TRABAJO DE GRADO
Opción Seminario-Diplomado.

Optimización de la cadena de suministro Agroalimentario en Córdoba a través de Blockchain y contratos inteligentes: En procesos de producción, distribución y comercialización.

Profesor:
Juan Pablo Uribe

Estudiante:

Melqui Alexis Herrera Arroyo
Ingeniería Industrial

Corporación Universitaria Remington.
Facultad de ingeniería

Seminario trabajo de grado

2025

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a Dios, quien me ha dado las fuerzas y los medios para legar a este punto de mi carrera como profesional, seguidamente a mi familia por el apoyo incondicional, a todos y cada uno de los docentes que aportaron de su tiempo y paciencia para contribuir en mi desarrollo como profesional.

Agradecimientos

Agradecido con Dios por permitirme culminar mi carrera universitaria, agradecer a mi familia por todo el apoyo los cuales siempre confiaron en mí, a mi padre y mi madre, ¡a los tutores en general y a toda la familia Remington Gracias!

Tabla de Contenidos

1. Resumen 5
2. Marco conceptual y contextual 6
2.1 El blockchain introducido en la cadena de suministro del sector agroalimentario 6
2.2 factores que influyen. 7
3 Diseño de la solución basada en blockchain 9
3.1 Objetivo General 9
3.2 Objetivos específicos. 10
3.3 Alcance y actores 10
3.4 **Flujo de operación** 11
3.5 Metodología y fuentes de datos 11
3.6 Generación de conocimiento 11
3.7 Innovación y rentabilidad. 12
4 Figuras y tablas 13
5 Conclucion 14
6 Referencias bibliograficas 15

1. Resumen

Este trabajo de grado aborda la implementación de la tecnología blockchain en la cadena de suministro del sector agrícola y alimentario en el departamento de Córdoba, Colombia. La investigación se centra en analizar cómo esta tecnología ayuda a mejorar de manera considerable la trazabilidad, transparencia y la eficiencia en: La producción, distribución y comercialización de productos agrícolas. Se revisaron casos de uso internacionales y experiencias locales en digitalización de cadenas de suministro, con el fin de establecer la viabilidad de implementar blockchain en la región.

Palabras clave

- **Blockchain.**
- **Agroalimentario**
- **Cadena de suministro.**
- **Producción.**
- **Distribución.**
- **Comercialización.**

2. Marco conceptual y contextual

2.1 El blockchain introducido en la cadena de suministro del sector agroalimentario

El blockchain es una tecnología nueva que integra un registro distribuido que permite almacenamiento seguro de información, transparente garantizando inmutabilidad. En el contexto agroalimentario, esta tecnología ha sido utilizada para garantizar el seguimiento de los alimentos desde su cosecha en la finca hasta el consumidor final. En Córdoba, un departamento con vocación agrícola, la cadena de suministro actualmente enfrenta desafíos asociados con la informalidad, la falta de control de calidad y la escasa digitalización. De acuerdo con el DANE (2024), más del 60% de los productores de plátano y maíz en Córdoba venden su producción a intermediarios sin registros formales, lo que dificulta la competitividad en mercados nacionales e internacionales. Blockchain ofrece una solución para mejorar la confianza entre productores, compradores y consumidores al permitir el registro seguro de cada transacción dentro de la cadena de suministro.

Según el perfil territorial de la UPRA para Córdoba (reporte 2022), los cultivos con mayor participación por área fueron: maíz 32.6%, arroz 17.5%, plátano 15.7%, yuca 13.3% y ñame 6.1%. El departamento reportó para 2022 un área sembrada total de 206.871 ha, área cosechada 189.818 ha, y una producción estimada de 1.315.924 toneladas. Estos datos constituyen la base cuantitativa del estudio.

