

**Un Café de Confianza: Análisis de la implementación de tecnología  
Blockchain y su impacto en la Trazabilidad y Sostenibilidad en la Cadena de  
Suministro Cafetera en Colombia**

Elaborado por:

Angie Paola Ramirez Hernandez

Janina Sanchez Torres

José Yohanny Malaver Mora

Universidad Ean

Especialización en Gerencia Logística

27 de noviembre, Bogotá D.C

## Resumen

El café colombiano es sin duda, reconocido y valorado mundialmente por su calidad y atributos de sabor que encierra cada grano. Sin embargo, la cadena de suministro del café enfrenta importantes desafíos relacionados con la trazabilidad y la sostenibilidad. En este contexto, la tecnología Blockchain se convierte en una solución innovadora que puede revolucionar la forma en que se gestiona cada proceso entre los actores involucrados en la cadena de suministro.

Este estudio busca proporcionar una visión integral sobre el impacto positivo o negativo que tenga el uso e implementación de la tecnología Blockchain en la cadena de suministro del café en Colombia, así como su repercusión en la trazabilidad y la sostenibilidad. Explora cómo las características inherentes de blockchain, como la inmutabilidad y la transparencia, pueden mejorar la trazabilidad desde el origen hasta la taza de café del consumidor, garantizando la autenticidad y la calidad del café colombiano, ya que su función principal es proteger la información del producto, impidiendo su alteración y brindando al consumidor la certeza del origen de este.

El estudio incluye un análisis de casos de estudio del sector agrícola, de alimentos y cafetero, donde se examinaron los desafíos y las oportunidades que enfrentan, así como los beneficios producidos por el uso de esta tecnología en el sector cafetero y los resultados obtenidos en términos de trazabilidad y sostenibilidad.

**Palabras clave-** Cadena de suministro, café, trazabilidad, sustentabilidad,  
blockchain

## Planteamiento del Problema

En la actualidad los consumidores muestran mayor interés por conocer el origen del café; exigiendo transparencia en los procesos de producción y transformación, hasta llegar a la taza (Puertas & Cenicafé, 2007); Por lo tanto, es indispensable contar con la información de cada proceso productivo dentro de la cadena. La demanda de productos producidos y obtenidos de manera sostenible y responsable, cada día se están posicionando en el mercado, pero no solo basta con campañas de marketing donde aseguren el origen y calidad, sino que esta información sea demostrada con hechos. (Porte, 2022).

La cadena productiva del café es un sector crucial para muchas economías en todo el mundo. Sin embargo, esta industria enfrenta una serie de desafíos, desde la trazabilidad y la autenticidad del producto hasta la eficiencia en la gestión de datos y la transparencia en las transacciones. En este contexto, la tecnología blockchain se presenta como una solución prometedora para abordar estas problemáticas, teniendo en cuenta las tendencias del mercado, se convierte en una oportunidad para fomentar la implementación de un sistema de trazabilidad física y virtual de toda la cadena de suministro, lo que se entiende como “la habilidad de poder rastrear cada grano de café de extremo a extremo, desde la selección de la semilla para la plantación del cafeto hasta la taza de café que llega al consumidor final” (Porte, 2022). La Federación Nacional de cafeteros de Colombia realizó una prueba piloto en meta y Santander mediante la implementación de tecnologías como la cadena de bloques (Blockchain) e

internet de las cosas, realizando trazabilidad de la cadena productiva, con el objetivo de resaltar la transparencia en cada uno de los procesos (Federación Nacional de cafeteros de Colombia, 2022)

Para llevar a cabo el proceso de la trazabilidad es necesario implementar el blockchain, ya que con esto se está asegurando la calidad del café y una cadena de valor mas equitativa (grind, 2017), el mercado actual se encuentra en la búsqueda de granos sostenibles y de excelente calidad y clave es saber de donde y como se cultivo. De esta manera se puede trabajar para que haya precios más justos, impulsando la denominación de origen (MinAgricultura, 2020).

Por lo anterior, el uso de blockchain puede promover una competencia más justa en el mercado del café. Al proporcionar información completa sobre los costos de producción, los métodos de cultivo y la calidad del grano, los fabricantes pueden negociar precios razonables con los intermediarios y los compradores finales. Esto es especialmente importante en un momento en que la industria del café enfrenta desafíos debido a las fluctuaciones de precios en los mercados internacionales.

Otro aspecto a destacar es la sostenibilidad; la trazabilidad por medio del blockchain permite a los consumidores identificar prácticas sostenibles, como el comercio justo y la agricultura orgánica. Esto anima a los fabricantes a adoptar prácticas más respetuosas con el medio ambiente y socialmente responsables. En resumen, con esta herramienta los productores, consumidores y a la industria del café en general se ven beneficiados con el uso adecuado de esta tecnología, podemos

contribuir a un mercado de café más justo y sostenible para todos los involucrados.  
(MinAgricultura, 2020).

La colaboración de todas las partes involucradas es crucial para aprovechar al máximo la tecnología blockchain en la agricultura. Mediante su implementación, se pueden mejorar la trazabilidad, la eficiencia, la seguridad alimentaria y el control de calidad del café, dejando de lado los procesos operativos manejados hoy en día.  
(observatorio blockchain, s.f.).

#### Pregunta de Investigación

¿Cómo la tecnología Blockchain puede mejorar la trazabilidad y sostenibilidad de cadena de suministro cafetera en Colombia, y cuáles son los desafíos claves que deben abordarse para llevar a cabo su implementación?

## Objetivos

### Objetivo general.

Evaluar el impacto de la implementación de la tecnología Blockchain en la cadena de suministro del café en Colombia, analizando sus efectos en la trazabilidad y la sostenibilidad de la producción, distribución y comercialización del café.

