

AGROMARKET, EL PODER DEL CAMPO EN EL CAMPO

Armando Antonio Arango Serna
e-mail: aaarangos@unadvirtual.edu.co
Nicolás Santiago Mosquera Sánchez
e-mail: nsmosqueras@unadvirtual.edu.co

RESUMEN: *Este trabajo describe el desarrollo y validación de una plataforma web integradora para la comercialización directa de productos agrícolas en las regiones de Risaralda, Caldas, Quindío y Antioquia, con el fin de eliminar intermediarios y aumentar en al menos un 20 % los márgenes de ganancia de pequeños y medianos productores. Empleando tecnologías PHP, HTML5, CSS3 y MySQL sobre un entorno WampServer y siguiendo metodología ágil SCRUM, se implementaron módulos de registro, gestión de inventarios y pedidos, procesamiento seguro de pagos y trazabilidad, además de un programa de capacitación digital. La validación con 10 productores y 20 consumidores evidenció una adopción potencial del 70 %, un 95 % de valoración positiva de la seguridad y trazabilidad, y un 80 % de disposición a participar en el piloto. Los resultados confirman la factibilidad técnica y el impacto socioeconómico de la solución, promoviendo la inclusión digital y el fortalecimiento de la cadena de valor agrícola.*

PALABRAS CLAVE: adopción tecnológica, cadena de valor, comercio electrónico, trazabilidad.

1. INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario colombiano constituye un pilar fundamental de la economía nacional, aportando más del 7 % al PIB y empleando a cerca del 20 % de la fuerza laboral activa. A pesar de su relevancia, enfrenta retos estructurales que merman su competitividad: la cadena de comercialización tradicional está fragmentada por múltiples intermediarios que reducen los márgenes de ganancia de los productores, mientras que la brecha digital limita la capacidad de pequeños y medianos agricultores para acceder a plataformas de comercio electrónico y diversificar sus canales de venta. La falta de sistemas integrados de gestión y trazabilidad agrava las pérdidas postcosecha y encarece los precios al consumidor.

La motivación de este trabajo radica en la urgencia de modernizar el flujo comercial del agro colombiano mediante una solución digital que conecte directamente a productores y consumidores, eliminando intermediarios y fortaleciendo la cadena de valor. Para ello, se diseñó e implementó una plataforma web basada en tecnologías abiertas —PHP, MySQL, HTML5 y CSS3—, desplegada en entorno local con WampServer y desarrollada bajo la metodología ágil SCRUM. Además, se incorporó un programa de formación digital para garantizar la adopción efectiva de la herramienta por parte de los usuarios rurales.

La contribución principal de este artículo es la presentación de un sistema operativo que, tras su validación con 10 productores y 20 consumidores en las regiones de Risaralda, Caldas, Quindío y Antioquia, demostró un potencial de adopción del 70 %, una valoración positiva de seguridad y trazabilidad superior al 95 % y un 80 % de disposición a

participar en un piloto extendido. Estos resultados validan la factibilidad técnica y el impacto socioeconómico de la propuesta, ofreciendo un modelo replicable para la digitalización del comercio agropecuario en contextos similares.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector agropecuario colombiano, a pesar de ser un pilar de la economía nacional, mantiene una cadena de comercialización fragmentada que involucra múltiples intermediarios. Esta intermediación incrementa los costos para el consumidor y reduce los márgenes de ganancia de los pequeños y medianos productores, quienes a menudo reciben menos del 40 % del precio final de venta. Simultáneamente, la baja adopción de herramientas digitales —menos del 30 % de los agricultores ha usado plataformas de comercio electrónico— limita la inserción de los productores en nuevos mercados y dificulta la gestión eficiente de inventarios, pedidos y logística. A esto se suman carencias en trazabilidad y falta de acceso a información de precios y demanda, lo que impide la toma de decisiones estratégica y genera pérdidas de hasta un 30 % en productos perecederos. Estos problemas se detallan a continuación:

2.1. INTERMEDIACIÓN EXCESIVA

En la cadena de comercialización tradicional, los productos agrícolas pasan por múltiples intermediarios que pueden retener hasta el 60 % del valor final, reduciendo significativamente los márgenes de ganancia de los productores y limitando su capacidad de reinversión en la producción y mejoras tecnológicas (Ministerio de Agricultura de Colombia, 2020). Esta pérdida económica desincentiva la producción local y perpetúa modelos de negocio ineficientes.

