



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**Modelo de trazabilidad de la leche de vaca para asegurar la calidad en la cadena de
distribución en el Ecuador basado en tecnología Blockchain**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero de Sistemas

AUTOR: William Ismael Paguay Intriago

TUTOR: Joe Frand Llerena Izquierdo

Guayaquil – Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, William Ismael Paguay Intriago con documento de identificación N° 0955949169 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 01 febrero del año 2024

Atentamente,



William Ismael Paguay Intriago

0955949169

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, William Ismael Paguay Intriago con documento de identificación N° 0955949169, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Artículo Académico: “**Modelo de trazabilidad de la leche de vaca para asegurar la calidad en la cadena de distribución en el Ecuador basado en tecnología Blockchain**”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero de Sistemas, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 01 febrero del año 2024

Atentamente,



William Ismael Paguay Intriago

0955949169

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Joe Frand Llerena Izquierdo con documento de identificación N° 0914884879, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **Modelo de trazabilidad de la leche de vaca para asegurar la calidad en la cadena de distribución en el Ecuador basado en tecnología Blockchain**, realizado por William Ismael Paguay Intriago con documento de identificación N° 0955949169, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 01 febrero del año 2024

Atentamente,



Joe Frand Llerena Izquierdo
0914884879

DEDICATORIA

En las páginas de mi historia, ustedes son los personajes principales que han dado forma a mi narrativa con amor, comprensión y fortaleza. A mis padres, agradezco la luz de su guía, la calidez de su apoyo y la enseñanza de valores que han esculpido mi carácter. A mis hermanos, cada uno de ustedes es un capítulo único y esencial en mi vida, lleno de risas compartidas y la seguridad de saber que nunca estoy solo.

En los momentos de triunfo y desafío, su presencia ha sido mi refugio, y su amor, la fuerza que impulsa mis sueños. Esta dedicatoria es un modesto homenaje a la unidad, la complicidad y el amor incondicional que nos une como familia. Agradezco cada instante que hemos compartido y anhelo con anticipación los muchos más que están por venir.

Con todo mi amor.

AGRADECIMIENTO

Quiero dedicar unas palabras de agradecimiento a dos pilares fundamentales en mi vida: mis padres y mis amigos. A mi madre y padre, quienes han sido mi fuente inagotable de amor, sabiduría y apoyo incondicional. Su guía constante y sacrificios han sido la luz que ha iluminado mi camino, dándome las herramientas para enfrentar los desafíos y celebrar los triunfos. Cada sacrificio que han hecho por mí no pasa desapercibido, y mi gratitud hacia ustedes es infinita.

A mis amigos, mi segunda familia, les agradezco por su lealtad y alegría compartida. Sus risas han sido el eco de los momentos más felices, y su apoyo ha sido el salvavidas en momentos difíciles. Juntos hemos tejido recuerdos imborrables que adornan mi vida como gemas preciosas. Gracias por ser los compañeros de este viaje, por crecer conmigo y por ser la red que me sostiene. Mi corazón rebosa de gratitud por la bendición de tener a personas tan maravillosas en mi vida.

RESUMEN

La producción anual de Ecuador es 5.7 millones de litros de leche de vaca, si se registran manualmente las transacciones acerca de la entrega de leche en archivos impresos y luego se almacenan o se pierden, entonces estos registros pueden ser modificados o eliminados. El objetivo general es diseñar un modelo de trazabilidad de la Leche de vaca para asegurar la calidad en la cadena de distribución en el Ecuador basado en tecnología Blockchain. En la metodología, se utiliza revisiones sistemáticas-metanálisis (PRISMA), el análisis de los artículos seleccionados, la tabulación en una hoja electrónica, la deducción, la inducción, la descripción del modelo propuesto, y una tabla comparativa. El análisis bibliográfico obtuvo 26 artículos científicos sobre Blockchain utilizada en la logística de la leche de vaca, y se concluye que sensores, QR y RFID pueden solucionar la captura de datos. Se propuso un modelo llamado “NUTRI-UPS-BC” basado en Blockchain Ethereum formado de 6 etapas y los actores son Productor de Leche Cruda, el Laboratorio de la Agencia de Regulación y Control del Ecuador, el Procesador, el Transportista, el Distribuidor y la Tienda Minorista. El modelo “NUTRI-UPS-BC” cumple con 12 de 22 características halladas en las investigaciones científicas, el puntaje promedio de los 26 artículos es 9.65 y “NUTRI-UPS-BC” supera este promedio. Esto concluye que 14 artículos científicos y el modelo propuesto son factibles para adoptar y su posible implementación.

Palabras claves: Leche de vaca, tecnología Blockchain, Trazabilidad, Cadena de distribución.

ABSTRACT

Ecuador's annual production is 5.7 million liters of cow's milk, if transactions about milk delivery are manually recorded in paper files and then stored or lost, then these records can be modified or deleted. The general objective is to design a traceability model for cow's milk to ensure quality in the distribution chain in Ecuador based on Blockchain technology. In the methodology, systematic reviews-meta-analysis (PRISMA), analysis of selected articles, tabulation in an electronic sheet, deduction, induction, description of the proposed model, and a comparative table are used. The bibliographic analysis obtained 26 scientific articles on Blockchain used in cow's milk logistics, and it is concluded that sensors, QR and RFID can solve data capture. A model called "NUTRI-UPS-BC" based on Blockchain Ethereum formed of 6 stages was proposed and the actors are Raw Milk Producer, the Laboratory of the Regulation and Control Agency of Ecuador, the Processor, the Transporter, the Distributor and the Retail Store. The "NUTRI-UPS-BC" model meets 12 of 22 characteristics found in scientific research, the average score of the 26 articles is 9.65 and "NUTRI-UPS-BC" exceeds this average. This concludes that 14 scientific papers and the proposed model are feasible to adopt and their possible implementation.

Key words: Milk of Cow, Blockchain Technology, Traceability, Distribution Chain.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
2.1. Leche de vaca	14
2.2. Cadena de distribución de la leche de vaca.....	14
2.3. Blockchain.....	14
2.4. Gestión de datos para leche de vaca sobre Blockchain.....	15
2.5. Trazabilidad de alimentos sobre Blockchain	15
3. METODOLOGÍA	17
4. RESULTADOS.....	19
4.1. Revisión de literatura para explorar modelos de trazabilidad sobre productos lácteos enfocados a la tecnología Blockchain.	19
4.2. Diseño de un modelo de trazabilidad del producto de la Leche de vaca en la cadena de distribución en Ecuador basado en tecnología Blockchain.	23
4.3. Evaluación del modelo para conocer la factibilidad operativa en el contexto ecuatoriano que aseguren la calidad mediante una tabla comparativa.	26
5. DISCUSIÓN.....	29
6. CONCLUSIÓN.....	30
REFERENCIAS	31

1. INTRODUCCIÓN

En forma tradicional, las aplicaciones informáticas se desarrollan de manera centralizada, los datos recopilados, almacenados y analizados están sobre una estructura central; la información no es accesible públicamente, ni los clientes no confían en estos sistemas centralizados. Algunos de los participantes en la producción y distribución de leche de vaca son: Productores, transportistas de leche, comerciantes, empresas de procesamiento, mayorista, minoristas, entre otras organizaciones. Al no existir un entorno integral de información sobre la leche de vaca, algunos de los problemas que se presentan son: No existe consenso sobre la información que se debe intercambiar entre los participantes ni la forma de intercambio; no existe la confianza mutua entre los socios basados en su conducta; no existe un intercambio integral de información apoyado al alguna tecnología; la información no está completamente digitalizada, no existen conexiones entre las instalaciones de producción, maquinarias, sistemas de suministro, productos finales y clientes; los datos no son recopilados ni compartidos que generen información operativa y por lo tanto no existe información de mercado en tiempo real (Niya et al., 2020).

La leche tiene una corta vida útil y muy perecible, esto genera que un sistema de suministro de alimentos lácteos que afronte muchos problemas o desafíos de seguridad a largo del procesamiento, operación y transporte; algunos de los escándalos de seguridad sobre alimentos lácteos son: la leche infantil contaminada indujo la enfermedad de 146 niños en Francia-2005; un fraude de leche causó más de 300 mil fallecimientos en China-2008; la empresa Fonterra retiró mil toneladas de suero contaminado y mercancías relacionadas en 7 países del 2013; la empresa Walmart retiró 23 mil contenedores de leche infantil contaminada a nivel mundial en 2019. Los sistemas de seguimiento sobre información son lentos, complicados, el volumen de la información en aumento afecta la identificación y verificación desde el origen de los productos lácteos, pasando por el transporte y documentación; los procesos son complejos y diferentes en el manejo de alimentos lácteos como pasteurización y etiquetado del producto, y además los mercados globalizados problematizan el seguimiento. Existen escándalos relacionados con la leche y la falta de intercambio de información que ha tergiversado la confianza de los clientes que compran en las tiendas minoristas; además existe retiros de leche en los mercados, y las preocupaciones de los clientes sobre leche contaminada han generado pérdidas o desperdicios. Al año 2019, el mercado mundial de trazabilidad sobre alimentos fue valorado en 14 mil millones de dólares americanos, para el año 2025 se espera sea 22 mil millones de dólares americanos. A nivel mundial durante el año 2020, el consumo de leche

líquida de vaca fue 81 millones de toneladas y el uso de productos lácteos fue de 222 mil millones de libras; aunque por los problemas del sistema de suministro se han generado enfermedades que causaron 760 mil fallecimientos infantiles anuales (Fang & Stone, 2021).