### Objetivos específicos.

1. Investigar y analizar casos de estudio existentes en los que la tecnología blockchain se han utilizado para rastrear la cadena de suministro del café en los países productores de café.
2. Analizar y comprender los fundamentos y características claves de la tecnología Blockchain y su aplicabilidad en contextos de cadena de suministro agroindustrial.
3. Identificar obstáculos y posibles soluciones en la implementación de la tecnología Blockchain en Colombia.
4. Evaluar el impacto de la implementación de la tecnología Blockchain en la trazabilidad de la cadena de suministro del café en Colombia, revisando cómo la tecnología puede mejorar la transparencia, la autenticidad y la confiabilidad de la información.

## Justificación

El café es un producto de alto impacto en la economía colombiana, siendo uno de los productos más consumidos a diario. De acuerdo con la Federación Nacional de Cafeteros (FNC) en el año 2022 se cosecharon 11.1 millones de sacos de 60 kg. Sin embargo, la cadena de suministro del café en Colombia enfrenta desafíos significativos en términos de trazabilidad y sostenibilidad. La producción de café colombiano es apreciada en todo el mundo por su calidad, pero garantizar su autenticidad y origen es esencial para mantener y expandir su presencia en los mercados internacionales. La conducta de los consumidores ha cambiado, y ahora son más conocedores del producto, lo cual, está llevando a los comercializadores de café a ser más responsables social y ambientalmente, tomando medidas que soporten todo el proceso “end to end” en la cadena de suministro. Esto implica que la famosa frase “100% colombiano”, usada para promover estrategias de mercado, ahora se pueda garantizar completamente.

La tecnología Blockchain ofrece soluciones potenciales para abordar estos desafíos, tales como:

**Mejora de la Trazabilidad:** La tecnología Blockchain, con su capacidad para registrar y almacenar transacciones de forma segura e inmutable, puede proporcionar un registro transparente y verificable de cada paso en la cadena de suministro, desde la finca del productor hasta el consumidor final. Esto contribuye a prevenir la falsificación y el fraude, lo que es especialmente importante en un mercado global.

**Promoción de la Sostenibilidad:** Blockchain puede brindar visibilidad y transparencia a las prácticas agrícolas y comerciales, lo que fomenta la adopción de prácticas más sostenibles y éticas. Esto puede ser un atractivo adicional para los consumidores y compradores internacionales que buscan productos responsables.

**Impacto Económico:** A medida que se mejore la trazabilidad y se promueva la sostenibilidad, se puede esperar un aumento en la confianza de los compradores y consumidores, lo que podría provocar un aumento en la demanda de café colombiano y, por lo tanto, en el crecimiento económico para el país.

**Experiencia Internacional:** A nivel internacional, varios proyectos y empresas están explorando la aplicación de Blockchain en la cadena de suministro de alimentos, incluido el café. Comprender cómo esta tecnología se ha implementado con éxito en otros lugares puede proporcionar valiosas lecciones para Colombia.

## Marco Teórico

La cadena de suministro de alimentos juega un papel crucial para garantizar la seguridad y calidad de los productos que se consumen a diario (Aung & Chang, 2014; Djekic et al., 2021). El seguimiento y la gestión del café, junto con otros alimentos y productos, adquieren mayor importancia en la globalización, en el que estos productos pasan por múltiples etapas de producción antes de llegar finalmente al consumidor final (Ponte, 2002). En este contexto, la trazabilidad surge como un instrumento esencial que permite monitorear y documentar la trayectoria de un producto, asegurando así su autenticidad y su integridad (Villagrán, 2008). Sin embargo, la tarea de garantizar una trazabilidad eficiente en los sistemas convencionales puede presentar importantes dificultades. La tecnología Blockchain desempeña un papel fundamental en la mejora de la trazabilidad dentro de las cadenas de suministro al proporcionar un sistema descentralizado y seguro para registrar transacciones (Barbero, 2018). En Colombia, se reconoce el potencial de esta tecnología, particularmente a nivel gubernamental (*Guía de referencia para la implementación e implementación de proyectos con tecnología blockchain para el estado colombiano*, s. f.). La política de adopción e implementación en el estado colombiano tiene como objetivo facilitar la utilización de la tecnología blockchain mediante el establecimiento de lineamientos y directivas integrales para su integración efectiva y ética en los sistemas estatales.

## Cadena de suministro de alimentos

La Cadena de Suministro puede definirse como: “red de organizaciones que están involucradas a través de uniones aguas arriba y aguas abajo en los diferentes procesos y actividades que producen valor en forma de productos y servicios para los clientes finales” (Christopher, 1998). Esta definición enfatiza la importancia de considerar todas las etapas y actores involucrados en el proceso de suministro y cómo estos elementos se relacionan entre sí para cumplir con el objetivo final de satisfacer las necesidades del cliente. *En tiempos de disrupción, esto es más importante que nunca. Los consumidores y los negocios quieren que las marcas garanticen la autenticidad del producto, mientras que los participantes de la cadena de suministro exigen un abastecimiento responsable y una mejor visibilidad para minimizar las disputas* (IBM, s.f.)