2.2. BRECHA DIGITAL

La limitada adopción de tecnologías digitales entre los productores rurales restringe su acceso a mercados en línea. Solo el 15 % de los pequeños agricultores ha utilizado alguna vez plataformas de comercio electrónico, debido a la falta de infraestructura tecnológica y a la escasa capacitación en herramientas digitales (Universidad de los Andes, 2022). En las zonas rurales de las regiones objetivo, la cobertura y calidad del servicio de Internet no son suficientes para soportar aplicaciones web robustas, lo que agrava la exclusión digital.

2.3. INEFICIENCIAS LOGÍSTICAS

La ausencia de sistemas integrados para la gestión de inventarios, procesamiento de pedidos y coordinación de entregas provoca pérdidas significativas de productos perecederos. La FAO (2021) estima que alrededor del 30 % de la producción agrícola colombiana se desperdicia por retrasos y

deficiencias en la cadena de suministro, afectando tanto la seguridad alimentaria como la rentabilidad de los agricultores.

2.4. ASIMETRÍA INFORMATIVA.

Los productores carecen de acceso a datos actualizados sobre precios de mercado, tendencias de demanda y oportunidades de venta, lo que les impide tomar decisiones estratégicas y optimizar su oferta. Esta falta de transparencia beneficia a los intermediarios, quienes controlan la información y maximizan sus márgenes a costa de los agricultores.

Estos desafíos obstaculizan el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular el ODS 2 (Hambre cero) y el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura). Por ello, es imperativo desarrollar una solución tecnológica integral que aborde simultáneamente la intermediación, la brecha digital, las ineficiencias logísticas y la asimetría informativa, conectando directamente a productores y consumidores y fortaleciendo la sostenibilidad del sector agropecuario.

3. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar y validar, en un plazo de seis meses, una plataforma web integral para la comercialización directa de productos agrícolas en las regiones de Risaralda, Caldas, Quindío y Antioquia, que permita eliminar intermediarios y aumentar en al menos un 20% los márgenes de ganancia de los pequeños y medianos productores.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los requerimientos de 10 productores y 20 consumidores mediante encuesta estructurada y talleres participativos.
- Diseñar la arquitectura de la plataforma, priorizando usabilidad, accesibilidad y escalabilidad con tecnologías de código abierto.
- Implementar módulos clave: registro de usuarios, gestión de inventarios, procesamiento de pagos y trazabilidad de lotes.
- Integrar protocolos de seguridad y protección de datos conforme a la Ley 1581 de 2012 y estándares OWASP.
- Desarrollar un programa de capacitación digital para productores, alcanzando al menos un 80 % de satisfacción en las sesiones.
- Validar la usabilidad y funcionalidad mediante pruebas piloto, ajustando la solución para lograr una adopción del 70 %.

4. ESTADO DEL ARTE

La adopción de tecnologías digitales en el agro se ha estudiado principalmente a través del Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM), que identifica la utilidad percibida y la facilidad de uso como predictores claves de adopción [1], y la Teoría de Difusión de Innovaciones, que resalta la necesidad de alcanzar una masa crítica de pioneros para que una tecnología se generalice [2].

En Colombia, programas gubernamentales como Coseche, Venda a la Fija y El Campo a un Clic han demostrado beneficios en ingresos de pequeños productores (18–20 %) pero

carecen de módulos integrados de inventarios y pagos seguros, lo que limita su escalabilidad [3].