Garantizar la calidad en los alimentos agrícolas o mantener un entorno que permita la trazabilidad de los alimentos, son limitaciones en las granjas lecheras. La leche cruda es una materia prima obtenida para su traspaso al sector procesador de lácteos de acuerdo con los tiempos de ordeño diario; la falta de promoción o construcción de algún entorno o sistema de vigilancia sobre la calidad de la leche inhabilita la utilización real de datos a nivel de granja, esos datos pueden ser adicionados durante la producción, transporte y comercialización. La trazabilidad es una primicia de garantía sobre la calidad de los alimentos durante la cadena de fabricación o distribución, desde el productor hasta el consumidor (Mosquera Jarrín, 2023); esta primicia apunta a la calidad y la seguridad alimentaria que se puede aumentar en los agricultores, la garantía de la calidad en los alimentos agrícolas por medio de un entorno que permite la trazabilidad de estos. En lugares como Estados Unidos o la Unión Europea, la trazabilidad es un requisito empresarial, además que sean cuidadosos con el medio ambiente desde la producción, fabricación, comercialización al cliente (Calle Tapia, 2023; Hemnil et al., 2023).

De acuerdo con la Corporación Financiera Nacional del Ecuador en el año 2022, existen 72 empresas con 752 empleados que se dedican a la producción de leche de vaca, además existen 109 empresas con 4443 empleados que se dedican a elaborar productos lácteos. La provincia de mayor producción de leche es Pichincha y la provincia de mayor elaboración de lácteos es Guayas. La producción anual de Ecuador es 5.7 millones de litros de leche obtenidas de 846 mil vacas con un rendimiento promedio de 7 litros de leche por cada vaca. Además, el 75% de la producción de leche fue vendida en estado líquido. La elaboración de productos lácteos a partir de la leche en el año 2022 es 238 millones de dólares americanos (CFN Ecuador, 2022).

De acuerdo a Niya (Niya et al., 2020), se puede aprovechar o utilizar Blockchain para la trazabilidad y transparencia, existe el beneficio de la accesibilidad abierta; Blockchain se utiliza en el seguimiento de la cadena de suministro que satisface los requisitos como: capacidad de rastrear la historia de alimentos, acceso público a los datos de los procesos de la cadena de suministro, y confiabilidad de la información (Miñan Parrales, 2022).

Blockchain se utiliza en áreas como atención médica (Cruz Calero, 2022; Melendrez-Caicedo & Llerena-Izquierdo, 2022; Zerega-Prado & Llerena-Izquierdo, 2022) finanzas (Reyes

Sarmiento, 2022), la cadena de suministro de energía, gobierno, Internet de las cosas, entre otras (Arguello Lino & Coca Hidalgo, 2023). Se basa en un enfoque de distribución de nodos que están interconectados. Algunos tipos de Blockchain son autorizados, sin autorización y consorcio (Mohammed et al., 2023).

Todo alimento es esencial para asistir el crecimiento y desarrollo del ser humano, entonces es necesario asegurar la inocuidad de los alimentos como un derecho humano; un sistema de suministro de alimentos es complejo que inicia en la producción y finaliza en los consumidores; la tecnología Blockchain evita el fraude alimentario, minimiza la producción ilegal, evita las enfermedades transmitidas por los alimentos y evita retirar alimentos. Los problemas de seguridad alimentaria sobre la leche impactan en la confianza de los clientes o consumidores, en la marca de la organización, la salud humana, la economía social y sobre el ecosistema; entonces, existe una seria necesidad de diseñar o desarrollar un entorno de suministro de alimentos para trazabilidad o seguimiento que sea eficiente (Escalante Quimis, 2021; Guaman Villalta, 2021).

Un modelo de trazabilidad tiene el beneficio en desalentar o prevenir la distribución de alimentos inseguros a los clientes; el proceso de gestión de calidad implica mantener datos útiles en la producción y utilización de la información, se puede reflejar las amenazas, la gestión de riesgos, entender los sistemas de información y utilizar los recursos en mejor forma, la trazabilidad es una entrada a la competitividad global. Mejorar la calidad de los alimentos durante la cadena ayuda a ser competitivo, minimizar la contaminación de los alimentos, incrementa la confianza o satisfacción de los clientes, disminuir los accidentes alimentarios, evitar situaciones de intoxicación, proporciona información valiosa sobre la calidad y seguridad de los alimentos (Hemnil et al., 2023).

La trazabilidad garantiza la calidad y seguridad de todo alimento, y ayuda en la logística de alimentos durante la cadena de suministro de productos. En Blockchain, la capacidad de seguimiento-trazabilidad-localización es eficiente y en tiempo real para que acciones como control o retiro de productos sea más eficaz y aumenta la seguridad de la leche.

El modelo que se propone en esta investigación tiene como utilidad principal la trazabilidad o seguimiento de un alimento vital para el ser humano; la trazabilidad garantiza un control de calidad durante toda la cadena de distribución desde el productor hasta el consumidor final. Los datos que se capturan sirven para este propósito y son almacenados en una cadena de

transacciones inmutable, es decir no se pueden alterar en ningún momento; esta tecnología llamada Blockchain mantiene toda información en forma segura y distribuida.

El objetivo general es:

Diseñar un modelo de trazabilidad de la Leche de vaca para asegurar la calidad en la cadena de distribución en el Ecuador basado en tecnología Blockchain.

Los objetivos específicos son:

Revisión de literatura para explorar modelos de trazabilidad sobre productos lácteos enfocados a la tecnología Blockchain mediante un mapeo sistemático de trabajos indexados relevantes.

Diseñar un modelo de trazabilidad del producto de la Leche de vaca para seguridad alimentaria en la cadena de distribución en Ecuador basado en tecnología Blockchain.

Evaluar el modelo para conocer la factibilidad operativa en el contexto ecuatoriano que aseguren la calidad mediante una tabla comparativa contrastando métricas con otros modelos.

Este documento se distribuye de la siguiente manera. La revisión de la literatura expresa conceptos como leche de vaca, cadena de distribución de la leche de vaca, Blockchain, casos de gestión de datos para leche de vaca sobre Blockchain y trazabilidad de alimentos sobre Blockchain. La metodología expresa la forma de realización de los objetivos específicos. Resultados expresa en forma detallada los hallazgos sobre la literatura, el modelo que se propone y la evaluación del modelo. Finalmente se expresan las discusiones y conclusiones.

La propuesta de esta investigación se denomina “Modelo de trazabilidad del producto de la Leche de vaca en Blockchain llamado NUTRI-UPS-BC”

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Leche de vaca

La leche que contiene proteínas, es un alimento muy nutritivo, minerales, vitaminas, carbohidratos y otros componentes esenciales; a nivel mundial existen más de 6 mil millones de personas que toman leche y sus derivados, además, 150 millones de familias se dedican a la producción de leche; es necesario operar la leche con cuidado porque es un ambiente excelente para el crecimiento de microorganismos (Fang & Stone, 2021).

2.2. Cadena de distribución de la leche de vaca

Los agricultores utilizan cadenas formales o informales para comercializar su leche; durante la cadena formal, la leche se transporta hacia los sedes de refrigeración y acopio, estos llevan a las plantas de procesamiento para procesar la leche; luego los distribuidores transportan hacia los puntos de venta. Durante la cadena informal, los agricultores comercializan la leche sin procesar a los clientes en forma directa o intermediarios. El precio de la leche tiene fluctuaciones de precios en el mercado informal, además la falta de instalaciones de almacenamiento para cualquier excedente de leche; gran parte de agricultores prefieren el mercado formal (Rambim & Awuor, 2020).