## 52 %

de los consumidores considera que saber de dónde proceden los alimentos tiene un grado de importancia entre alto y moderado.<sup>1</sup>

## 63 %

de los estadounidenses encuestados indicaron que pagarían hasta un 36 % más por productos de fabricación responsable y de procedencia transparente.<sup>2</sup>

## 94 %

de los consumidores encuestados dijeron que serían más leales a una marca que ofreciese una transparencia completa.<sup>3</sup>

Tomado de: <https://www.ibm.com/mx-es/products/supply-chain-intelligence-suite/food-trust>

Este trabajo de investigación se sumerge en el fascinante mundo de la cadena de suministro de alimentos, siendo este un componente esencial de la vida cotidiana y de la economía global. Este sistema abarca desde la producción agrícola hasta la entrega de alimentos frescos y procesados en los hogares. La cadena de suministro de

alimentos se trata de cómo los alimentos viajan desde el campo hasta el consumidor final, pasando por una serie de etapas críticas que involucran la producción, procesamiento, distribución y venta. Esta cadena desafía constantemente a productores, procesadores, distribuidores y minoristas a mantener la frescura, la seguridad y la calidad de los alimentos, mientras se esfuerzan por satisfacer las cambiantes demandas de los consumidores y las regulaciones gubernamentales.

## Cadena de suministro del café

El Café es uno de los productos básicos más comercializados del mundo y su exportación es vital para la economía de muchos países. Su proceso productivo se compone por una serie de etapas que conforman su proceso, el cual, comienza desde cosecha, pasando por el procesamiento, el trillado, la tostión, la molienda, el empaque, la distribución y venta al consumidor final.



Tomado de: <https://www.ibm.com/mx-es/products/supply-chain-intelligence-suite/food-trust>.

Una solución modular basada en blockchain que beneficia a todos los participantes de la red con un ecosistema alimentario más seguro, más inteligente y sustentable. (IBM, s.f.)

Este trabajo de investigación analiza la cadena de suministro del café y la tecnología Blockchain como aliadas estratégicas en pro de avanzar en el desarrollo de herramientas de seguimiento que brinden información clara y segura de todos los trayectos por lo que debe transitar el café, explorando cómo esta innovación está revolucionando la forma en que se gestionan los procesos. A medida que las fincas cafetaleras de Colombia, conocidas por su café de alta calidad, buscan abordar los desafíos de la trazabilidad y la sostenibilidad, es esencial comprender cómo Blockchain está cambiando la dinámica de esta cadena y cuáles son las implicaciones para los productores, los intermediarios y los consumidores.

### **Trazabilidad en la cadena de suministro de alimentos**

La trazabilidad en la cadena de suministro se refiere a la capacidad de monitorear y documentar la progresión de un producto o ingrediente específico según varias etapas de producción, procesamiento y distribución (Villagrán, 2008). El concepto implica la adquisición, difusión y administración integral de datos a través de la identificación precisa de la fuente y múltiples transacciones de información dentro de la cadena de suministro (*Trazabilidad*, s. f.).

En el ámbito de la agricultura y la alimentación, la vigilancia del desarrollo de productos tiene gran importancia para garantizar la seguridad de los consumibles. Las

crecientes preocupaciones sobre la seguridad de los alimentos, los riesgos asociados con la contaminación y la globalización han elevado la importancia de la trazabilidad. El seguimiento detallado y el cumplimiento de las regulaciones específicas de cada país son imprescindibles para el comercio internacional de mercancías (Alvarado Riaño, 2017).

En el contexto del café, por su condición de producto ampliamente comercializado, el café necesita un sistema de trazabilidad para cumplir con los estándares de calidad y ofrecer a los consumidores confianza con respecto al origen y la seguridad del producto. Sin embargo, la naturaleza cambiante de la información dentro de la cadena de suministro agrícola y alimentario presenta retos considerables. La complejidad del seguimiento y la localización aumenta debido a la participación de múltiples intermediarios en la producción, procesamiento y transporte de productos (Renard, 2005). La importancia de la trazabilidad como instrumento político para monitorear la calidad de los alimentos tiene impactos directos en la salud pública (Cartín-Rojas, 2013). Aunque cada etapa dentro de las cadenas de suministro de alimentos puede poseer fuertes medidas de trazabilidad, el proceso de intercambio de información entre estas etapas puede tomar mucho tiempo. Los sistemas tradicionales frecuentemente enfrentan desafíos relacionados con la fragmentación de datos y controles centralizados, lo que resulta en vulnerabilidades a modificaciones de datos y complicaciones de administración.

En este contexto, la necesidad de soluciones innovadoras, como blockchain, surge de los desafíos que presentan los sistemas tradicionales, para mejorar y agilizar la trazabilidad.

### **Descripción general de la tecnología Blockchain**

La utilización de la tecnología blockchain, que se basa en principios criptográficos y sistemas descentralizados, ha representado un avance importante de la informática distribuida y el mantenimiento de la integridad de las transacciones (Marín Pérez & Ferruz Agudo, 2022). El modelo blockchain, introducido inicialmente por Satoshi Nakamoto en 2009, ha mostrado el potencial de una transformación significativa en múltiples sectores, con especial énfasis en la gestión de la cadena de suministro (Nespral & Hergueda, 2021).

En esencia, blockchain es un almacén de registro digital descentralizado y distribuido que mantiene un registro permanente de las transacciones. Estas transacciones se organizan de manera secuencial dentro de bloques, que se replican en numerosos dispositivos o nodos digitales. Este diseño arquitectónico garantiza que cada individuo involucrado en la red tenga acceso ilimitado a la totalidad de la base de datos, junto con su registro completo de transacciones.

Cada bloque individual dentro de la cadena de bloques posee características distintas como una marca de tiempo que indica el momento de su creación, así como datos de transacción que brindan información detallada sobre las transacciones que contiene. Este diseño particular es responsable del surgimiento de varias

características notables de la tecnología blockchain, que incluyen, entre otras, la inmutabilidad de los datos, la resistencia a la manipulación, la trazabilidad, la seguridad criptográfica y la descentralización (Di Pierro, 2017).

