enfoque participativo para asegurar que los agricultores comprendieran los datos presentados y pudieran aplicarlos en su práctica diaria. La retroalimentación se ofreció de manera continua mediante mensajes de texto, llamadas telefónicas y visitas presenciales, adaptando la comunicación a un lenguaje sencillo y accesible.

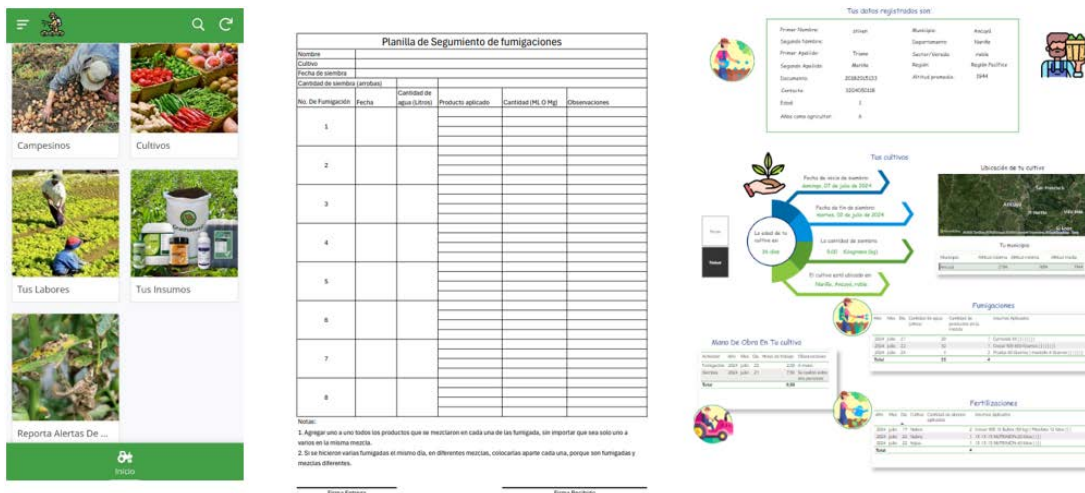
Resultados

Infraestructura tecnológica

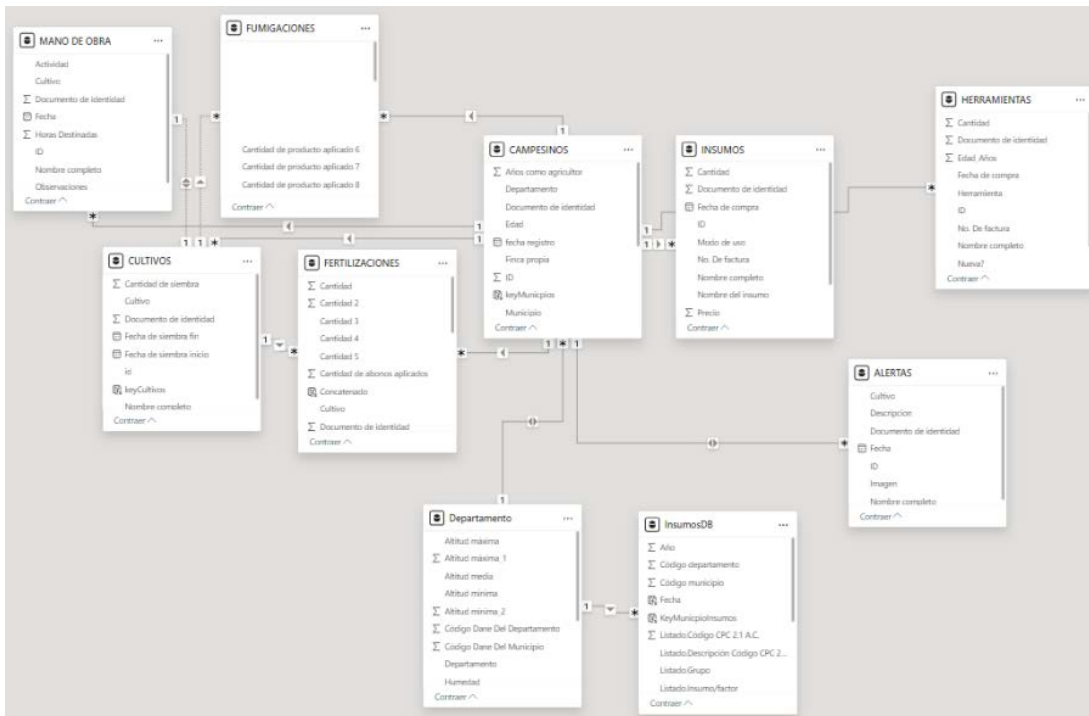
La infraestructura tecnológica de Agker (Ver imagen 1) ha sido diseñada para optimizar la recopilación, almacenamiento, análisis y visualización de datos agrícolas (Ver imagen 2), asegurando que los agricultores reciban información precisa, relevante y en tiempo real. A continuación, se describe el flujo de trabajo y la estructura de la plataforma:

Figura 1

Herramientas de recopilación de datos; App móvil, planillas y Dashboard de visualización.



1. **Recopilación de Datos:** El proceso de captura de información comienza con el registro de datos por parte de los agricultores. Dependiendo de su familiaridad con la tecnología, los agricultores pueden ingresar datos directamente en la aplicación móvil desarrollada en AppSheet (Ver diagrama 1) o utilizar planillas físicas. En el caso de las planillas, un miembro del equipo de Agker se encarga de digitalizar esta información en la app. Los datos ingresados se almacenan en una base de datos centralizada que alimenta de manera automática los dashboards interactivos en Power BI.

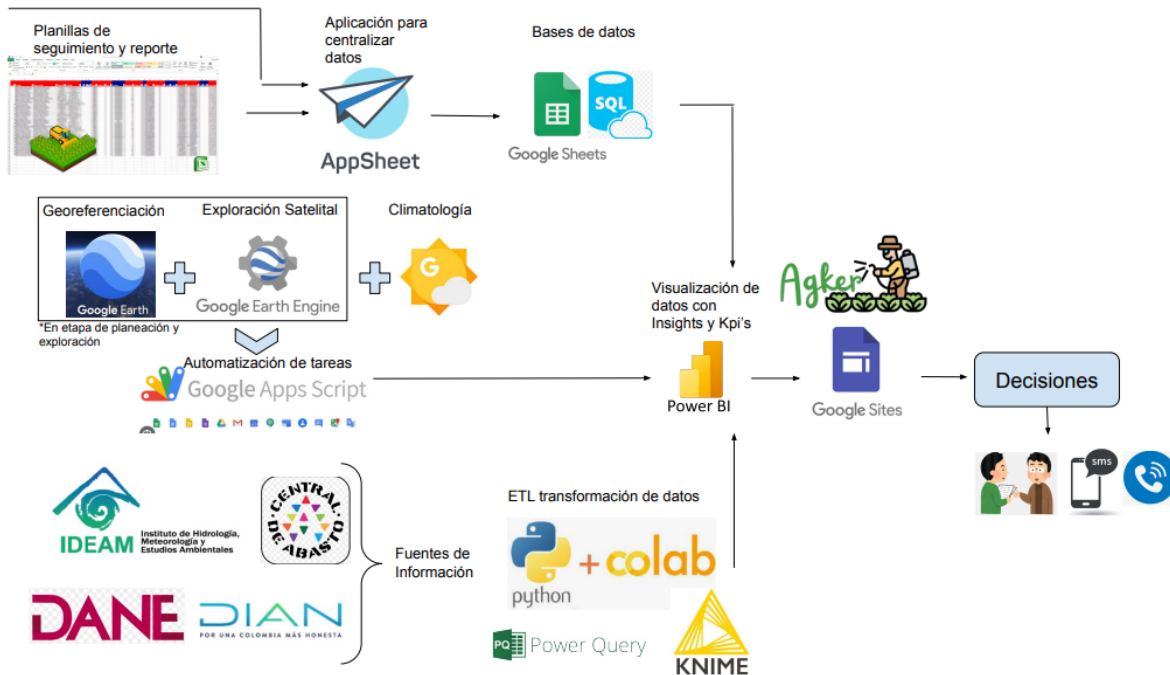
Figura 2*Modelo relacional bases de datos App móvil.*