2.3. Blockchain

Blockchain permite el “almacenamiento descentralizado de datos” en las aplicaciones informáticas, es una plataforma para transacciones anónimas y seguras, la cadena se basa en bloques de datos enlazados hacia atrás, los cambios son revelados en cualquier bloque; la confianza de esta cadena descentralizada se fundamenta en consenso, como Prueba de participación (PoS) y Prueba de trabajo (PoW). Además, la cadena utiliza algoritmos criptográficos que sustituyeron la “confianza ciega”. Blockchain se utiliza en bancos, agencias de seguros, gobiernos, negocios, cadena de suministros, particulares y otros; es una medida clave para los problemas de confiabilidad y transparencia de la información de los sistemas centralizados (Niya et al., 2020).

Blockchain es una “red distribuida de igual a igual”, no existe la participación de terceros; se utiliza en mecanismos de votación, sistemas de suministro logístico, medicina, seguros, finanzas, entre otros; un “ledger” basado en blockchain es un conjunto de datos descentralizados y seguros que mantiene en forma permanente a los registros de las transacciones (Fang & Stone, 2021).

2.4. Gestión de datos para leche de vaca sobre Blockchain

La investigación (Niya et al., 2020) propone un entorno descentralizado de seguimiento de la cadena de suministro de productos lácteos, que se implementa para superar el enfoque centralizado; se propone como transparente y confiable. Aquí se garantiza la autenticidad de la leche cruda en sus etapas de naturaleza heterogénea de la producción, el transporte, el procesamiento, la transformación y el almacenamiento; utilizaron Ethereum Blockchain y aplicaciones móviles.

Un ecosistema propuesto por (Fang & Stone, 2021), que fusiona Blockchain con IoT para rastrear la temperatura y fecha en la cadena de suministro; utilizan sensores de FRID en los tanques de enfriamiento de leche y en los transportes de leche, se adiciona un código QR y la fecha de vencimiento impreso en el empaque de los productos. Todos los participantes pueden confirmar o verificar la marca de tiempo real, y todos los participantes ingresan, adicionan información y certificaciones; utilizaron Ethereum Blockchain y aplicación web.

El sistema de entrega de leche (Rambim & Awuor, 2020) diseñado para agricultores propone transparencia y equidad en la gestión de pago a los productores; se utiliza teléfonos móviles por medio de mensajes de texto, aplicaciones móviles y aplicación web; los autores afirman que los agricultores pueden utilizar esta información como garantía para préstamos viables en proyectos lácteos.

La cadena de distribución es controlada con datos como temperatura y humedad de la leche, y determinan la calidad del producto, la aplicación es implementada en Hyperledger Fabric como una plataforma privada y utiliza sensores; el Smart contract se ejecuta al pasar del mínimo o máximo de temperatura para asignar una penalización (Guaman Villalta, 2021; Sharma et al., 2023).

2.5. Trazabilidad de alimentos sobre Blockchain

Los autores diseñaron un marco para la trazabilidad de productos, y “garantizar la seguridad descentralizada de los datos” sobre el seguimiento agroalimentario; además utilizan un método en base al Machine Learning para gestionar la producción y almacenamiento de los productos, optimizar y obtener mejores beneficios (Calle Tapia, 2023; Chen et al., 2021).

Se propone un entorno de trazabilidad de alimentos que integra las tecnologías Blockchain e IoT para gestión de alimentos; el sistema toma el peso y vaporización para almacenar en la cadena, utiliza un mecanismo de consenso basado en el tiempo de envío, los actores de la cadena

evalúan el volumen y unidades de productos enviados, y son recursos rastreables (Mosquera Jarrín, 2023; Tsang et al., 2019).

El marco realiza la trazabilidad de productos y utiliza Ethereum para certificar la transparencia y visibilidad; existen cuatro participantes que son el producto, el sistema regulatorio, administrador y clientes finales. El seguimiento contiene datos de retirada y el estado del producto; utilizan Smart contract, eventos, validaciones de contratos (Kravenkit & So-In, 2022).

La arquitectura para trazabilidad del café artesanal basado en Blockchain utiliza código QR y una aplicación móvil, participan el agricultor, molinero del café, un tostador del café y cliente; la herramienta utilizada es Hyperledger Fabric (Tharatipyakul et al., 2022).

El modelo propone la trazabilidad de alimentos agrícolas y tiene como participantes a la empresa de semillas, agricultor, elevador de granos, procesador de granos, distribuidor, minorista y cliente; tiene la intención de eliminar a los intermediarios y se diseña sobre Ethereum (Salah et al., 2019). El prototipo de trazabilidad para seguridad alimentaria inicia en la producción, procesamiento, almacenamiento, transporte y venta minorista; además propone una arquitectura de gestión de datos alrededor de la cadena de distribución para minimizar la cantidad de datos en Blockchain e Internet de las Cosas; el prototipo está desarrollado sobre Ethereum (Cruz Calero, 2022; Q. Lin et al., 2019; Miñan Parrales, 2022).

El sistema gestiona la cadena de suministro de agro alimentos, ofrece trazabilidad, confianza y mecanismo de entrega; el sistema utiliza Smart contract, algoritmos de interacción que mantienen la seguridad y vulnerabilidad; participan el agricultor, la fábrica de procesamiento, el distribuidor, el minorista y el cliente; el sistema es implementado en Ethereum (Shahid et al., 2020). El sistema basado en Ethereum reutiliza el código y los módulos para trazabilidad en la producción de miel y aplicar el enfoque de Blockchain; un prototipo se ejecuta en aplicación móvil que presenta evento de historia sobre cosecha, extracción y tratamiento; por cada historia se presenta la fecha, nombre, peso, unidad de medida, descripción, imagen, identificación de la imagen; participan el productor de miel, procesador de alimentos, auditor, restaurantes y clientes (Marchesi et al., 2022).

3. METODOLOGÍA

Para responder las preguntas de investigación planteadas, se propone una revisión sistemática con las directrices de (Mohammed et al., 2023) y se utiliza el informe para revisiones sistemáticas-metanálisis (PRISMA).

La revisión se ejecuta en cuatro etapas:

A. Estrategias de búsqueda y fuentes de datos: Se seleccionan dos bases de datos IEEE y ACM; la búsqueda se filtra entre 2019 y 2023; las palabras clave para buscar sobre Blockchain en la cadena de suministro de alimentos se utiliza “Blockchain”, “Blockchain Milk”, “Blockchain Milk”, “Blockchain food dairy”

B. Criterios de inclusión y exclusión: Los criterios de inclusión son a) estudios científicos, b) casos de Blockchain y leche. Los criterios de exclusión son a) Documentos como resúmenes, capítulos de libros, tesis de maestrías, tesis de doctorados.

C. Evaluación de la calidad: Se verifica la calidad de los artículos mediante los siguientes enunciados, el artículo debe enfocarse en Blockchain y/o leche, artículo debe mantener contexto de interpretación, el artículo debe responder las preguntas de investigación.

D. Resultados de la búsqueda: Los resultados se obtienen en la implementación de la investigación y se presentan con su análisis de las preguntas de investigación.

Las preguntas de investigación son las siguientes:

- 1.- ¿Qué personajes-actores intervienen en la cadena de suministro de leche de vaca?
- 2.- ¿Qué se utiliza para capturar datos sobre la calidad de leche? (QR, códigos de barra, dispositivos, otros)
- 3.- ¿Cuáles son los componentes-elementos de los modelos basados en Blockchain? (Smart contract, ledger, certificado de autenticidad, otros)
- 4.- ¿Qué herramientas de software se utiliza en los modelos? (Ethereum, Hyperleger, otros)
- 5.- ¿Qué plataformas Blockchain se utilizan en seguimiento de leche? (Público, Privada o Híbrido)

Para el diseño del modelo de trazabilidad se utiliza una investigación empírica - analítica que se basa en evidencias empíricas, se utiliza el enfoque cualitativo que ayuda a describir el modelo propuesto, se utiliza la observación de los modelos presentados en los artículos científicos, se adopta la tecnología Blockchain para proponer un modelo que asegure la información obtenida durante la cadena de distribución.

Para evaluar el modelo se establece una tabla comparativa, esta tabla contiene los nombres de los artículos obtenidos en la revisión sistemática, los personajes-actores que intervienen en la cadena de suministro, los componentes-elementos utilizados para capturar datos sobre la calidad de leche, los componentes-elementos de los modelos, las herramientas de software, las plataformas Blockchain. Se asigna un puntaje a los modelos de cada artículo y al modelo que se propone para determinar la factibilidad de la propuesta.

4. RESULTADOS

4.1. Revisión de literatura para explorar modelos de trazabilidad sobre productos lácteos enfocados a la tecnología Blockchain.

El informe de revisión sistemáticas-metanálisis (PRISMA) muestra el inicio con 99 artículos de las bases de datos científicas IEEE y Science Direct, de estos 3 artículos se eliminaron por duplicados y 28 por razones como otro idioma, poster, acceso pagado. Se tiene 68 artículos para examinar y se excluyeron 31 por ser alejados del tema de investigación o no tratar de productos lácteos. Se tiene 37 artículos y se excluyeron 7 por no ser recuperables o acceso privado o acceso con otra clave. Se evaluaron 30 para elegibilidad y se excluyeron 4 por ser de diferente idioma al inglés. Finalmente, se obtuvieron 26 artículos que se analizan en forma detallada, ver figura 1.