Además, a nivel nacional la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA 2023) reportó que el uso agrícola representó 4.700.303 ha (9.4% del uso del suelo) y que la agricultura y seguridad alimentaria rural presentan desafíos en algunas regiones, entre ellas Córdoba. Adicionalmente, organismos como la FAO (2023) han señalado que la digitalización de las cadenas de valor agrícolas puede incrementar hasta en un 20% la productividad y en un 15% la reducción de pérdidas postcosecha. En este sentido, Córdoba podría beneficiarse de la implementación de plataformas blockchain para fortalecer su sector agrícola, especialmente en productos estratégicos como cacao, plátano y maíz.

Las tendencias digitales pueden ayudar a que el funcionamiento de los mercados sea más eficiente, también ayuda a mejorar en el ingreso de los agricultores a a tales mercados. estas tecnologías también se pueden implementar y a su vez aprovechar para abarcar múltiples fallas por las que pueda estar pasando el sector, facilitando la incorporación de muchos pequeños agricultores en los mercados generando aprovechamiento y aportando beneficio a las cadenas de valor, en un sector donde el monopolio y la competencia desigual son el pan de cada día, esta tecnología llega a cerrar la brecha y a eliminar la intermediación en donde la mayoría de las veces nuestros campesinos pierden grandes cantidades de dinero, llevándolos directamente a la quiebra o en ocasiones a bajar su

aporte en el sector, llevando el sector a enfrentar crisis en su crecimiento lo que muchas veces se convierte en escasez de alimentos, generalmente ocasionada quizá apropósito por los intermediaros, es ahí donde sacan su mayor tajada, los precios de los productos se elevan y los intermediarios se llevan el mejor provecho, cuando el campesino ve que el producto tiene un buen precio en el mercado, busca incrementar sus cultivos y cosechar más productos, llega nuevamente el intermediario y ocasiona una situación de "sobre abastecimiento" nuevamente estropeando el bolsillo del campecino, son estos intermediarios los que busca eliminar la tecnología Blockchain, entrando con trazabilidad efectiva, contratos inteligentes, manejo fiable de la informacion, con una base de datos sólida y en tiempo real, con registros históricos los cuales ayudan a predecir los comportamientos a futuro del los diferantes mercados de productos. Aprovechando al máximo los tiempos de siembre, atención y cosecha de los productos, lo que, aporta confianza y tranquilidad a los campesinos agricultores.

Las tecnologías digitales pueden promover el comercio internacional y mejorar efectivamente los arreglos institucionales basados en el mercado para contribuir a las tres dimensiones de la sostenibilidad.
(*Tecnologías digitales para los mercados de alimentos | Mercados y Comercio | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura | Mercados y Comercio |*, s. f.)

2.2 factores que influyen.