2. **Procesamiento de Datos:** La información capturada se cruza con otras bases de datos procesadas previamente mediante herramientas como KNIME, Google Colab, y Power Query. Este cruce de datos permite integrar variables adicionales, como el momento del cultivo, la posición geográfica y factores climáticos, con el fin de generar visualizaciones personalizadas en los dashboards de Power BI. Estas visualizaciones son específicas para cada agricultor, mostrando únicamente los datos relevantes que pueden influir en su finca y cultivos.
3. **Monitoreo y Alertas Automatizadas:** Para mejorar la toma de decisiones, el sistema cuenta con alertas automáticas basadas en los datos ingresados. Estas alertas son revisadas por especialistas del equipo de Agker, quienes analizan la información para proporcionar recomendaciones precisas y oportunas a los agricultores. Este monitoreo constante garantiza que cualquier situación crítica en los cultivos, como enfermedades o plagas, sea detectada y gestionada de manera rápida y eficiente.

4. Módulo de Reportes de Incidencias: La aplicación móvil también incluye un módulo para que los agricultores puedan reportar cualquier incidencia en sus cultivos en tiempo real. Al reportar una incidencia, el agricultor puede tomar una foto del problema (como una enfermedad o plaga), que luego es analizada por un modelo de deep learning para proporcionar un diagnóstico preliminar. Este diagnóstico es posteriormente validado y confirmado por un especialista de Agker, permitiendo una respuesta rápida y efectiva a la situación reportada.
5. Construcción de Comunidad y Optimización de Precios: Agker está construyendo una comunidad digital que integra a todos los actores relevantes del sector agroalimentario. Esta comunidad busca mejorar las condiciones de comercialización para los agricultores, facilitando mejores precios de venta para sus productos y precios más competitivos en la compra de insumos. Esta integración no solo potencia el impacto económico positivo para los agricultores, sino que también fomenta la colaboración y el intercambio de conocimientos dentro del sector.

Figura 3

Infraestructura tecnológica actual.



En resumen, la infraestructura tecnológica de Agker (Ver imagen 2) combina una recopilación de datos robusta con un procesamiento inteligente y visualización personalizada, apoyada por la interacción constante con especialistas y el uso de modelos de deep learning para garantizar la eficacia en la toma de decisiones. Esta infraestructura no solo mejora la eficiencia en la producción agrícola, sino que también empodera a los agricultores con herramientas avanzadas para gestionar mejor sus cultivos y optimizar su rentabilidad.

Proceso Postventa

El proceso postventa de Agker se ha diseñado para ofrecer un servicio continuo y personalizado a los agricultores (Ver diagrama 2), optimizando el uso de la plataforma tecnológica y fortaleciendo la fidelización del cliente. Esta estrategia se estructura en cinco fases clave que aseguran la sostenibilidad y el impacto a largo plazo del proyecto.