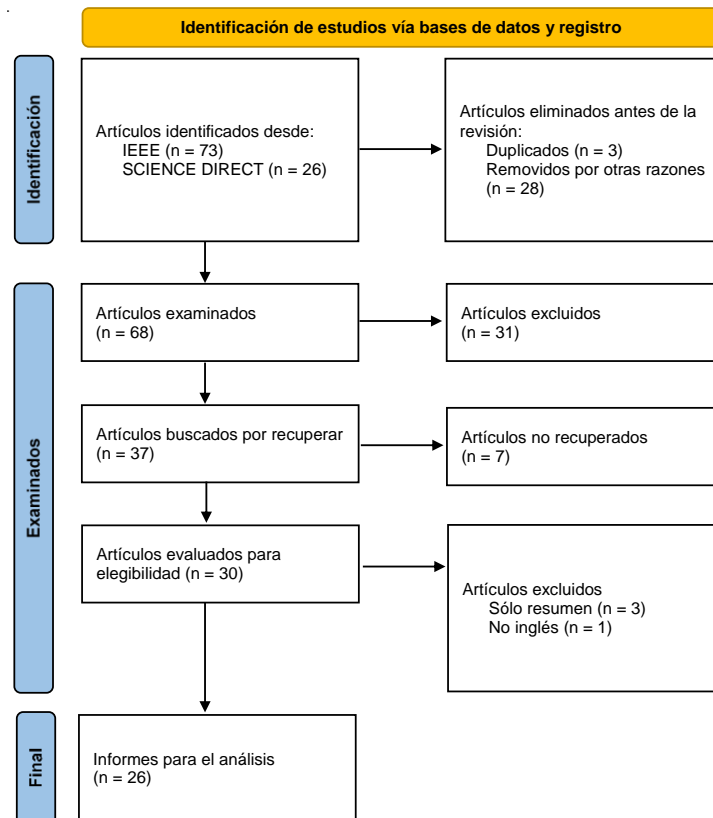


Figura 1. PRISMA de la investigación.

Estos 26 artículos se anotaron en una hoja electrónica las características para contestar las preguntas de investigación, y se generaron los gráficos que están dentro de las respuestas. La tabla 1 presenta los artículos agrupados en bibliotecas científicas.

Tabla 1. Artículos de la investigación PRISMA

Bibliotecas	Unidades	Referencias
IEEE Xplore	18	(Niya et al., 2020), (Fang & Stone, 2021), (Marchesi et al., 2022), (Mohammed et al., 2023), (Rambim & Awuor, 2020), (Shahid et al., 2020), (Salah et al., 2019), (Kravenkit & So-In, 2022), (Tharatipyakul et al., 2022), (Tsang et al., 2019), (Chen et al., 2021), (Hemnil et al., 2023), (Q. Lin et al., 2019), (Sharma et al., 2023), (Kiruthika et al., 2023), (Cocco et al., 2021), (Raza et al., 2023), (W. Lin et al., 2020)
ACM	8	(Vincent et al., 2023), (Al Nuaimi et al., 2023), (Hawashin et al., 2023), (Wang et al., 2021), (Yan et al., 2021), (Tao et al., 2019), (Yu et al., 2020), (Zhang et al., 2020)
Total	26	

Fuente: Elaborado por autor.

A continuación, se presentan las preguntas de investigación con sus respuestas y análisis.

1.- ¿Qué personajes-actores intervienen en la cadena de suministro de leche de vaca?

En Blockchain se consideran Actores a todos aquellos que generan información para la cadena. De acuerdo con los hallazgos en los 26 artículos. El 100% de todos declaran al Productor, el 27% de todos declaran al Transportista, el 23% de todos declaran al Laboratorio, el 81% de todos declaran al Procesador de alimentos, el 81% de todos declaran al Distribuidor, el 77% de todos declaran la Tienda, y el 96% de todos declaran al Cliente. Todos los artículos declaran al Productor porque empiezan la cadena de suministro en el procesamiento de la leche. No todos los artículos declaran al Cliente porque realizan el seguimiento hasta la tienda o supermercado por tiempo de almacenamiento de la leche. Son pocos artículos que consideran a los transportistas y laboratorios en la cadena de suministro, ver figura 2.

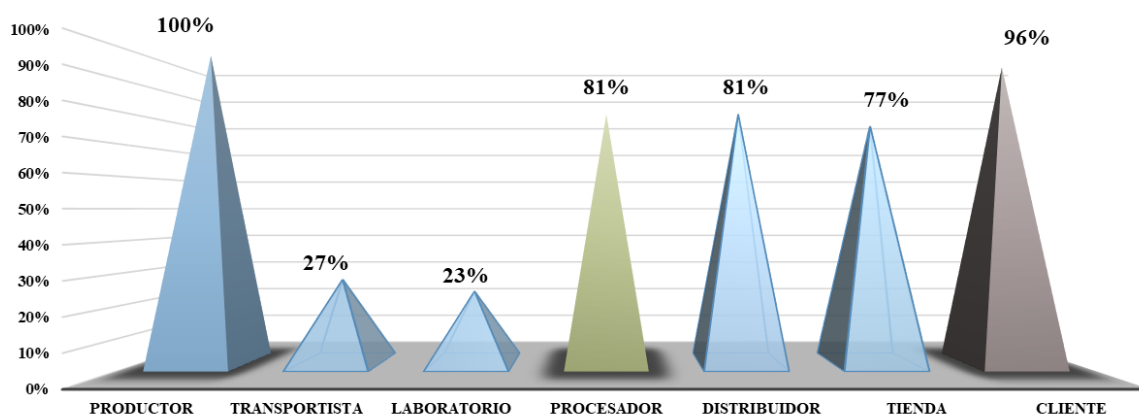


Figura 2. Actores en la cadena de suministro.

2.- ¿Qué se utiliza para capturar datos sobre la calidad de leche?

De acuerdo con los hallazgos en los 26 artículos para capturar información utilizan lo siguiente. El 31% de todos declara utilizar QR; el 12% de todos declara utilizar Códigos de barra; el 35% de todos declara utilizar RFID; el 35% de todos declara utilizar Sensores; solo un 8% declara utilizar GPS, y un 23% de todos declara utilizar Aplicación informática. Al parecer los más utilizados son los sensores, etiquetas y QR para capturar cualquier dato acerca de la leche de vaca durante la cadena de suministro. El GPS es menos utilizado por su costo financiero que supone es alto con relación a sensores. El código de barra es poco utilizado por las fallas en las impresiones, además que necesita una aplicación informática y dispositivo para la lectura y verificación, ver figura 3.

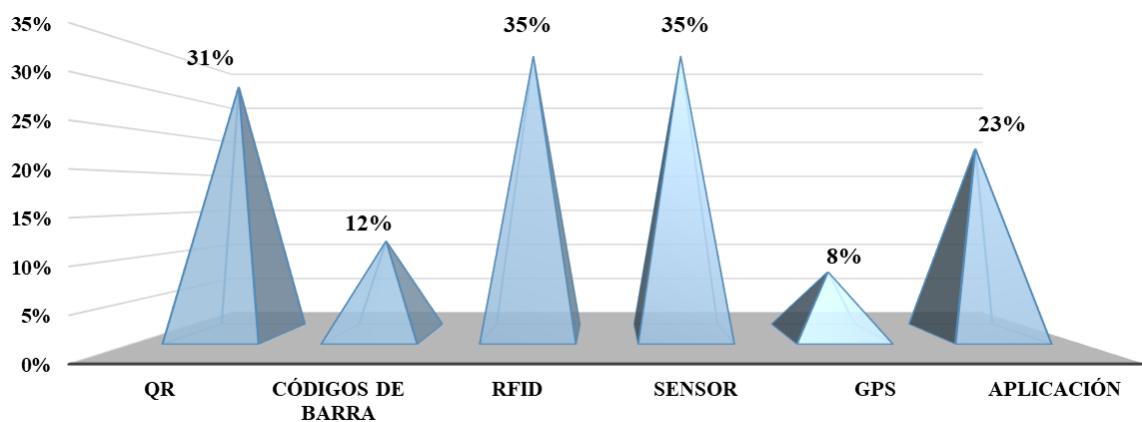


Figura 3. Capturar datos

3.- ¿Cuáles son los componentes-elementos de los modelos basados en Blockchain?