La descentralización es una característica de mayor valor que ofrece esta tecnología. A diferencia de las bases de datos tradicionales, como el sistema de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS), que opera dentro de un marco centralizado, blockchain opera en una estructura de red peer-to-peer (P2P) (Acharjamayum et al., 2018). Dentro de este contexto descentralizado, las transacciones se vuelven visibles para todos los nodos de la red una vez que se incorporan a la cadena de bloques. Esta característica garantiza un grado significativo de transparencia sin comprometer la privacidad de las personas, ya que los datos personales se transforman en representaciones criptográficas.

Uno de los aspectos más innovadores de la tecnología blockchain es la incorporación de "contratos inteligentes". Los scripts o contratos programables, también conocidos como contratos inteligentes, son capaces de ejecutarse de forma autónoma una vez que se cumplen condiciones específicas predefinidas (Mohanta et al., 2018). Estos contratos tienen la capacidad de activar pagos automáticamente tras la recepción documentada de bienes dentro del contexto de una cadena de suministro. Así, una característica de la tecnología blockchain es su inmutabilidad, lo que significa que una vez que se verifica una transacción, sus datos no se pueden alterar (Hofmann et al.,

2017). Cualquier intento de modificar los datos es computacionalmente difícil debido a la interconexión de los bloques y los mecanismos de consenso existentes.

El surgimiento de la tecnología blockchain, ejemplificada inicialmente por la moneda digital Bitcoin, estuvo motivada por las consecuencias de la crisis financiera mundial (Vujičić et al., 2018). A lo largo de su desarrollo, esta tecnología ha demostrado su adaptabilidad, que va más allá de su aplicación únicamente dentro de la industria financiera. Estudios de casos como Bext360, que integra aplicaciones móviles, tecnología blockchain y robótica, y Crypto N' Kafe (CNK), un ecosistema blockchain descentralizado que utiliza contratos inteligentes, destacan la amplia gama de aplicaciones en las cadenas de suministro (Kshetri, 2021). Estas aplicaciones tienen como objetivo mejorar la transparencia, la trazabilidad y la rentabilidad en la industria de la cadena de suministro. Destacados líderes de la industria como Starbucks están llevando a cabo programas piloto para integrar la tecnología blockchain con el fin de mejorar la trazabilidad.

### **Política de adopción e implementación del Blockchain en el estado colombiano**

En Colombia, la “Guía de Referencia para la Adopción e Implementación de Proyectos que Utilizan la Tecnología Blockchain para el Estado Colombiano” (*Guía de referencia para la implementación e implementación de proyectos con tecnología blockchain para el estado Colombiano*, s. f.) elaborada por la Dirección de Gobierno Digital, en colaboración con el Consejo Presidencial para la Transformación Digital,

tiene como objetivo principal impulsar la adopción de la tecnología Blockchain por parte del Estado colombiano, fomentando un enfoque ético y de cumplimiento alineado con el contexto específico de Colombia, en coordinación con la Política de Gobierno Digital. Esta guía establece un marco de gobernanza adaptado al entorno colombiano. Las características esenciales y distintivas de la tecnología blockchain como elemento fundamental para el avance y la mejora de los procesos. La guía proporciona lineamientos en aspectos como la gobernanza, la seguridad, la privacidad y la interoperabilidad.

En cuanto a la gobernanza, se establece la importancia de un marco normativo, que establezca roles y responsabilidades claras para los diferentes actores involucrados en el proyecto, así como en la importancia de contar con un plan de gestión de riesgos y un plan de continuidad del negocio.

En cuanto a la seguridad, se establece la importancia de contar con medidas de seguridad robustas para proteger los activos y la información almacenada en la blockchain. Se recomienda la implementación de medidas de autenticación y autorización, así como la utilización de criptografía para proteger la información.

En cuanto a la privacidad, se establece la importancia de garantizar la privacidad de los datos personales almacenados en la blockchain.

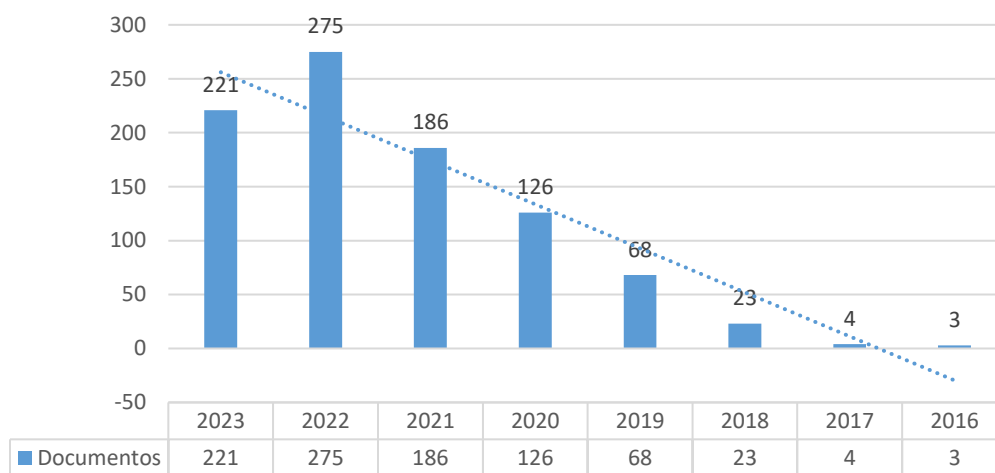
En cuanto a la interoperabilidad, la guía establece la importancia de contar con estándares y protocolos comunes para facilitar la integración de los sistemas. Se recomienda la utilización de estándares abiertos y la implementación de interfaces de

programación de aplicaciones (API) para facilitar la interoperabilidad entre diferentes blockchains y sistemas.