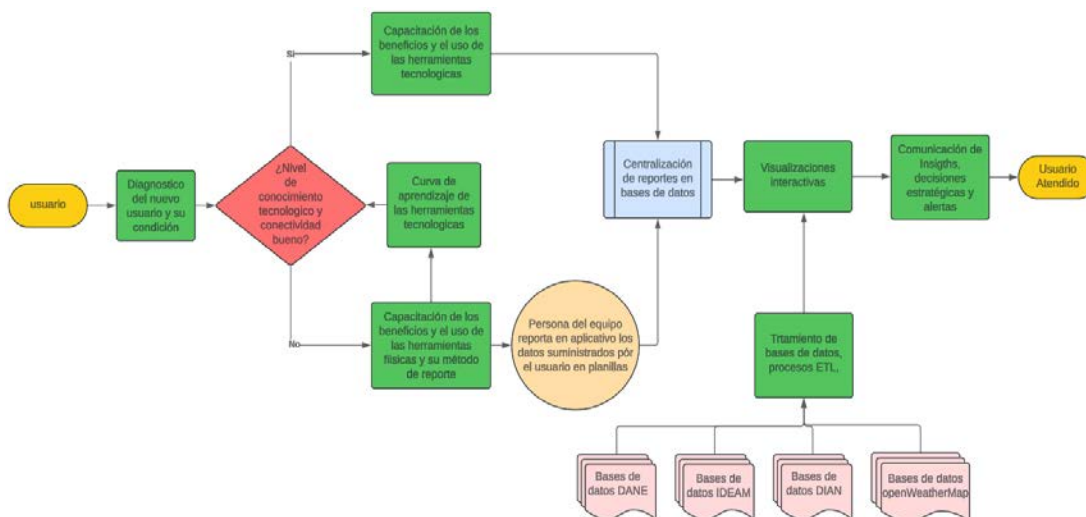
1. **Onboarding Personalizado:** Incorporación adaptada a cada cliente mediante capacitaciones presenciales y remotas, soportadas por tutoriales interactivos y guías de uso. Un asesor técnico especializado brinda asistencia inicial y un análisis de datos tempranos, destacando el valor del servicio desde el inicio.
2. **Monitoreo Proactivo y Soporte Continuo:** Seguimiento constante de los cultivos mediante alertas automatizadas y "check-ins" periódicos para ajustar recomendaciones. El soporte se ofrece a través de un centro de atención multicanal y una base de conocimientos en línea en desarrollo.
3. **Optimización del Valor a Largo Plazo:** Informes de desempeño trimestrales y un programa de fidelización que ofrece beneficios adicionales refuerzan el valor percibido por los agricultores. La creación de una comunidad digital fomenta la colaboración y el intercambio de conocimiento entre productores.
4. **Recopilación y Uso de Feedback:** Un sistema de retroalimentación robusto a través de encuestas, grupos focales y entrevistas permite ajustar la plataforma y los servicios de acuerdo con las necesidades cambiantes de los agricultores.

5. Escalabilidad del Soporte Postventa: Se ha planificado la implementación de chatbots y herramientas de inteligencia artificial para soporte inmediato y preventivo, además de una expansión mediante la capacitación de asesores locales en las regiones de operación.

Estas fases fortalecen la relación con los agricultores, impulsan la adopción tecnológica y mejoran la toma de decisiones en el manejo de cultivos, resultando en mayor eficiencia y satisfacción del cliente, consolidando a Agker como un aliado estratégico en el sector agroalimentario.

Figura 4

Flujo de uso de los servicios de Agker.



Impacto del proyecto

En el análisis social de Agker, opera en un entorno rural con pequeños productores agrícolas, enfrentando desafíos históricos de acceso a servicios y tecnología. Su enfoque en el empoderamiento de estos productores mediante datos y análisis robustos puede tener varios impactos sociales:

- **Positivos:**
 - Generación de Empleo: Creación de empleos directos e indirectos en la cadena de valor agrícola.

- Aumento de Ingresos y Contribución Fiscal: Mejora de la productividad y formalización del sector, aumentando ingresos y aportes fiscales.
 - Educación y Capacitación: Programas de formación en nuevas tecnologías y prácticas agrícolas.
 - Salud y Seguridad Alimentaria: Prácticas agrícolas sostenibles que reducen el uso de químicos, mejorando la salud de agricultores y consumidores.
 - Acceso a Información: Información basada en datos para decisiones más informadas y resilientes.
- **Negativos:**
 - Brecha Digital: Exclusión de productores con poco acceso a herramientas digitales.
 - Resistencia al Cambio: Posible rechazo a nuevas tecnologías y prácticas.
 - Posible Rechazo: Desconfianza en tecnología externa y temor a la pérdida de autonomía.