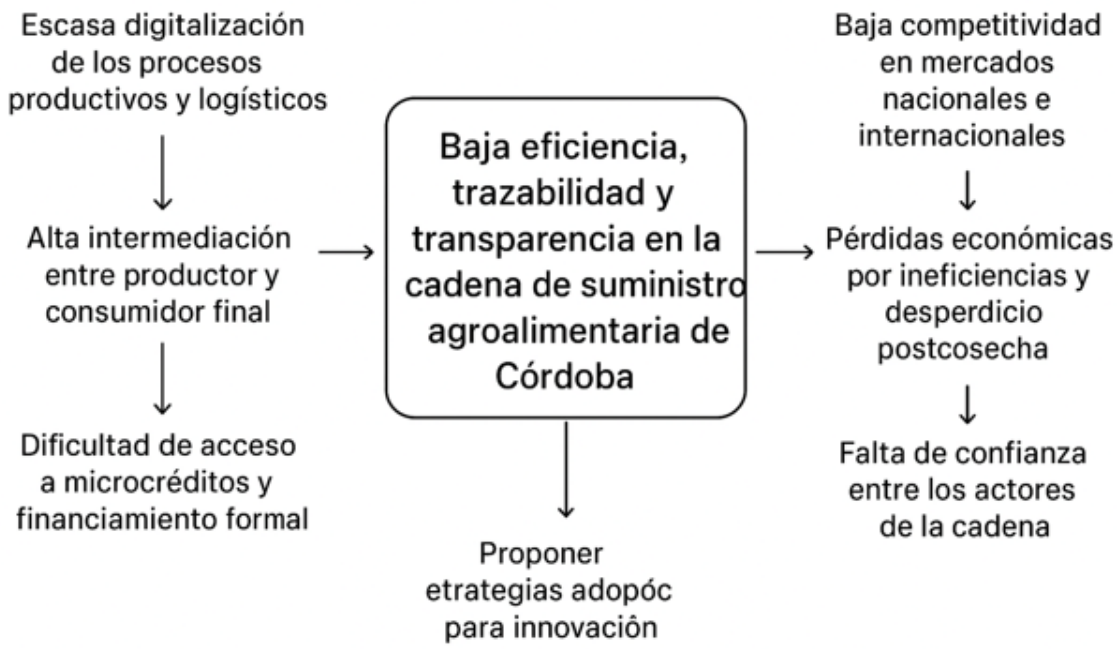
Muchos factores llegan a relucir en cuando a la implementación y puesta en marcha de la tecnología, unos más relevantes que otros, pero cuando hablamos del factor humano específicamente los terceros, juegan un papel critico debido a los resultados que se puedan llegar a tener , toda vez que la intervención humana juega un papel muy importante, en cuanto a la implementación de las mejoras, toma de decisiones, trazabilidad de los proceso, seguir trabajando en base a los resultados basados en datos históricos. Es ahí donde se pueden controlar los diferentes movimientos que llegue a tener los diferentes mercados de los productos, información que beneficiará en el presente y en el futuro.

Los resultados de las investigaciones son documentales sobre la aplicación e implementación de la tecnología del blockchain interviniendo en los diferentes procesos que contribuyen a la seguridad agroalimentaria muestran que varios factores permiten fortalecer la implementación e influyen en la competitividad de la cadena de suministro. (Alzate et al., 2023a)

La tecnología Blockchain, es una herramienta de innovación que podemos poner en funcionamiento en el sector agrícola, estudios a nivel mundial han demostrado su eficacia en los procedimientos agrícolas y especialmente en la cadena de suministro del sector. en el año 2020 en medio de la pandemia esta tecnología benefició al 85% de la poblacion colombiana en cuanto al manejo de la cadena de suministro, nuevas plataformas de recolecta, trazabilidad y entrega de productos, nuevas formas de comprar, nuevas formas de pagar, esta tecnología ofrece establecer contratos inteligentes, donde el consumidor y vendedor pueden cerrar sus negocios adquiriendo productos con un solo clic, eliminando de inmediato la intervención de los mal llamados intermediarios, quienes en la mayoría de los casos sacan más provecho que el comprador y el vendedor mismo, esta pandemia nos dio el impulso que necesitábamos para llevar esta tecnología mas allá, y llegar hasta el Campo, en donde la implementación de esta es un éxito total, Córdoba siendo una tierra 100% agrícola, caracterizada por sus cultivos de yuca, ñame, algodón, y la ganadería en su máxima extensión, la tecnología ofrece seguridad, trazabilidad y transparencia, logrando expandir el mercado y el ingreso de tecnologías asociadas, aplicaciones telefonicas de monitoreo, siembra, seguimiento y control de plagas, en la ganadería y la industria cárnica, un registro único por animal, hoja e historia de vida de cada animal. Esto ofrece tranquilidad y transparencia al comprador y el consumidor final. Adicionalmente registro y control de la natalidad generando seguimiento una trazabilidad en tiempo real.

los elementos tecnológicos generan competitividad en empresas con blockchain en sus trámites, que promuevan altos niveles de transparencia, seguridad de datos, descentralización entre otros términos asociados a la confianza y se desarrolla una mejor relación con el consumidor y mayor número de ventas aumentando. la rentabilidad.
(Alzate et al., 2023a)

Figura 1: Árbol de problemas (propia, 2025)



3 Diseño de la solución basada en blockchain

3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de trazabilidad basada en blockchain para los cultivos de maíz y plátano en un municipio piloto de Córdoba, que registre: datos de siembra, insumos, certificaciones, lotes, transporte y entrega al comprador, y que sirva como evidencia para el acceso a microcrédito.