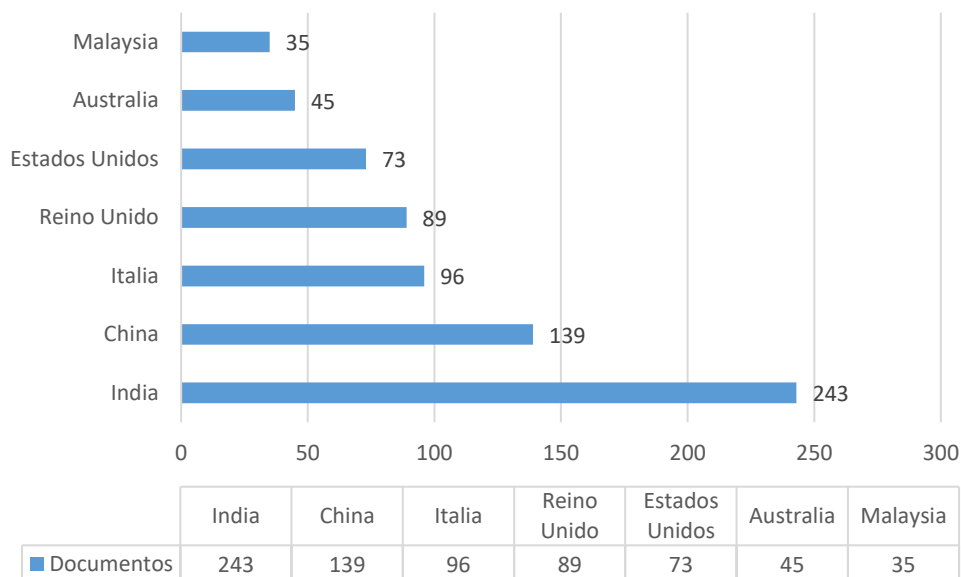
## Estado del arte

Para investigar el progreso y la utilización de la tecnología blockchain en el ámbito de la logística de alimentos y las cadenas de suministro después del año 2014, se llevó a cabo una búsqueda de trabajos académicos relevantes. Los criterios de búsqueda se establecieron incorporando los términos "blockchain" en combinación con "supply chain" o "logistics" y "food", con especial énfasis en las publicaciones de 2014 en adelante. La investigación se centró en mayor medida en la base de datos Scopus, mediante la siguiente ecuación de búsqueda *"TITLE-ABS-KEY ("blockchain" AND ("supply chain" OR "Logistic")) AND "food") AND PUBYEAR > 2014"*

Los hallazgos demostraron una tendencia ascendente en el número de publicaciones durante el período observado, que culminó con un pico de 275 documentos en 2022, en marcado contraste con apenas 3 publicaciones en 2016. El notable aumento en la atención de la investigación observado durante este período destaca la creciente importancia y potencial de la tecnología blockchain dentro de la industria de la cadena de suministro de alimentos. Además, un examen geográfico de las contribuciones revela que India emerge como la nación más importante con 158 documentos, seguida por China e Italia con 109 y 75 documentos, respectivamente. También hicieron contribuciones importantes el Reino Unido, los Estados Unidos, Australia y Turquía (ver Figura 1).



Elaboración Propia.



Elaboración Propia.

Figura 1. Descripción gráfica de la tendencia de a) la cantidad de documentos académicos publicados, y b) las regiones geográficas con mayor contribución.

Un análisis de los orígenes disciplinares de estos estudios revela que la Informática emerge como el campo predominante, abarcando un total de 512 documentos. Las disciplinas posteriores incluyen Ingeniería, Negocios, Gestión y Contabilidad, Ciencias de la Decisión y Ciencias Sociales. El predominio de la informática y la ingeniería resalta el enfoque predominantemente técnico de la investigación, mientras que la inclusión de las ciencias empresariales y sociales significa una perspectiva interdisciplinaria sobre el tema.

La literatura revisada demuestra un interés creciente en la integración de la tecnología blockchain en el contexto de la logística de alimentos y las cadenas de suministro. El reconocimiento global del potencial de la tecnología está indicado por la distribución geográfica de sus contribuciones, mientras que el espectro disciplinario sugiere una exploración integral de sus implicaciones.

### **Antecedentes de la cadena de suministro del café**

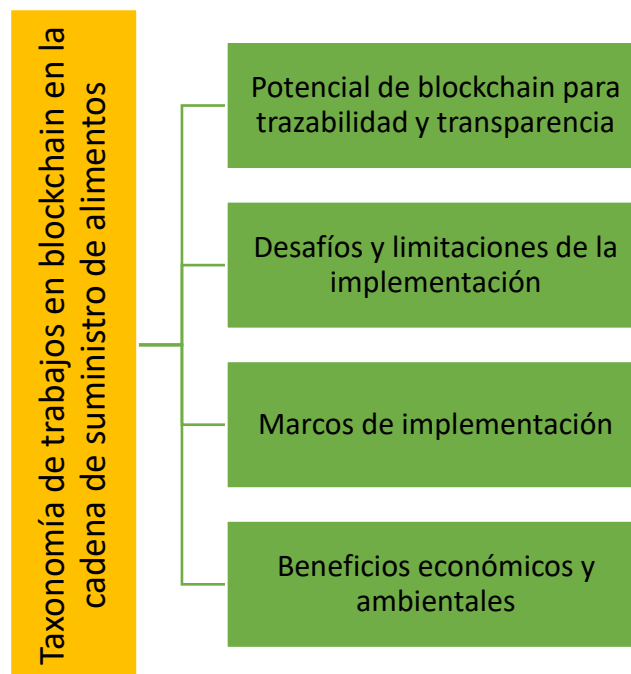
Una vez que se han recolectado los trabajos relevantes de la literatura con relación a la aplicación de la tecnología blockchain en la cadena de suministro de alimentos, se organizaron en un grupo de categorías. Se propone una taxonomía que agrupa los trabajos en función de sus enfoques y contribuciones principales (ver Figura 2).