Mecanismos de Equilibrio Social

- Inclusión Digital: Alfabetización digital para asegurar beneficios para todos los productores.
- Participación Comunitaria: Involucrar a líderes locales y productores en la adopción de tecnologías.

Este enfoque maximiza el impacto positivo de Agker, minimiza posibles efectos adversos y asegura la sostenibilidad a largo plazo del proyecto.

Discusión

Los resultados del proyecto Agker muestran un impacto significativo en la comunidad rural al mejorar la productividad agrícola y promover la inclusión digital entre pequeños productores, alineándose con estudios que subrayan la necesidad de integrar tecnología en el sector agrícola para optimizar recursos, reducir costos y aumentar la sostenibilidad (Pérez et al., 2022). Sin embargo, Agker se distingue por enfocarse en la accesibilidad y usabilidad de la tecnología en un entorno rural con una considerable brecha digital.

A diferencia de otros estudios, como el de Serrano (2022), que enfatizan el incremento de productividad a través de tecnologías de precisión, pero no abordan su adaptación para usuarios con bajos niveles de alfabetización digital, Agker adopta un enfoque más inclusivo. Ofrece opciones como planillas en papel y capacitación personalizada, asegurando que todos los productores puedan beneficiarse del sistema, independientemente de su familiaridad tecnológica.

Además, mientras otros autores resaltan el acceso a datos como clave para la toma de decisiones agrícolas (Salamanca, 2021), Agker avanza más allá al personalizar estos datos para cada agricultor según su ubicación, momento del cultivo y otras variables relevantes.

Además, este es un momento de oportunidad para alinear los objetivos de Agker con la ruta que ha trazado el gobierno colombiano, pues ha orientado sus esfuerzos hacia los objetivos globales, destacando el agro como motor económico durante el actual mandato presidencial. El plan estratégico "Colombia Potencia Mundial de la Vida" establece metas específicas para el sector agropecuario, con el objetivo principal de incrementar su productividad en un 25% para 2030 (Gobierno de Colombia, 2024). Esto implica impulsar procesos de planificación, promover el uso eficiente del suelo con tecnología, analizar cadenas productivas y factores de competitividad territorial, además de premiar la productividad y buenas prácticas.

El Rol de la Universidad en el Desarrollo de la Investigación de Impacto

En el marco del Congreso Internacional de Empleabilidad y Mercado Laboral, es importante discutir el papel de las universidades en la generación de investigación de impacto que apoye sectores marginados como el campo colombiano. Las universidades tienen una responsabilidad clave en la articulación con las empresas para crear conocimiento relevante y aplicable. La falta de enfoque en las necesidades locales y en la realidad del sector agrícola ha limitado la capacidad de las universidades para contribuir significativamente al desarrollo rural.

Este proyecto revela que la colaboración universidad-empresa es fundamental para desarrollar soluciones efectivas en el sector agrícola. Las universidades deberían trabajar más de cerca con empresas como Agker para identificar las necesidades reales de los pequeños productores y diseñar programas de investigación que respondan a esas necesidades. Esto puede incluir el desarrollo de tecnologías adaptadas al contexto rural, la capacitación de productores en el uso de nuevas herramientas, y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles.

Las universidades también deben desempeñar un papel activo en la alfabetización digital, desarrollando programas educativos accesibles que faciliten la transición hacia una agricultura más digitalizada y sostenible. A través de la investigación aplicada, las universidades pueden contribuir a cerrar la brecha digital, fomentando la adopción de nuevas tecnologías y asegurando que los beneficios lleguen a toda la comunidad.