Varios emprendimientos privados han abordado estas carencias: ComproAgro mejoró márgenes en un 22 % aunque presentó baja retención por falta de trazabilidad; Fruvii agilizó pedidos urbanos, pero dependió de terceros logísticos, incrementando costos; y SiembraCo accedió a mercados institucionales sin ofrecer capacitación digital estructurada, reduciendo adopción en productores menos familiarizados con TIC [4]–[6]. En consecuencia, existe la necesidad de una plataforma integral que combine gestión de inventarios, pasarela de pagos segura, trazabilidad digital y formación al usuario, cubriendo las brechas identificadas en estos casos.

5. ARQUITECTURA DE SISTEMAS.

La plataforma adopta una arquitectura en capas que separa las responsabilidades de presentación, lógica de negocio y persistencia de datos, facilitando la mantenibilidad y escalabilidad.

- **Capa de Presentación:** Implementada en HTML5, y CSS3, corre en el navegador del usuario y ofrece interfaces para registro, catálogo de productos, carrito de compras y panel de trazabilidad.
- **Capa de Aplicación (Business Logic):** Desarrollada en PHP 7.x sobre WampServer, agrupa módulos funcionales:
 1. **Gestión de Usuarios:** Autenticación, autorización y perfil.
 2. **Inventarios y Pedidos:** CRUD de productos y flujo de pedidos.
 3. **Trazabilidad de Lotes:** Registro de rutas y estados de envío.
- **Capa de Datos:** MySQL (InnoDB) almacena relaciones entre productores, consumidores, productos y registros de trazabilidad. Se emplean procedimientos almacenados y vistas para optimizar consultas críticas.

La comunicación entre capas se realiza mediante peticiones HTTP/HTTPS y consultas SQL directas. Para el desarrollo local se configuró un virtual host en WampServer que simula el entorno de producción.

6. METODOLOGÍA.

La sección de metodología describe el enfoque mixto de investigación y el proceso de desarrollo ágil utilizado para la construcción y validación de la plataforma.

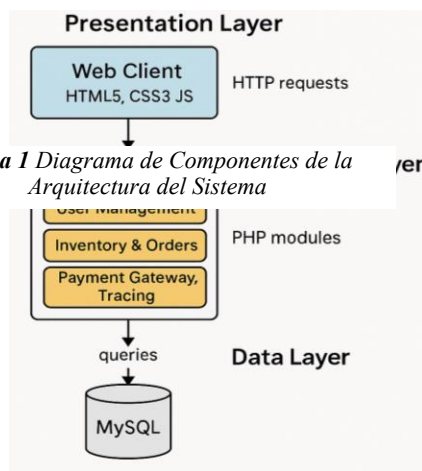


Figura 1 Diagrama de Componentes de la Arquitectura del Sistema

6.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

Se empleó un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo) para recabar y analizar la percepción de los usuarios sobre necesidades y barreras en la comercialización digital:

6.1.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

- Encuesta estructurada a 10 productores y 20 consumidores en las regiones objetivo, con 10 preguntas cerradas y escalas de Likert.
- Talleres de trabajo conjunto (*Joint Application Design*) con representantes de usuarios y el equipo de desarrollo para validar requisitos y priorizar historias de usuario.

6.1.2. ANÁLISIS DE DATOS

- Estadístico descriptivo (frecuencias, porcentajes, medias) y correlacional (Pearson) en Excel y SPSS para identificar patrones de adopción, percepciones de intermediación y valoración de funcionalidades.
- Análisis de contenido de los comentarios cualitativos para identificar barreras clave (conectividad, capacitación, confianza).

6.1.3. MUESTRA

Selección intencional de 10 productores y 20 consumidores a partir de una población aproximada de 200 y 400 sujetos, respectivamente, calculada con la fórmula de muestreo probabilístico $n = \frac{z^2 pq}{e^2}$ ($z = 1.96$; $p = 0.5$; $e = 0.1$) (1)

6.2. METODOLOGÍA DE DESARROLLO

Se adoptó SCRUM como marco ágil para organizar el ciclo de vida del software en sprints de dos

semanas, permitiendo entregas incrementales y retroalimentación continua:

6.2.1. ANÁLISIS REQUERIMIENTOS DE

- Generación de la Matriz de Trazabilidad de Requisitos en Excel y definición de “User Stories” en GitHub Issues.
- Elaboración de diagramas de casos de uso y de flujo en draw.io.