Primero, encontramos aquellos trabajos que exploran el potencial de la tecnología blockchain para mejorar la trazabilidad y la transparencia en la cadena de suministro de alimentos. Estos se centran en cómo la blockchain puede servir como herramienta para rastrear los alimentos desde su origen hasta su destino final, con el objetivo de reforzar la seguridad alimentaria y garantizar la calidad de los productos.

En segundo lugar, hay estudios que analizan los desafíos y las limitaciones asociadas a la implementación de la tecnología blockchain en este sector. Estos trabajos abordan problemáticas como la falta de estándares comunes y la resistencia al cambio por parte de algunas entidades, identificando así los principales obstáculos que deben ser superados.

En tercer lugar, se encuentran aquellos trabajos que proponen marcos específicos para la adopción de la tecnología blockchain en la cadena de suministro de alimentos. Estos ofrecen directrices y recomendaciones prácticas, buscando guiar a las empresas en su camino hacia la integración efectiva de esta tecnología.

Por último, una serie de investigaciones se enfoca en evaluar los beneficios económicos y ambientales derivados de la implementación de la blockchain. Estos estudios argumentan cómo, mediante la optimización de procesos y la reducción de costos, la tecnología puede tener un impacto positivo tanto en el medio ambiente como en la economía en su conjunto.



Elaboración Propia.

Figura 2. Taxonomía general propuesta para los trabajos relacionados con la tecnología blockchain en el contexto de la cadena de suministros de los alimentos.

### **Potencial de blockchain para trazabilidad y transparencia**

La atención se centra en el conjunto de trabajos que exploran la capacidad de la tecnología blockchain para mejorar la trazabilidad y la transparencia dentro de la cadena de suministro de alimentos. En (Gazzola et al., 2023), se presenta un caso de estudio de Lavazza demostrando cómo la tecnología blockchain puede mejorar la transparencia y la trazabilidad en la cadena de suministro de alimentos. La integración de la tecnología blockchain en las herramientas de la empresa promueve la confianza del consumidor y los valores corporativos.

En (Borrero, 2019), se proponen un sistema basado en la tecnología blockchain con el objetivo de mejorar la transparencia y la confianza dentro de la cadena de suministro de productos agroalimentarios, con un enfoque específico en las cooperativas agrícolas. Similarmente, en (Forero Lozano et al., 2019), presenta un marco propuesto para monitorear la cadena de suministro del café colombiano, que abarca todo su recorrido desde la producción hasta el consumo. Este sistema tiene como objetivo mejorar la seguridad de los datos y establecer una trazabilidad de origen verificable aprovechando la tecnología blockchain. Además, el modelo propuesto en (Alamsyah et al., 2023) describe la conversión del proceso de la cadena de suministro del café en un flujo de trabajo basado en la tecnología blockchain, facilitando así mayores niveles de transparencia y trazabilidad.

### **Desafíos y limitaciones de la implementación**

Dentro del conjunto de investigaciones que se centra en el examen de las limitaciones y limitaciones asociados con la integración de esta tecnología dentro de la industria alimentaria, se encuentra el trabajo en (Bager et al., 2022), el cual examina las ventajas y limitaciones asociados con la integración de la tecnología blockchain dentro de la cadena de suministro del café. Subraya la noción de que blockchain no es un remedio universalmente aplicable para las preocupaciones de sostenibilidad. En (Tharatipyakul et al., 2022) evalúa la viabilidad y las dificultades percibidas de implementar blockchain y trazabilidad desde el punto de vista de los usuarios. Enfatiza

desafíos como la presencia de información inexacta o incompleta y la posible exposición de secretos comerciales.

### **Marcos de implementación**

Además de sus implicaciones prácticas, se han realizado esfuerzos académicos para establecer marcos integrales para la integración eficiente de la tecnología blockchain dentro de la cadena de suministro de alimentos. En (Vélez Atehortúa, 2023), los autores brindan recomendaciones y consideraciones para la implementación de la tecnología blockchain en la cadena de suministro del sector aguacatero colombiano. El objetivo principal es mejorar las prácticas de gestión y facilitar una mayor trazabilidad y transparencia dentro de la industria.

### **Beneficios económicos y ambientales**

Además, se ha realizado números trabajos académicos han sido realizados para evaluar las posibles ventajas económicas y ambientales asociadas con la integración de la tecnología blockchain en esta industria en particular. En (Panggabean et al., 2023), el estudio examina los avances económicos experimentados por los agricultores en el sector cafetalero como resultado de las tecnologías digitales, aunque no centrados exclusivamente en blockchain. Los hallazgos subrayan la notable mejora de los ingresos de los agricultores, lo que indica un resultado favorable.

### **Marco Institucional**

El sector por abordar es el sector agrícola, en específico el cafetero, donde es necesario adoptar tecnologías que permitan la trazabilidad, en este caso, el blockchain.

A continuación, se nombrarán diferentes entes que están directamente relacionados con el sector cafetero.

### **Nacionales**

**Federación Nacional de Cafeteros:** es una entidad importante y relevante en el contexto de la cadena de suministro del café en Colombia, y desempeña un papel fundamental en la regulación y promoción del café colombiano.

**Asociaciones de Caficultores:** A nivel local, las asociaciones de caficultores suelen desempeñar un papel importante en la regulación y representación de los productores de café.

**Organización Internacional del Café (OIC):** La OIC es una entidad intergubernamental que reúne a productores y consumidores de café de todo el mundo. Su objetivo es promover la cooperación internacional y el desarrollo sostenible en la industria cafetalera.

**Ministerio de Agricultura:** responsables de regular y supervisar la producción de café. Establece políticas, regulaciones y estándares relacionados con la producción, la calidad y las prácticas agrícolas.