Conclusiones

Los resultados obtenidos por Agker muestran que es posible generar un impacto positivo significativo en comunidades rurales a través del uso inteligente y accesible de la tecnología. La personalización de datos, el uso de modelos predictivos y la inclusión de diferentes niveles de alfabetización tecnológica son claves para lograr este objetivo, pues en la primera prueba piloto se obtuvo una mejora en la productividad entre un 5% y 7% y una disminución de costos entre un 9% y 12% por

cultivo, en esta prueba piloto se priorizó analizar las labores que tradicionalmente realiza el campesino correlacionándolas con los demás factores de entorno, con ello se está iniciando una segunda fase donde se tendrá intervención más directa en las variables que influyeron más negativamente. Sin embargo, persisten desafíos como la brecha digital y la resistencia al cambio que deben ser abordados mediante estrategias de inclusión digital y participación comunitaria.

Para maximizar el impacto de este tipo de iniciativas, es crucial que las universidades se involucren más activamente en la investigación y desarrollo de soluciones para el sector agrícola, trabajando en colaboración con las empresas para fomentar la innovación, mejorar la competitividad y promover un desarrollo rural sostenible. Solo mediante una estrecha articulación universidad-empresa se podrá lograr un cambio significativo en el sector agrícola colombiano, generando beneficios sociales, económicos y ambientales para las comunidades rurales del país.

Referencias bibliográficas

- Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. (2023). La necesidad de aumentar la productividad del agro. <https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2021/04/la-necesidad-de-aumentar-la-productividad-del-agro-colombiano/>
- Bedoya, P., & Cristancho, A. (2023). Análisis de las dinámicas socioeconómicas campesinas colombianas en torno a la educación, 2006-2016. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/108/108874011/html/>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2024). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. <https://www.dane.gov.co>
- Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN). (2024). Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales. <https://www.dian.gov.co>
- FasterCapital. (2023). Valore razonablemente la puesta en marcha de la industria Agtech. <https://fastercapital.com/es/contenido/Valore-razonablemente-lapuesta-en-marcha-de-la-industria-Agtech.html>

-
- Gobierno Nacional. (2024). Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026. <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>
- Google. (2024). Google Workspace. <https://workspace.google.com>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2024). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <https://www.ideam.gov.co>
- KNIME Open for Innovation. (2024). KNIME Analytics Platform. <https://www.knime.com>
- La República. (2023). Solo se está aprovechando 13,5% de los 39,2 millones de hectáreas con potencial. <https://www.larepublica.co/economia/del-34-del-area-potencial-para-cultivar-en-colombia-se-aprovecha-cerca-del-13-5-3391297>
- Microsoft. (2024). Microsoft 365. <https://www.microsoft.com/es-co/microsoft-365>
- OpenWeatherMap. (2024). OpenWeatherMap: Weather data services. <https://openweathermap.org>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2024). Objetivos de desarrollo sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2023). Desafíos globales población. <https://www.un.org/es/>
- Pérez, D., Bolaños, F., & Da Silva, M. (2022). Variables que influyen en la aplicación de la agricultura de precisión en Colombia: Revisión de estudios. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062022000100015
- Región Administrativa y de Planeación Especial (RAP-E). (2023). Seguridad alimentaria y desarrollo rural. <https://regioncentralrape.gov.co/seguridad-alimentaria/>
- Salamanca, J. (2021). Importancia de la transformación digital con el uso de Big Data y IoT en la potenciación del sector agrícola y mejora de las condiciones laborales. <https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/afde4075-3519-4743-8722-9df464bb4657/content>
-

Serrano, A. (2022). Usos de la ciencia de datos aplicados al sector agrícola [Tesis de grado, Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/179224/Mompo%20-%20Usos%20de%20la%20Ciencia%20de%20Datos%20aplicados%20al%20sector%20agr%20icola.pdf?sequence=1>