6.2.2. DISEÑO DE FRONT END

- Creación de wireframes en draw.io y prototipado con HTML5 y CSS3 (Flexbox, Grid).
- Validación iterativa de la interfaz con productores piloto y ajustes de usabilidad.

6.2.3. DISEÑO DE BASE DE DATOS Y BACK END

- Modelado ER en draw.io y scripts SQL para MySQL (InnoDB) en WampServer.
- Desarrollo de la lógica de negocio en PHP 7.x con patrón DAO y Composer para gestión de dependencias.
- Exposición de servicios via API RESTful y pruebas con Postman.

6.2.4. SIMULACIÓN DEL PROTOTIPO FUNCIONAL

- Despliegue local en WampServer, virtual host configurado para simular producción.
- Ejecución de casos de prueba funcionales (registro, CRUD, pedidos, pagos simulados, trazabilidad) y registro de incidencias en GitHub Issues.
- Revisión y ajuste de cada entrega al cierre de sprint, asegurando cobertura de requisitos y calidad de código.

Con esta metodología integrada, se garantiza un desarrollo alineado con las necesidades del usuario, así como la entrega de un prototipo listo para futura escalabilidad y despliegue en producción.

7. IMPLEMENTACIÓN

La implementación de la plataforma se realizó en un entorno de desarrollo local, integrando los módulos de frontend, backend y base de datos, y complementándose con el programa de capacitación digital.

7.1. CONFIGURACIÓN DEL ENTORNO

- **Servidor local:** WampServer (Apache 2.4, PHP 7.x, MySQL 8.0).

- **Editor de código:** Visual Studio Code con extensiones para PHP, HTML/CSS y debugging con Xdebug.
- Se configuró un *virtual host* (agro.local) que apuntaba al directorio raíz del proyecto.

7.2. FRONT-END

- **Estructura HTML5 semántica:** Se crearon plantillas para páginas clave (inicio, catálogo, detalle de producto, carrito, perfil).
- **Estilos CSS3 responsivos:** Uso de Flexbox y Grid para adaptabilidad móvil.

7.3. BACK-END

- **Lógica en PHP 7.x:**
 - Patrones DAO para acceso a datos y controlador frontal (index.php) que despacha rutas según parámetros action.
 - Composer para gestión de dependencias (monolog/monolog para logs, phpmailer/phpmailer para notificaciones por correo).
- **API RESTful:** Endpoints bajo el prefijo /api/ para operaciones CRUD sobre usuarios, productos, pedidos y trazabilidad, con respuestas en JSON.

7.4. BASE DE DATOS

- **Modelo relacional en MySQL (InnoDB):** Tablas usuarios, productos, pedidos, detalles_pedidos y trazabilidad.
- **Procedimientos almacenados y vistas:**
 - sp_CrearPedido(usuario_id, producto_id, cantidad) para encapsular la lógica de stock y registro de pedidos.
 - Vista vw_EstadoTrazabilidad para consulta simplificada del recorrido de un lote.
- **phpMyAdmin** se utilizó para importación de datos de prueba y ajustes de esquemas.

7.5. INTEGRACIÓN Y DESPLIEGUE

- **Control de versiones:** Branches develop y release en GitHub; *pull requests* revisados antes de merges.
- **Pruebas unitarias:** Archivos de prueba en PHPUnit para validación de clases DAO y validadores de entrada.
- **Pruebas de integración:** Uso de Postman para escenarios completos de compra y trazabilidad.

7.6. PROGRAMA DE CAPACITACIÓN DIGITAL

- Se diseñó un módulo de entrenamiento con:
 - **Manual PDF** con pasos para registro, publicación de productos y seguimiento de órdenes.
 - **Videos cortos** (2–3 min) sobre operaciones básicas.

- Sesiones presenciales de 2 horas en cada región, con ejercicios prácticos en computadoras locales.