### **Internacionales**

**La FDA (Food and Drug Administration, por sus siglas en inglés):** es la agencia gubernamental de Estados Unidos responsable de la regulación de alimentos, medicamentos (humanos y veterinarios), cosméticos, médicos biológicos

(incluyendo derivados sanguíneos) y vacunas, entre otros. Para los alimentos se debe tener en cuenta la **ley de Seguridad Alimentaria y Modernización**.

**Organizaciones de Certificación:** Hay varias organizaciones de certificación, como Fair Trade, Rainforest Alliance y Organic, que establecen estándares y certifican prácticas sostenibles y éticas en la producción de café. Estas organizaciones suelen trabajar en estrecha colaboración con productores y empresas para garantizar que se cumplan los requisitos de calidad y sostenibilidad.

## Metodología

### Primer nivel

#### Enfoque, alcance y diseño de la investigación

El enfoque de la investigación es cualitativo el cual permite obtener una comprensión holística del sector en cuestión. El objetivo principal de este estudio es analizar la implementación de la tecnología Blockchain, empleando un diseño de investigación no experimental, en el cual no se manipulan variables, sino que se basa en la observación del comportamiento de la cadena productiva del café para su posterior análisis.

El proceso de análisis de datos se lleva a cabo a través de un enfoque descriptivo, que consiste en “un conjunto de procedimientos que tienen por objeto presentar masas de datos por medio de tablas, gráficos y/o medidas de resumen” (AULA FACIL, 2000, primer párrafo). En otras palabras, implica la observación y recopilación de información proveniente de diversas fuentes. Este enfoque permite examinar cada eslabón de la cadena productiva del café en profundidad y recopilar datos que permiten evaluar la implementación de la tecnología Blockchain en este contexto específico.

**Definición de Variables**

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>
<b>Eficiencia en la Trazabilidad del Café</b>	Considerada como la capacidad del sistema de trazabilidad para proporcionar información precisa y oportuna sobre el origen, procesamiento, y distribución del café en toda la cadena de suministro. (Léger)	Medida de la precisión y velocidad con la que el sistema de trazabilidad registra y actualiza la información de cada etapa en la cadena de suministro del café. Se evalúa mediante la frecuencia de actualizaciones, la ausencia de errores y la accesibilidad de la información. (Quintero, 2007)
<b>Transparencia en la Cadena de Suministro del Café</b>	Apertura y visibilidad de la información a lo largo de la cadena de suministro,	Medida del grado de acceso que tienen los diferentes actores de la

	<p>permitiendo a los participantes acceder y verificar datos relevantes sobre la producción, distribución y comercialización del café. (Melo, La transparencia y el comercio del café, 2023)</p>	<p>cadena de suministro del café a la información compartida. Se evalúa mediante la disponibilidad de datos, la accesibilidad de la información y la confianza entre los participantes</p>
<p><b>Nivel de Adopción de la Tecnología Blockchain en la Cadena de Suministro del Café</b></p>	<p>El grado en el que las empresas y participantes en la cadena de suministro del café han incorporado y utilizan la tecnología Blockchain para mejorar la eficiencia, transparencia y trazabilidad en sus operaciones.</p>	<p>Medida cuantitativa que evalúa el porcentaje de participantes en la cadena de suministro del café que han implementado soluciones basadas en Blockchain. Se considera la cantidad de procesos y etapas cubiertas por la tecnología Blockchain</p>
<p><b>Participación de los Actores de la Cadena</b></p>	<p>El grado de involucramiento y</p>	<p>Medida cualitativa y cuantitativa que evalúa la</p>

<p><b>de Suministro del Café</b></p>	<p>colaboración entre los diferentes participantes en la cadena de suministro del café, como productores, procesadores, distribuidores, comercializadoras y consumidor final. (Melo, Mejorando la Trazabilidad del Café: Entendiendo la Importancia de una Cadena de Suministro Transparente, 2023)</p>	<p>frecuencia y calidad de la interacción entre los actores de la cadena. Se considera la colaboración en la toma de decisiones, la comunicación efectiva y la resolución conjunta de problemas.</p>
<p><b>Marco Regulatorio en la Cadena de Suministro de Café</b></p>	<p>El conjunto de normativas, leyes y políticas gubernamentales que rigen las operaciones y prácticas en la cadena de suministro del café, incluyendo aspectos como</p>	<p>Evaluación de la conformidad y aplicación de las regulaciones gubernamentales en la cadena de suministro del café. Se considera la existencia de políticas</p>

	la calidad, seguridad, trazabilidad y sostenibilidad. (Federación Nacional de cafeteros de Colombia, 2022)	específicas, el grado de cumplimiento y las repercusiones legales en caso de no conformidad.
--	--	--

## Población y Muestra

### Población

La población de interés para realizar el estudio de "Análisis de la implementación de tecnología Blockchain y su impacto en la Trazabilidad y Sostenibilidad en la Cadena de Suministro Cafetera en Colombia" está compuesta por diferentes actores que juegan un papel fundamental en la cadena de suministro cafetera de Colombia. Estos grupos incluyen:

**Productores:** Este grupo comprende a los agricultores y comunidades dedicadas al cultivo del café en las fértiles tierras de Colombia. Desde pequeñas fincas familiares hasta cooperativas más amplias, estos productores son fundamentales en la creación de la esencia distintiva de los granos colombianos. Además de enfrentar desafíos climáticos y fluctuaciones en los precios del mercado, estos productores son una parte esencial de la rica tradición cafetera del país.