3.2 Objetivos específicos.

- Diagnosticar el estado actual de la cadena de suministro agroalimentaria en el departamento de Córdoba, identificando sus principales limitaciones en trazabilidad, digitalización y formalización de procesos.
- Analizar los factores tecnológicos, organizativos y económicos que afectan la competitividad y transparencia de los pequeños y medianos productores del sector agroalimentario.
- Evaluar experiencias nacionales e internacionales de implementación de blockchain y contratos inteligentes aplicados a cadenas agroalimentarias, para determinar buenas prácticas adaptables a la región.
- Diseñar un modelo de sistema blockchain permissionado que registre las transacciones de la cadena (producción, transporte, acopio y comercialización), integrando contratos inteligentes para automatizar pagos y certificaciones.
- Proponer estrategias de adopción tecnológica y fortalecimiento de capacidades (formación, infraestructura digital, apoyo institucional) que faciliten la implementación del sistema de trazabilidad en Córdoba.
- Determinar el impacto potencial del uso de blockchain sobre la rentabilidad, confianza y sostenibilidad de los actores involucrados en la cadena de suministro agroalimentaria.

3.3 Alcance y actores

Actores: pequeños y medianos productores, cooperativas, centros de acopio, transportistas, compradores (procesadores y comercializadores), autoridad municipal y entidades financieras locales.

Arquitectura técnica

Capa de datos y dispositivos: QR/QR dinámicos por lote, puntos de captura móvil (Android), sensores básicos (temperatura/humedad) en acopios.

Capa de red: Blockchain permissionada (Hyperledger Fabric o Algorand permisoed), donde nodos son: cooperativa, alcaldía, cámara de comercio, y un nodo auditor.

Smart contracts: Registro de lotes, comprobantes de entrega, liberación automática de pagos cuando se cumplen condiciones (calidad, entrega, inspección).

Interfaz usuario: App móvil ligera y panel web para compradores y auditores.

3.4 **Flujo de operación**

- Registro del lote en la app (productor) con huella térmica y datos básicos.
- Generación de QR vinculado a un token de trazabilidad en la blockchain.
- Registro de transporte y llegada a centro de acopio.
- Inspección y aceptación por comprador; si se acepta, contrato inteligente libera pago parcial o total.
- Datos de trazabilidad servirán para historial y para solicitar financiamiento.

3.5 Metodología y fuentes de datos

Se emplea metodología mixta:

Revisión documental: estudios sobre blockchain aplicada a agrocadenas (BID Lab, publicaciones académicas, informes de consultoras como Deloitte).

Análisis estadístico: uso de datos oficiales UPRA y DANE (ENA y SIPSA) para estimaciones de producción y precios mayoristas.

Diseño participativo: talleres con actores locales.

3.6 Generación de conocimiento

La generación de conocimiento de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) está en una etapa media. Se trabajó en evaluar la aplicación de la tecnología blockchain como podría intervenir en la mejora de la cadena de suministro agroalimentaria, fortaleciendo la confianza del agricultor con los distribuidores y finalmente los consumidores finales. Garantizando fiabilidad y transparencia en todos los procesos en los que antevenga dentro de la cadena de suministro. Esta tecnología está en constante crecimiento aportando gran valor en los procesos de producción, distribución, comercialización y consumo. Tanto de materias primas, productos y alimentos procesados del sector cárnico.

Esta tecnología está en constante crecimiento, el dinamismo de sus aplicaciones es de interés para empresarios, emprendedores y personal de investigación e innovación

porque están en constante búsqueda de su implementación en los procesos de producción, distribución, comercialización y consumo de materias primas, subproductos y alimentos procesados.
(Alzate et al., 2023a)

3.7 Innovación y rentabilidad.

Para estimar la relación entre innovación y rentabilidad, se realizó un análisis de conglomerados, utilizando la relación beneficio/costo de la actividad productiva, estudiando la adopción y la velocidad de los procesos de innovación. Las mayores tasas de innovación se relacionan con la producción y conservación de recursos naturales (75%), lo que permite que las fincas con producción ancestral y mayor innovación presenten una mayor rentabilidad.