La tecnología Blockchain tiene componentes básicos en todo modelo-arquitectura, de acuerdo con los hallazgos en los 26 artículos se presentaron: El 77% de todos declara Smart Contract; el 46% de todos declara el Ledger, el 31% de todos declaran el Certificado de Autenticidad. El Smart Contract contiene las políticas o reglas del negocio, algunas reglas son: límite de temperatura, días de almacenamiento, peso del empaque de leche, densidad, tipo de empaque, forma del empaque, tipo de transporte, entre otros. Por otra parte, el Ledger se refiere a que los artículos muestran las estructuras de datos de los modelos. El Certificado de Autenticidad es una credencial de acceso para entrar al sistema informático o que se identifiquen otros dispositivos en la red Blockchain. Algunos artículos consideran que el certificado de autenticidad está intrínseco en toda arquitectura. Este trabajo consideró si los artículos nombran o declaran al certificado, ver figura 4.

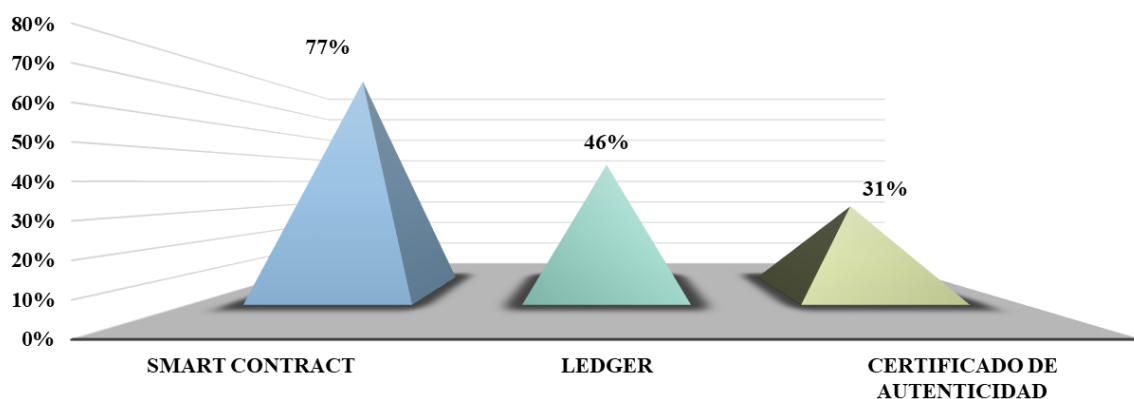


Figura 4. Componentes del blockchain.

4.- ¿Qué herramientas de software se utiliza en los modelos?

En Blockchain existen varias herramientas de software, pero se clasifican en 3 tipos Ethereum, Hyperledger y Quorum-Mixta; de acuerdo con los hallazgos en los 26 artículos se presentaron: el 54% de todos se utiliza para Ethereum, el 38% de todos se utiliza para Hyperledger, el 4% de todos se utiliza para Quorum. Sólo un artículo con su propuesta utiliza Quorum que combina Ethereum e Hyperledger, de acuerdo con el artículo son redes muy complejas por la determinación de los roles y políticas para el Smart Contract, ver figura 5.

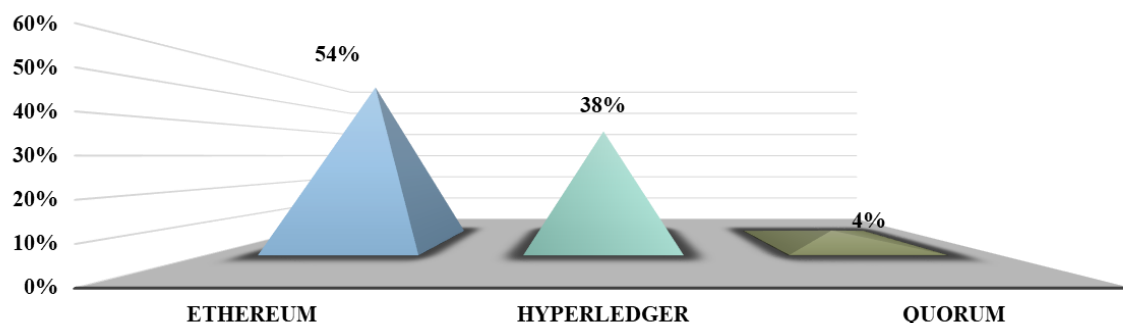


Figura 5. Herramientas para Blockchain.

5.- ¿Qué plataformas Blockchain se utilizan en seguimiento de leche?

En Blockchain sólo existen tres tipos que son pública, privada e híbrida (mixta); de acuerdo con los hallazgos en los 26 artículos se presentaron: El 46% de todos se diseña como red Pública, el 31% de todos se diseña como red Privada, y el 12% de todos se diseña como red Híbrida. Aquí, 3 artículos presentaron red híbrida o mixta que es la combinación de público-privado, ver figura 6.

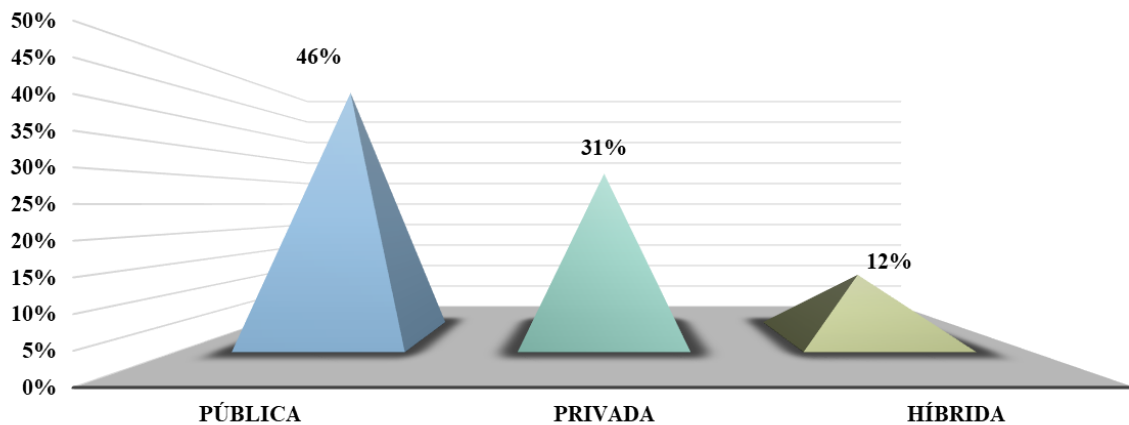


Figura 6. Plataformas Blockchain.

4.2. Diseño de un modelo de trazabilidad del producto de la Leche de vaca en la cadena de distribución en Ecuador basado en tecnología Blockchain.

Para cumplir con la trazabilidad de productos derivados de la leche de vaca y que lleguen finalmente al consumidor, se propone un modelo llamado “NUTRI-UPS-BC” que almacena sus datos en la cadena Blockchain Ethereum. Cada etapa desde la producción de leche se registra en la cadena, los datos se almacenan en forma autónoma que pueden ser captados desde una aplicación web o aplicación móvil. Aquí, NUTRI-UPS-BC mantiene un flujo de producción de la leche de vaca y la cadena de datos que mantiene los datos de trazabilidad o rastreo enlazados con la producción mediante Smart Contract. Además, un código QR se utiliza en toda la cadena de distribución, desde el productor hasta el cliente que puede rastrear hacia atrás el recorrido del producto de la leche de vaca. Los datos que se almacenan en forma inmutable de cada actor son: identidad del actor, nombre, dirección física, dirección del sitio web, certificado de autenticidad, permiso del ministerio, cuenta Ethereum. Las acciones de cada actor en NUTRI-UPS-BC son: registro de actores, generación de códigos QR, escaneo de QR, búsqueda de productos. El código QR mantiene información del producto y la aplicación puede imprimirlo.

El modelo se propone en 6 etapas, en cada etapa participa un Actor diferente.

Etapas:

Etapas 1: El actor es el **Productor de Leche Cruda**, es el primero en la cadena de suministro y el primero en invocar al Smart Contract, ordeña las vacas, mantiene la leche en envases metálicos y vende su producción a los Procesadores. El Productor genera los datos: **fecha y hora de ordeño**, cantidad de leche en galones, informe de inspección de la granja lechera,

nombre del productor, número del tanque de almacenamiento de enfriamiento, temperatura, certificado veterinario, número del Lote.

Etapa 2: El actor es el **Laboratorio de la Agencia de Regulación y Control del Ecuador**, Estos datos son tomados del registro de calidad de la leche que genera los datos: fecha de toma de muestra, lugar, ubicación, carretera, productor, cantón, responsable del examen, tipo de muestra, vehículo, tipo de vehículo, tipo de contenedor de leche, cantidad de muestras, volumen de leche, destino de la leche, temperatura, densidad, organolépticas, proteica, pH, acidez, cloruros, suero, sacarosa, observaciones (Agrocalidad, 2020).