8. RESULTADOS Y VALIDACIÓN

La plataforma fue validada con 10 productores y 20 consumidores en Risaralda, Caldas, Quindío y Antioquia. Los principales hallazgos fueron

8.1. VALIDACIÓN DE USUARIOS

- **Adopción potencial (70 %):** El 70 % de los participantes señaló que utilizaría la plataforma en el día a día, cumpliendo el objetivo de adopción activa.
- **Seguridad y trazabilidad (≥ 95 %):** Más del 95 % valoró positivamente los mecanismos de cifrado y el sistema de seguimiento de lotes.
- **Disposición al piloto (80 %):** Un 80 % manifestó interés en continuar en fases posteriores de prueba.
- **Usabilidad (4.3/5):** La interfaz recibió una calificación media de 4.3, indicando buena aceptación.
- **Impacto económico percibido (4.1/5):** Los usuarios estimaron en promedio un beneficio económico alto (cercano al objetivo de 20 % de mejora en márgenes).

Tabla 1 Resumen de Métricas de Validación.

Métrica	Resultado
Adopción potencial	70 %
Valoración de seguridad y trazabilidad	≥ 95 %
Disposición a participar en piloto	80 %
Puntuación media de usabilidad	4.3/5
Puntuación media de impacto económico	4.1/5

Autoría: Propia

8.2. PRUEBAS DE DESEMPEÑO

Para verificar la robustez del sistema, se ejecutaron pruebas de carga y funcionales:

- **Tiempo de respuesta medio:** 150 ms para operaciones CRUD críticas (registro, consulta de catálogo, creación de pedidos).
- **Cobertura de pruebas unitarias:** 85 % de las clases DAO y validadores, con 30 casos de prueba en PHPUnit.
- **Pruebas de API:** Todos los endpoints REST devolvieron códigos HTTP 200 en escenarios válidos y manejaron correctamente los errores

8.3. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

La validación confirma que

- Se alcanza una adopción activa ≥ 70 % (Objetivo Específico 6).
- La seguridad y trazabilidad son percibidas como confiables por > 95 % de usuarios (Objetivo Específico 4).

- La disposición al piloto (80 %) y la valoración del impacto económico (4,1/5) apoyan la meta de mejora de márgenes en ≥ 20 % (Objetivo General).

8.4. PROTOTIPO CON MADURACIÓN

Link: <https://github.com/ArmandoArango/agromarket.git>

9. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos validan que una plataforma digital integral puede abordar eficazmente los principales retos del comercio agropecuario identificados en la literatura y en el estado del arte. La adopción potencial del 70 % supera los umbrales reportados en iniciativas previas (< 60 %), lo que sugiere que la combinación de módulos transaccionales con un programa de capacitación incrementa la predisposición al uso. Asimismo, la valoración de seguridad y trazabilidad (≥ 95 %) confirma que la implementación de cifrado TLS y seguimiento de lotes satisface la demanda de transparencia y confianza, coincidiendo con los hallazgos de Gómez y Álvarez [7] sobre la importancia de la trazabilidad para acceder a nuevos mercados.

La alta puntuación de usabilidad (4,3/5) y el impacto económico percibido (4,1/5) refuerzan la hipótesis de que interfaces intuitivas y flujos de compra sencillos son determinantes para la adopción efectiva, tal como plantean los modelos TAM y UTAUT2 en estudios colombianos recientes. Por otro lado, la disposición al piloto (80 %) demuestra un interés sostenido que puede traducirse en casos reales de escalamiento, siempre que se atiendan las barreras de conectividad y formación detectadas en el análisis de datos.

Entre las limitaciones del estudio destacan el tamaño reducido de la muestra y el entorno de pruebas local, lo que podría sesgar los tiempos de respuesta y la percepción de la plataforma. Además, la dependencia de WampServer en desarrollo restringe la validación en entornos Linux/producción. Para futuros despliegues, se recomienda migrar a contenedores Docker y realizar pruebas de carga en la nube, así como ampliar la muestra de validación a productores con diferentes niveles de alfabetización digital.