Optimizacion productiva.

Al optimizar la cadena productiva del sector agropecuario en Colombia será posible aprovechar los residuos agroindustriales, reduciendo los impactos ambientales con la reutilización de residuos potencialmente contaminantes y con altos costos de disposición final, reduciendo también paulatinamente el consumo de combustibles derivados del petróleo, emisión de $CO2_{y}$ otros contaminantes; adicionalmente, la optimización del ciclo productivo podrá generar empleo en cada etapa, favoreciendo la mano de obra no calificada y del sector rural, impulsando el crecimiento de las áreas agrícolas
(Alzate et al., 2023a)

Con el blockchain se implementará el sistema de códigos de barras lo que permitirá llevar un seguimiento y trazabilidad en tiempo real de los productos, ocasionando transparencia y tranquilidad al consumidor final, eliminado discrepancias en los productos, lo que garantiza una correcta manipulación de entrega y en una eventual reclamación se llevaría en el menor tiempo posible.
También estos códigos de barras garantizan autenticidad de los productos, eliminando la posibilidad del ingreso a la cadena productos imitados que no cumplan con las condiciones de calidad.
Se le brindará capacitaciones a todo el personal involucrado en los procesos para que se pueda llevar un registro y una trazabilidad real, tanto de los posesos como de los productos, clientes y operaciones.

Estudios demuestran que, para obtener una mayor competitividad, las empresas deben realizar mejoras como la búsqueda de nuevos mercados, proyectar más trabajo en la consecución de códigos de barras para todos los productos, programas de capacitación al personal.
(Alzate et al., 2023b)

4 Figuras y tablas

Gráfica 1. (*Evaluación Final, Eva 2024.pdf*, s. f.)