Etapa 3: El actor es el **Procesador** que compra la leche a los productores, realiza la pasteurización de la leche cruda y los convierte en productos finales como leche empacada, leche en polvo, queso, yogurt, crema de leche, leche condensada, entre otros. El procesador vende sus productos terminados a los distribuidores o tiendas minoristas. Genera los siguientes datos: **Fecha y hora de entrega**, certificado de procesador, cantidad de leche entregada, nombre del procesador, pasteurización, temperatura, código de paquete, fecha de caducidad, número del Lote.

Etapa 4: El actor es el **Transportista**, que puede ser empresa o persona independientes o se un transporte del mismo Procesador. Los datos que genera son: **fecha y hora de envío**, certificado de transportista, nombre del transportista, código de producto de servicio, permiso del camión, permiso de planta, temperatura, prueba de inhibición, número del Lote.

Etapa 5: El actor es el **Distribuidor**, que mantiene un almacén con los productos terminados generados por los procesadores y vende los productos a las tiendas minoristas. Los datos que genera son: **Recibir fecha y hora**, nombre, temperatura, código de paquete, cantidad de paquetes, fecha de caducidad, distribución fecha y hora, número del Lote.

Etapa 6: El actor es la **Tienda Minorista** que compra los productos terminados, y que son rastreables a los distribuidores o procesadores, y por último vende los productos a los consumidores finales en cantidades más pequeñas. Los datos que genera son: **Recibir fecha y hora**, nombre, dirección, código de paquete, fecha de caducidad, cantidad de paquetes, temperatura, número del Lote.

Los Actores (productor de leche, laboratorio de calidad, procesador de leche, distribuidor, transportista y tienda minorista) se deben vincular a NUTRIA-UPS-BC con una cuenta Ethereum. Los consumidores finales, utilizan la plataforma sin ningún registro. Al escanear el

código QR adjunto a un producto de la leche, NUTRIA-UPS-BC navega por el historial del producto por medio del LOTE. Este debe presentar los datos de los Actores y su marca de tiempo.

Los consumidores finales tienen derecho a conocer la calidad del alimento que compran, y verificar las coincidencias con la descripción del producto y las exigencias de seguridad alimentaria. Al escanear el código QR es posible que los clientes accedan a la NUTRI-UPS-BC para visualizar la información de seguimiento y autenticar la procedencia del producto de la leche, ver figura 7.

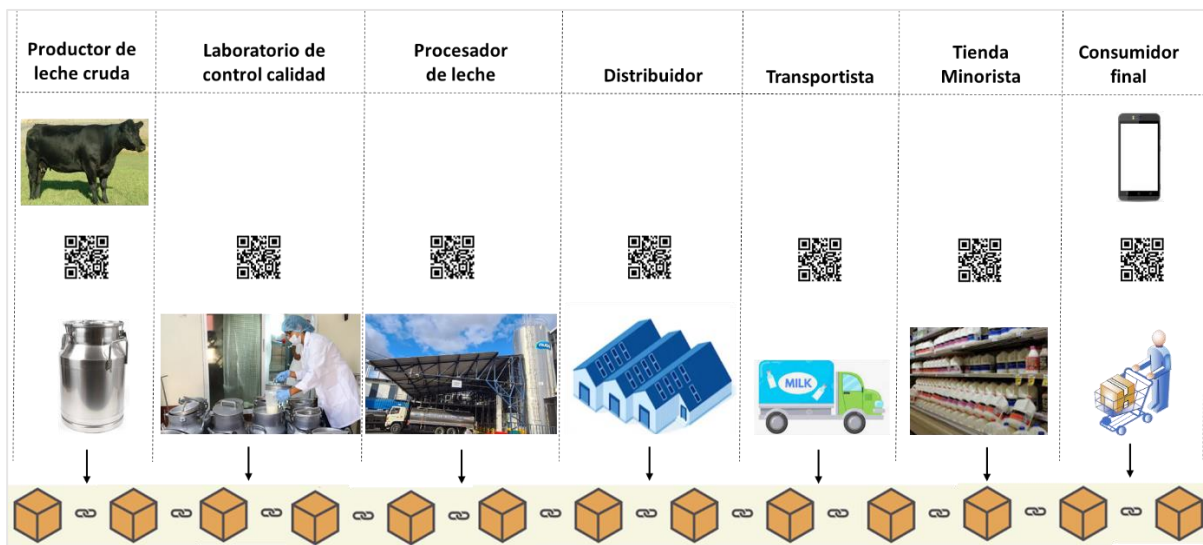


Figura 7. Modelo NUTRI-UPS-BC.

El Smart Contract contiene las reglas para almacenamiento de los datos durante la cadena de distribución de la leche de vaca. El Productor de leche cruda realiza las funciones: guarda la producción del día, las ordenes de producción, guarda las facturas de venta. El Laboratorio de la Agencia de Regulación y Control del Ecuador realiza las funciones: guarda los resultados de la calidad, guarda los datos del productor que recibe, guarda los datos del procesador que entrega. El Procesador de leche realiza las funciones: guarda la entrega de leche, guarda los datos del productor, guarda la factura de venta, guarda la factura de compra al productor. El Distribuidor realiza las funciones: guarda el recibo del procesador, guarda los datos del procesador, actualiza inventario, el guarda la factura de venta. El Transportista realiza las funciones: guarda el envío, guarda la guía de transporte, guarda la factura de venta del distribuidor, guarda los datos del distribuidor. La Tienda Minorista realiza las funciones: guarda el recibo de la leche, guarda los datos del distribuidor o procesador, actualiza su inventario, guarda los comprobantes de pago al distribuidor o transportista, ver figura 8.

Productor de leche cruda	Laboratorio	Procesador	Distribuidor	Transportista	Tienda Minorista
<ul style="list-style-type: none"> • Registro de Producción • Orden de producción • Registro de factura • Control interno 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de Control de calidad • Registro de productor • Registro de procesador 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de entrega • Registro de productor • Registro de factura • Pago al productor 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de recibo del procesador • Registro de procesador • Registro de factura • Actualizar el inventario • Pago al procesador 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de envío • Guía de Transporte, Factura • Registro de distribuidor • Registro de factura • Pago al distribuidor 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de recibo • Registro de proveedor, Factura • Actualizar los niveles de inventario • Pago al distribuidor o transportista

Figura 8. Smart Contract de NUTRI-UPS-BC.

Otros requisitos: Los datos relacionados con el producto y los actores se adicionan al “NUTRI-UPS-BC” por medio de teléfonos inteligentes. La recopilación en cada etapa agrega información valiosa a la cadena de valor, entonces consumidores finales pueden realizar la trazabilidad de un producto a lo largo de la cadena de distribución.

4.3. Evaluación del modelo para conocer la factibilidad operativa en el contexto ecuatoriano que aseguren la calidad mediante una tabla comparativa.

Para evaluar el modelo se utilizó la tabla de datos establecida en la revisión sistemática, es decir los 26 artículos que se anotaron en una hoja electrónica con las características agrupadas para contestar las preguntas de investigación. Por cada documento se obtuvo los siguientes grupos y sus características. Artículo: Item, año de publicación, título del artículo y número de citas. Actores: productor, transportista, laboratorio, procesador, distribuidor, tienda y cliente. Captura de datos: QR, códigos de barra, RFID, sensor, GPS y aplicación. Componentes del Blockchain: Smart Contract, Ledger y certificado de autenticidad. Herramientas de software: Ethereum, Hyperledger y Quorum. Tipos de plataformas: Pública, Privada e Híbrida. Ver figura 9.

Por cada columna, los artículos científicos que cumplen la característica tienen un punto; en cada característica se realiza la sumatoria y porcentaje, el porcentaje es la sumatoria dividido para 26 artículos. Por ejemplo, en la columna que está la característica Productor suma 26 puntos que se encuentra en la fila Sumatoria, y obtiene 100% que se encuentra en la fila Porcentaje.

En cada fila, se suma puntos por cada artículo y son 22 características, en la columna Puntuación está la suma de cada artículo. Por ejemplo, el primer artículo suma 11 puntos. Al final de la

columna Puntuación está el promedio de puntos de los 26 artículos que es 9.65; este promedio se toma como referencia para determinar si el artículo es factible.

La columna Factibilidad, significa si el artículo es factible su adaptación o adopción del modelo que propone aquella investigación; por cada artículo se hace la pregunta: si el puntaje es mayor o igual que 9.65 (promedio de puntos) entonces es factible su aplicación o adopción.