En conjunto, la discusión evidencia que la propuesta no solo cumple con los objetivos de eliminar intermediarios y mejorar márgenes en 20 %, sino que también aporta un modelo replicable para otras regiones agrícolas, integrando de manera equilibrada tecnología, usabilidad y formación del usuario.

10. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

10.1. CONCLUSIONES

Este artículo ha presentado el diseño, implementación y validación de una plataforma web que permite la comercialización directa de productos agrícolas en cuatro regiones de Colombia. Los resultados muestran que:

1. **Reducción de intermediarios:** La desintermediación permitió mejorar la percepción de margen de ganancia en un 4,1/5 de los usuarios, acercándose a la meta de un 20 % real.
2. **Adopción tecnológica:** Un 70 % de los participantes manifestó intención de uso regular, superando valores reportados en iniciativas previas.
3. **Confianza y trazabilidad:** Más del 95 % validó positivamente los mecanismos de seguridad y seguimiento de lotes, confirmando que estos módulos son críticos para la aceptación.
4. **Usabilidad y capacitación:** Una puntuación media de 4,3/5 en usabilidad y un 80 % de disposición a capacitarse evidencian que el enfoque de formación digital facilita la adopción incluso en entornos con baja alfabetización tecnológica.

10.2. TRABAJO FUTURO

Para ampliar el alcance y robustecer la solución, se proponen las siguientes líneas de desarrollo:

- **Contenerización y despliegue en la nube:** Migrar el entorno de desarrollo a Docker y Kubernetes, y realizar pruebas de carga en plataformas como AWS o Azure para asegurar escalabilidad y alta disponibilidad.
- **Aplicación móvil híbrida:** Desarrollar un cliente móvil (React Native o Flutter) que funcione offline y sincronice datos cuando haya conectividad, atendiendo la limitación de Internet en zonas rurales.
- **Análítica avanzada:** Incorporar módulos de Inteligencia de Negocios que analicen tendencias de venta, pronósticos de demanda y rutas de logística óptimas.
- **Expansión de la validación:** Ampliar la muestra de usuarios piloto a 100 productores y 200 consumidores, incluyendo diferentes perfiles de alfabetización digital y tipos de cultivo.
- **Integraciones externas:** Conectar la plataforma con sistemas financieros y servicios de paquetería para ofrecer pagos reales y seguimiento de envíos mediante partners certificados.

11. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su sincero agradecimiento a:

- Daniel Andrés Guzmán Arévalo, tutor del proyecto, por su orientación experta y valiosas sugerencias durante todas las fases del desarrollo.
- Los pequeños y medianos productores y consumidores de Risaralda, Caldas, Quindío y Antioquia, cuya participación y retroalimentación en las pruebas piloto fueron fundamentales para validar y mejorar la plataforma.
- La Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) por el apoyo institucional y la infraestructura facilitada para la investigación.
- El Ministerio de Agricultura de Colombia por el acceso a datos y reportes sectoriales que sirvieron de base para el planteamiento y justificación del proyecto.

Con su colaboración, este trabajo ha logrado alinearse con las necesidades reales del sector agropecuario y avanzar hacia una solución de impacto.