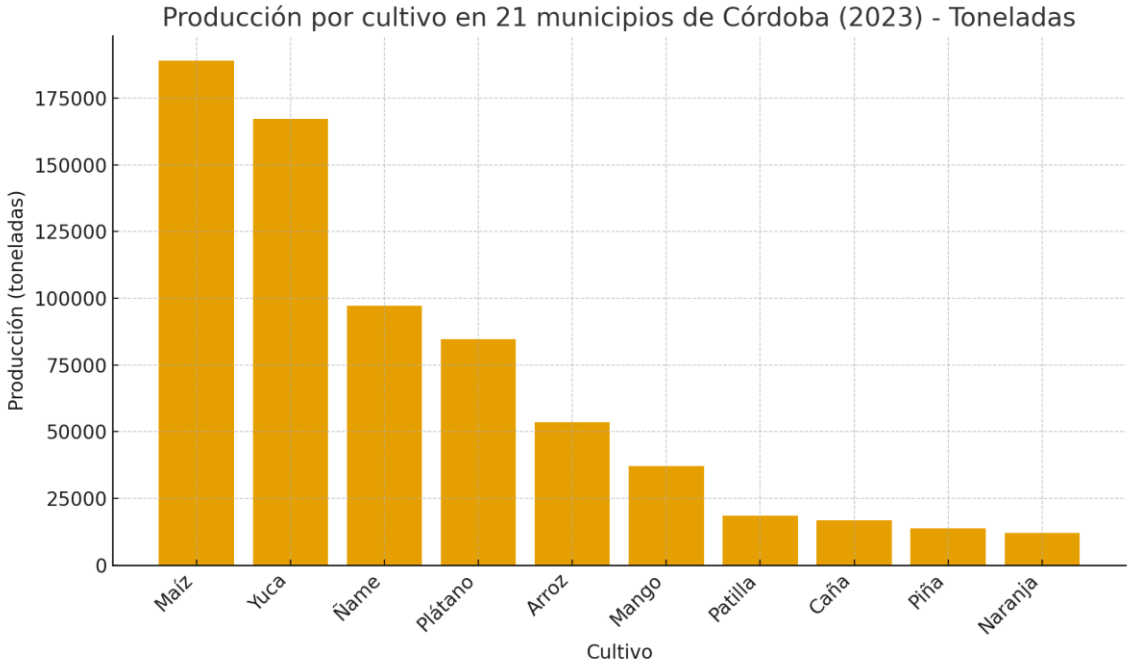


Tabla 1. Producción por cultivo en 21 municipios de Córdoba (2023) - Toneladas. (*2024 | UPRA*, s. f.)

Cultivo	Producción (toneladas)
Maíz	189.002
Yuca	167.273
Ñame	97.204
Plátano	84.623
Arroz	53.579
Mango	37.142
Patilla	18.538
Caña	16.770
Piña	13.828
Naranja	12.120

5 Conclucion

Para concluir se puede decir que la tecnología blockchain aporta al sector agrícola grandes beneficios que no solo ayudan al agricultor sino que aporta valor a toda la cadena de suministro hasta el consumidor final, brindando tranquilidad y transparencia en todos los procesos, mediante los contratos inteligentes, los cuales son diseñado de manera que sean inmutable lo que significa que no pueden ser manipulados ni modificados por terceros, los productos llegan a tener la mejor calidad gracias a su trazabilidad en el proceso y la efectividad de la información. Los agricultores trabajan seguros dados que sus cultivos se encuentran respaldados por estadísticas precisas y programas que ayudan al monitoreo de los cultivos en tiempo real, ayudando a su fertilización y control de plagas, elimina de raíz los mal llamados intermediarios, el principal problema en la cadena de suministro, dado que, estos son los que se llevan la mejor porción aún cuando ocasionan un desbalance en el comportamiento de los mercados, creando monopolios y llevando a las competencias desleales. Gracias a la tecnología Blockchain estos problemas pasan a ser de un segundo plano, generando más valor a la cadena de suministro agroalimentario.

La aplicación de blockchain en la cadena de suministro agrícola de Córdoba puede ofrecer mejoras reales en trazabilidad, disminución de intermediación injustificada,

fortalecimiento de la posición negociadora del productor y apertura a nuevos instrumentos financieros basados en historial verificable.

6 Referencias bibliograficas

2024 | UPRA. (s. f.). Recuperado 14 de octubre de 2025, de https://upra.gov.co/es-co/taxonomy/term/74?page=2

Alzate, P., Giraldo, D., Alzate, P., & Giraldo, D. (2023a). Tendencias de investigación del blockchain en la cadena de suministro: Transparencia, trazabilidad y seguridad. *Revista Universidad y Empresa*, *25*(44). https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.12451

Alzate, P., Giraldo, D., Alzate, P., & Giraldo, D. (2023b). Tendencias de investigación del blockchain en la cadena de suministro: Transparencia, trazabilidad y

seguridad. *Revista Universidad y Empresa*, *25*(44). https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.12451

Evaluación Final, Eva 2024.pdf. (s. f.). Recuperado 14 de octubre de 2025, de https://upra.gov.co/sites/default/files/2025-06/Evaluaci%C3%B3n%20Final%2C%20Eva%202024.pdf

González-Puetate, I., Marín-Tello, C., Pineda, H. R., González-Puetate, I., Marín-Tello, C., & Pineda, H. R. (2022). Agri-food safety optimized by blockchain technology: Review. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, *75*(1), 9839-9851. https://doi.org/10.15446/rfnam.v75n1.95760

Tecnologías digitales para los mercados de alimentos | Mercados y Comercio | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura | Mercados y Comercio |. (s. f.). MarketsAndTrade. Recuperado 14 de octubre de 2025, de https://www.fao.org/markets-and-trade/areas-of-work/emerging-trends-challenges-and-opportunities/agricultural-policy/digital-technologies-for-food-markets(2)/es