En este caso son 14 artículos científicos que SI son factibles para su adopción. Además, en la última línea de la figura se adiciona la propuesta de este artículo “Modelo de trazabilidad del producto de la Leche de vaca en Blockchain llamado NUTRI-UPS-BC” que cumple con 12 características: productor, laboratorio, procesador, distribuidor, tienda, cliente, QR, RFID, Smart Contract, Ledger, Ethereum e híbrido. El modelo propuesto también cumple la factibilidad por sus características adoptadas de las investigaciones.

Artículos		Actores							Captura					Componentes			Herramientas			Plataformas									
Ítem	Año de publicación	Título del artículo	Número de citas	Productor	Transportista	Laboratorio	Procesador	Distribuidor	Tienda	Cliente	QR	Códigos de barra	RFID	Sensor	GPS	Aplicación	Smart Contract	Ledger	Certificado de autenticidad	Ethereum	Hyperledger	Quorum	Pública	Privada	Híbrida	Puntuación	Factibilidad		
1	2020	A Blockchain-based Supply Chain Tracing for the Swiss Dairy Use Case	30	1	1		1	1	1	1	1						1	1		1			1			11	SI		
2	2021	An ecosystem for the dairy logistics supply chain with blockchain technology	25	1	1		1	1	1	1	1		1	1	1		1			1				1			13	SI	
3	2022	Automatic Generation of Ethereum-Based Smart Contracts for Agri-Food Traceability	46	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1			1				14	SI	
4	2023	Blockchain Adoption in Food Supply Chains	183	1	1		1	1		1						1				1	1				1		9		
5	2020	Blockchain based Milk Delivery Platform for Stallholder Dairy Farmers in Kenya	13	1			1									1		1	1		1			1			7		
6	2020	Blockchain-Based Agri-Food Supply Chain: A Complete Solution	34	1			1	1	1	1						1	1	1	1	1			1				11	SI	
7	2019	Blockchain-Based Soybean Traceability in Agricultural Supply Chain	36	1			1	1	1	1						1	1	1	1	1			1				9		
8	2022	Blockchain-Based Traceability System for Product Recall	44	1				1	1	1							1	1		1			1				8		
9	2022	Blockchain-Based Traceability System From the Users' Perspective	63	1			1		1	1	1										1			1			7		
10	2019	Blockchain-Driven IoT for Food Traceability with an Integrated Consensus Mechanism	42	1	1		1	1	1	1	1		1	1			1										10	SI	
11	2021	Effective management for blockchain-based agri-food supply chains	42	1			1	1	1	1							1										6		
12	2023	Food Safety Block Chain System using Ontology in UHT Milk Factory	10	1		1		1	1	1								1									6		
13	2019	Food Safety Traceability System Based on Blockchain and EPCIS	16	1			1	1	1	1							1		1	1			1				9		
14	2023	Supply Chain Management Using Blockchain Security Enhancement	10	1				1	1	1		1				1	1				1			1			9		
15	2023	User Interface of Blockchain-Based Agri-Food Traceability Applications	193	1		1		1	1	1	1			1	1												8		
16	2021	A Blockchain-Based Traceability System in Agri-Food SME	64	1				1		1			1				1			1			1				7		
17	2023	Agri-4-All	57	1	1		1		1	1				1			1	1	1	1			1				11	SI	
18	2020	Blockchain Technology in Current Agricultural Systems: From Techniques to Applications	115	1			1	1		1		1		1			1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	14	SI
19	2023	A Conception of Blockchain Platform for Milk and Dairy Products Supply Chain	21	1	1	1	1	1	1	1		1	1			1											10	SI	
20	2023	Blockchain Implementation Framework for Tracing the Dairy Supply Chain	22	1			1	1		1	1	1					1	1	1		1			1			11	SI	
21	2023	Using Composable NFTs for Trading and Managing Expensive Packaged Products	32	1		1	1		1	1		1					1	1	1	1			1				11	SI	
22	2021	Smart Contract-Based Agricultural Food Supply Chain Traceability	42	1			1	1	1	1	1		1				1	1			1			1			11	SI	
23	2021	Method of Reaching Consensus on Probability of Food Safety Based on the Integration	24	1			1	1		1		1					1			1			1				8		
24	2019	Food safety supervision system based on hierarchical multi-domain blockchain network	47	1			1	1	1	1				1			1		1	1	1				1		11	SI	
25	2020	Food Quality Monitoring System Based on Smart Contracts and Evaluation Models	74	1		1	1		1	1			1	1			1			1			1				10	SI	
26	2020	Blockchain-based safety management system for the grain supply chain	37	1			1	1	1	1		1	1				1			1				1			10	SI	
Sumatoria				26	7	6	21	21	20	25	8	3	9	9	2	6	20	12	8	14	10	1	12	8	3	9.65			
Porcentaje				100%	27%	23%	81%	81%	77%	96%	31%	12%	35%	35%	8%	23%	77%	46%	31%	54%	38%	4%	46%	31%	12%				
Modelo de trazabilidad del producto de la Leche de vaca en Blockchain "NUTRI-UPS-BC"				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	SI	

Figura 9. Tabla comparativa.

5. DISCUSIÓN

Entre más transparente y completa sea la cadena de registros, existe mayor valor en la cadena de valor, por esto es importante la recolección de datos en forma automatizada y segura. La combinación de productos de diferentes LOTES para el rastreo es un desafío en el caso de leche de vaca porque son de distintos productores o distintos días.

Es posible el seguimiento de varios productos porque el Smart Contract puede trabajar con múltiples productos, entonces no se limita a un solo predecesor. La reducción de desperdicios en los alimentos puede contribuir a reducir el desgaste de recursos, como agua, energía, mano de obra, tierra y capital. Este proyecto obtiene valor de servicio a los consumidores finales por la información que puede entregar, esto se convierte en un beneficio social.

Este documento de investigación coincide con (Niya et al., 2020), (Fang & Stone, 2021) en los modelos de trazabilidad de un alimento básico como es la leche de vaca. El modelo propuesto no realiza control de calidad de la leche de vaca como lo hace un laboratorio, solo registra el control de calidad, y se enfoca en guardar la información durante la cadena de distribución de este alimento. Además, no se especifica el diseño de la aplicación móvil o web.

El posible desarrollo del modelo que propone esta investigación en cadena de suministro sobre Blockchain Ethereum robustece la información de trazabilidad de la leche de vaca. Un aspecto importante de un entorno de cadena de suministro que es seguro y eficiente es la Responsabilidad, porque logra una descentralización completa, garantiza la responsabilidad de los actores al realizar un análisis de los registros. Esto permite a las autoridades acceder a los datos y recuperar toda información para generar pruebas de responsabilidad. Además, los actores ajenos a la cadena no pueden realizar un acto malicioso porque Blockchain tiene un esquema de firma estándar.

El modelo propuesto garantiza la integridad e inmutabilidad de los datos gracias a las firmas criptográficas que puede utilizar un código QR; en “NUTRI-UPS-BC” los riesgos de seguridad se minimizan en esta fase de diseño porque las aplicaciones informáticas no reaccionan ante códigos QR alterados o falsificados. Entonces, todos los actores están protegidos en caso de alteración o reemplazo de un código QR físico por parte de terceros maliciosos.

6. CONCLUSIÓN

Esta investigación alcanza el objetivo general que es el diseño de un modelo teórico de trazabilidad de sobre el producto Leche de Vaca, el modelo está ajustado al entorno ecuatoriano, es decir, con actores y características para nuestro país, este modelo sobre Blockchain asegura la privacidad, la inmutabilidad de los datos y la trazabilidad del producto.

El análisis bibliográfico de 26 artículos científicos sobre la tecnología Blockchain utilizada en la logística sobre la leche de vaca, concluye que sensores, QR y RFID pueden solucionar la captura de datos; además Blockchain Ethereum es dirigido al acceso público para que los clientes no se registren, la plataforma pública permite que los Actores se identifiquen y realicen trazabilidad.

En particular, se propone un modelo llamado “NUTRI-UPS-BC” basado en Blockchain Ethereum formado en 6 etapas, en cada etapa participa un Actor diferente; los actores son Productor de Leche Cruda, el Laboratorio de la Agencia de Regulación y Control del Ecuador, el Procesador, el Transportista, el Distribuidor, la Tienda Minorista. Finalmente, el modelo está pensado para que el cliente conozca la cadena de datos acerca de la leche de vaca desde el productor hasta la tienda minorista.

El modelo “NUTRI-UPS-BC” cumple con 12 de 22 características halladas en las investigaciones científicas, el puntaje promedio de las 26 investigaciones es 9.65 y “NUTRI-UPS-BC” supera este promedio. Esto concluye que 14 artículos científicos y “NUTRI-UPS-BC” son factibles para adoptar y su posible implementación.