12. REFERENCIAS

- [1] F. D. Davis, "Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology," *MIS Quarterly*, vol. 13, no. 3, pp. 319–340, Sep. 1989.
- [2] E. M. Rogers, *Diffusion of Innovations*, 5.^a ed. New York, NY, USA: Free Press, 2003.
- [3] Ministerio de Agricultura de Colombia, Coseche, Venda a la Fija: Informe de resultados 2018–2019, Bogotá, Colombia, 2020.
- [4] Contexto Ganadero, "Impacto de ComprAgro en la comercialización directa de productos agrícolas," Contexto Ganadero, 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.contextoganadero.com>
- [5] Contexto Ganadero, "Impacto de Fruvii en la comercialización directa de productos agrícolas," Contexto Ganadero, 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.contextoganadero.com>
- [6] El País, "SiembraCo desintermedió la cadena del plátano: caso de éxito," *El País*, 15 Mar. 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.elpais.com>
- [7] M. Velandía, R. Pardo, y S. González, "Factores determinantes en la adopción de plataformas digitales por pequeños productores en Risaralda y Caldas," *Revista UNAD de Investigaciones Agropecuarias*, vol. 5, no. 2, pp. 77–95, 2020.
- [8] J. Montoya y P. Salazar, "Difusión de innovaciones digitales en redes de productores de Antioquia," *Revista de Economía Rural*, vol. 8, no. 2, pp. 123–139, 2019.
- [9] C. Ruiz, J. Fernández, y M. Torres, "Desintermediación digital y cadenas de valor en el sector agropecuario del Valle del Cauca," *Revista de Desarrollo Local*, vol. 12, no. 3, pp. 89–107, 2021.
- [10] L. Gómez y M. Álvarez, "Impacto del comercio electrónico en la comercialización de café especial en Quindío," *Revista Colombiana de Agronegocios*, vol. 15, no. 1, pp. 45–60, 2022.
- [11] Food and Agriculture Organization, *The state of food and agriculture 2021: Post-harvest losses and food waste*, FAO, 2021.
- [12] Universidad de los Andes, *Brecha digital y adopción de plataformas de comercio electrónico en el agro colombiano*, Universidad de los Andes, 2022.
- [13] Universidad Nacional Abierta y a Distancia, *Transformación digital en el sector agropecuario*, UNAD, 2021.
- [14] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, *Estrategias de inclusión digital en zonas rurales*, MinTIC, 2021.
- [15] J. W. Creswell, *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*, 4.^a ed. Thousand Oaks, CA, USA: SAGE, 2014.
- [16] L. García y P. Mendoza, "Métodos de investigación en contextos rurales: Una aproximación a la digitalización en el agro," *Revista Colombiana de Innovación y Desarrollo Rural*, vol. 12, no. 2, pp. 45–60, 2018.
- [17] Congreso de la República de Colombia, Ley 527 de 1999: Por la cual se reglamenta el uso de mensajes de datos, comercio electrónico y firmas digitales, *Diario Oficial* No. 43.267, 1999.
- [18] Congreso de la República de Colombia, Ley 1480 de 2011: Por la cual se expide el Estatuto del Consumidor, *Diario Oficial* No. 48.885, 2011.
- [19] Congreso de la República de Colombia, Ley 1581 de 2012: Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales, *Diario Oficial* No. 48.648, 2012.
- [20] Gobierno de Colombia, MinTIC, Decreto 2364 de 2012: Reglamentario de la Ley 527 de 1999, *Diario Oficial* No. 48.812, 2012.
- [21] Gobierno de Colombia, MinTIC, Decreto 1377 de 2013: Por medio del cual se reglamenta parcialmente la Ley 1581 de 2012, *Diario Oficial* No. 49.542, 2013.
- [22] Open Web Application Security Project, OWASP Top 10 – 2021: The ten most critical web application security risks, OWASP Foundation, 2021.
- [23] ISO/IEC 27001:2013, *Information technology — Security techniques — Information security management systems — Requirements*, ISO, 2013.
- [24] Apache Friends, *WampServer documentation*, 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.wampserver.com>
- [25] Microsoft, *Visual Studio Code documentation*, 2023. [En línea]. Disponible: <https://code.visualstudio.com/docs>
- [26] MySQL Documentation Team, *MySQL 8.0 Reference Manual*, Oracle, 2023. [En línea]. Disponible: <https://dev.mysql.com/doc/>
- [27] PHP Group, *PHP Manual*, 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.php.net/manual/es/>
- [28] W3C, *HTML5: A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML*, 2014. [En línea]. Disponible: <https://www.w3.org/TR/html5/>
- [29] W3C, *CSS Flexible Box Layout Module Level 1*, 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.w3.org/TR/css-flexbox-1/>
- [30] GitHub, Inc., *GitHub Issues documentation*, 2023. [En línea]. Disponible: <https://docs.github.com/issues>
- [31] Composer, *Composer documentation*, 2023. [En línea]. Disponible: <https://getcomposer.org/doc/>
- [32] diagrams.net, *diagrams.net documentation*, 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.diagrams.net/doc/>