REFERENCIAS

- Agrocalidad. (2020). Laboratorio Control de Calidad de Leche. In *NstructivoInt/CI/010* (Vol. 7).
- Al Nuaimi, M. M. K., Rishal, K. P., Oommen, N. V., & Sherimon, P. C. (2023). *Blockchain Implementation Framework for Tracing the Dairy Supply Chain*. 551–560. https://doi.org/10.1007/978-981-19-3391-2_42
- Arguello Lino, R. E., & Coca Hidalgo, J. L. (2023). *Modelo de datos seguros para el sector inmobiliario en Ecuador utilizando tecnología Blockchain*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25036>
- Calle Tapia, W. D. (2023). *Modelo computacional para la trazabilidad de productos farmacéuticos mediante tecnología BLOCKCHAIN*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24067>
- CFN Ecuador. (2022). *Ficha sectorial Ecuador*.
- Chen, H., Chen, Z., Lin, F., & Zhuang, P. (2021). Effective management for blockchain-based agri-food supply chains using deep reinforcement learning. *IEEE Access*, 9, 36008–36018. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3062410>
- Cocco, L., Mannaro, K., Tonelli, R., Mariani, L., Lodi, M. B., Melis, A., Simone, M., & Fanti, A. (2021). A Blockchain-Based Traceability System in Agri-Food SME: Case Study of a Traditional Bakery. *IEEE Access*, 9, 62899–62915. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3074874>
- Cruz Calero, G. N. (2022). *Modelo de conexión y datos para el seguimiento de pacientes de hospitales en Ecuador basado en Iot y Blockchain*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23330>
- Escalante Quimis, O. A. (2021). *Prototipo de sistema de seguridad de base de datos en organizaciones públicas para mitigar ataques cibernéticos en Latinoamérica*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20576>
- Fang, C., & Stone, W. Z. (2021). An Ecosystem for the Dairy Logistics Supply Chain with Blockchain Technology. *2021 International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME), October*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICECCME52200.2021.9591146>
- Guaman Villalta, M. G. (2021). *Hyperledger Blockchain para la seguridad en bases de datos un mapeo sistemático*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20320>
- Hawashin, D., Salah, K., Jayaraman, R., & Musamih, A. (2023). Using Composable NFTs for Trading and Managing Expensive Packaged Products in the Food Industry. *IEEE Access*, 11(December 2022), 10587–10603. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3241226>
- Hemnil, P., Boonchieng, E., & Osiriphun, S. (2023). Food Safety Block Chain System using Ontology in UHT Milk Factory. *Proceedings of the 2023 17th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, IMCOM 2023*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/IMCOM56909.2023.10035606>
- Kiruthika, J. K., Yawanikha, T., Kannika, A., Megaranjani, C., Rajalakshme, R. S., & Kalaiyarasu, D. (2023). User Interface of Blockchain-Based Agri-Food Traceability Applications. *ICSPC 2023 - 4th International Conference on Signal Processing and Communication*, 9, 258–261. <https://doi.org/10.1109/ICSPC57692.2023.10125777>
- Kravenkit, S., & So-In, C. (2022). Blockchain-Based Traceability System for Product Recall. *IEEE Access*, 10(August), 95132–95150. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3204750>
- Lin, Q., Wang, H., Pei, X., & Wang, J. (2019). Food Safety Traceability System Based on Blockchain and EPCIS. *IEEE Access*, 7, 20698–20707. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2897792>
- Lin, W., Huang, X., Fang, H., Wang, V., Hua, Y., Wang, J., Yin, H., Yi, D., & Yau, L. (2020). Blockchain Technology in Current Agricultural Systems: From Techniques to Applications. *IEEE Access*, 8, 143920–143937. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3014522>
- Marchesi, L., Mannaro, K., Marchesi, M., & Tonelli, R. (2022). Automatic Generation of Ethereum-Based Smart Contracts for Agri-Food Traceability System. *IEEE Access*, 10, 50363–50383. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3171045>
- Melendrez-Caicedo, G., & Llerena-Izquierdo, J. (2022). Secure Data Model for the Healthcare Industry in Ecuador Using Blockchain Technology. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 252, 479–489. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4126-8_43
- Miñan Parrales, W. E. (2022). *Modelo de arquitectura de gestión de la información para la cadena de suministros en empresas de consumo masivo mediante Iot y Blockchain*.

- Mohammed, A., Potdar, V., Quaddus, M., & Hui, W. (2023). Blockchain Adoption in Food Supply Chains: A Systematic Literature Review on Enablers, Benefits, and Barriers. *IEEE Access*, *11*(January), 14236–14255. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3236666>
- Mosquera Jarrín, M. J. (2023). *Modelo de información segura para seguimiento de alimentos orgánicos basado en Blockchain*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26646>
- Niya, S. R., Dordevic, D., Hurschler, M., Grossenbacher, S., & Stiller, B. (2020). A Blockchain-based Supply Chain Tracing for the Swiss Dairy Use Case. *Proceedings - 2020 2nd International Conference on Societal Automation, SA 2020*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/SA51175.2021.9507182>
- Rambim, D., & Awuor, F. M. (2020). Blockchain based Milk Delivery Platform for Stallholder Dairy Farmers in Kenya: Enforcing Transparency and Fair Payment. *2020 IST-Africa Conference, IST-Africa 2020*, 1–6.
- Raza, Z., Haq, I. U., & Muneeb, M. (2023). Agri-4-All: A Framework for Blockchain Based Agricultural Food Supply Chains in the Era of Fourth Industrial Revolution. *IEEE Access*, *11*(February), 29851–29867. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3259962>
- Reyes Sarmiento, M. A. (2022). *Modelo de seguridad y transparencia bancaria para transferencias basado en tecnología Blockchain*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23336>
- Salah, K., Nizamuddin, N., Jayaraman, R., & Omar, M. (2019). Blockchain-Based Soybean Traceability in Agricultural Supply Chain. *IEEE Access*, *7*, 73295–73305. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2918000>
- Shahid, A., Almogren, A., Javaid, N., Al-Zahrani, F. A., Zuair, M., & Alam, M. (2020). Blockchain-Based Agri-Food Supply Chain: A Complete Solution. *IEEE Access*, *8*, 69230–69243. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2986257>
- Sharma, A., Goar, V., Kuri, M., & Chowdhary, C. L. (2023). Supply Chain Management Using Blockchain Security Enhancement. *Lecture Notes in Networks and Systems*, *628 LNNS(Iciss)*, 221–233. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9888-1_15
- Tao, Q., Cui, X., Huang, X., Leigh, A. M., & Gu, H. (2019). Food safety supervision system based on hierarchical multi-domain blockchain network. *IEEE Access*, *7*, 51817–51826. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2911265>
- Tharatipyakul, A., Pongnumkul, S., Riansumrit, N., Kingchan, S., & Pongnumkul, S. (2022). Blockchain-Based Traceability System From the Users' Perspective: A Case Study of Thai Coffee Supply Chain. *IEEE Access*, *10*(August), 98783–98802. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3206860>
- Tsang, Y. P., Choy, K. L., Wu, C. H., Ho, G. T. S., & Lam, H. Y. (2019). Blockchain-Driven IoT for Food Traceability With an Integrated Consensus Mechanism. *IEEE Access*, *7*, 129000–129017. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2940227>
- Vincent, D., Karthika, M., George, J., & Joy, J. (2023). *A Conception of Blockchain Platform for Milk and Dairy Products Supply Chain in an Indian Context*. 201–217. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2940-3_14
- Wang, L., Xu, L., Zheng, Z., Liu, S., Li, X., Cao, L., Li, J., & Sun, C. (2021). Smart Contract-Based Agricultural Food Supply Chain Traceability. *IEEE Access*, *9*, 9296–9307. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3050112>
- Yan, L., Yin-He, S., Qian, Y., Zhi-Yu, S., Chun-Zi, W., & Zi-Yun, L. (2021). Method of Reaching Consensus on Probability of Food Safety Based on the Integration of Finite Credible Data on Block Chain. *IEEE Access*, *9*, 123764–123776. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3108178>
- Yu, B., Zhan, P., Lei, M., Zhou, F., & Wang, P. (2020). Food Quality Monitoring System Based on Smart Contracts and Evaluation Models. *IEEE Access*, *8*, 12479–12490. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2966020>
- Zerega-Prado, J., & Llerena-Izquierdo, J. (2022). Arquitectura de consolidación de la información para seguros de la salud mediante Big Data. *Memoria Investigaciones En Ingeniería*, *0*(23 SE-Artículos). <https://doi.org/10.36561/ING.23.3>
- Zhang, X., Sun, P., Xu, J., Wang, X., Yu, J., Zhao, Z., & Dong, Y. (2020). Blockchain-based safety management system for the grain supply chain. *IEEE Access*, *8*, 36398–36410. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2975415>