**Intermediarios y Comercializadores:** Los intermediarios en la cadena de suministro cafetera, como exportadores e importadores, desempeñan un papel crucial. Es

importante encuestar a representantes de estas empresas para comprender cómo la tecnología Blockchain interferirá en sus operaciones y relaciones con los productores y los consumidores finales.

**Consumidores de Café:** Este grupo incluye a los consumidores finales de café en Colombia, Es fundamental comprender cómo perciben la trazabilidad y la sostenibilidad en el proceso de producción y si estas influyen en sus decisiones de compra.

#### **Muestra**

Para el estudio se realizan diferentes encuestas y entrevistas a los actores de la cadena.

**Productores de café:** Se realizaron entrevistas no estructuradas, las cuales permiten conocer la opinión acerca de la implementación de tecnología blockchain desde el origen de la cadena de suministro del café.

**Intermediarios y Comercializadores:** Se realizaron 3 entrevistas no estructuradas a representantes del grupo comprendidos como exportadores de café, las cuales permiten conocer el impacto que generaría la implementación del blockchain en la cadena productiva del café.

**Consumidores de Café:** Se seleccionaron 30 consumidores finales mediante un muestreo aleatorio simple para recopilar información sobre los comportamientos y/o características para considerar al comprar café.

## **Segundo Nivel**

### **Selección de métodos o instrumentos para recolección de información**

En el proceso de análisis de los datos recopilados mediante entrevistas y encuestas con un enfoque descriptivo para explorar el impacto de la tecnología Blockchain en la cadena de suministro del café, se pueden emplearon técnicas analíticas. En primer lugar, la codificación abierta de respuestas de entrevistas permitió identificar patrones emergentes y temáticas clave de las experiencias compartidas por los participantes. El análisis de contenido cualitativo facilito la comprensión detallada de los relatos, revelando matices y contextos relevantes en torno a la implementación de Blockchain en la cadena de suministro cafetera. Las encuestas descriptivas pueden someterse a análisis cuantitativos, empleando técnicas estadísticas como tabulaciones y análisis de frecuencia para cuantificar las respuestas e identificar correlaciones entre variables. Esta combinación de enfoques cualitativos y cuantitativos permitió una comprensión global y enriquecedora del impacto de la tecnología Blockchain en la cadena de suministro del café en el contexto colombiano.

### **Instrumentos de Recolección de Datos**

Un instrumento es en un principio:

“Cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. De este modo el instrumento sintetiza en si toda la labor de la investigación resume los aportes del marco teórico al seleccionar

datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto, a las variables o conceptos utilizados”. (Sabino, 1992, P.88).

Los instrumentos utilizados fueron:

1. **Encuestas:** a través de un cuestionario diseñado con preguntas cerradas, que permitió conocer la opinión de los participantes frente a la implementación de una tecnología que asegure la trazabilidad del café como son los blockchain.

*“Las encuestas son un tipo de instrumentos de recopilación de información, que consisten en un conjunto prediseñado de preguntas normalizadas, dirigidas a una muestra socialmente representativa de individuos, con el fin de conocer sus opiniones o visiones respecto de alguna problemática o asunto que les afecta”* (Etecé, s.f.) y las *“Preguntas Cerradas, es cuando al encuestado se le ofrece un conjunto de respuestas posibles y se le pide que elija la que mejor se adecúa a su opinión. Estas respuestas tienen la virtud de ser sencillas y fáciles de totalizar y cuantificar para obtener datos estadísticos”*. (Etecé, s.f.).

1. **Entrevistas:** Para este estudio se realizaron 3 entrevistas entre exportadores y productores de café, a través del método abierto con el fin de evidenciar de acuerdo con el conocimiento de cada experto si la implementación de la tecnología Blockchain generaría un impacto y si este pudiera ser positivo o negativo para el desarrollo eficiente de la cadena de suministro del café en Colombia. Se consideraron preguntas clave para realizar, que permitieron explorar los diferentes puntos de vista, la situación actual del producto en el

mercado, los factores sociales y económicos, y los retos que cada entrevistado debe enfrentar desde su posición como actor activo en la cadena de suministro. La entrevista, *“Es una actividad presencial entre dos personas. La actividad consiste en que una persona (entrevistador) de manera oral extrae información de otra persona (entrevistado)”* (Maria Cristina Useche, 2019), donde se intercambian opiniones e información acerca de un tema en específico.

### **Recolección de datos**

En el presente trabajo se recolectaron datos mediante una combinación de encuestas y entrevistas realizadas a los actores más importantes de la cadena de suministro del café en Colombia como lo son productores, exportadores y consumidor final.

*“El dato es una representación simbólica, numérica o alfabética, que expresa una información. Los datos son producto del registro de respuestas, de testimonios o argumentos orales o escritos, de personas o de fuentes directas que están en contacto habitual con la variable que se estudia”.* (Maria Cristina Useche, 2019)

*“La recolección de datos consiste en recoger y organizar datos relacionados sobre variables, hechos, contextos, categorías y comunidades involucrados en la investigación, y estos son obtenidos a través de la aplicación de instrumentos que deben ser correctos, precisos, así como probados”.* (Maria Cristina Useche, 2019)

## Técnicas de análisis de datos

Según el enfoque de investigación cualitativo definido en este trabajo, se establecieron diferentes técnicas de análisis para generar resultados y hallazgos frente al problema de investigación planteado en este estudio, para lo cual, se usaron como técnicas de análisis de datos, la participativa interna, las encuestas y las entrevistas. Ver tabla.

INSTRUMENTO	TÉCNICA DE ANÁLISIS	DESCRIPCIÓN
Participativa Interna	Observación	Mediante la visión del panorama de la cadena productiva del café, donde se tiene la oportunidad de obtener información que en otros casos no se logra y que pueden influir en los resultados. Mediante esta técnica, la cual se utiliza junto con la entrevista, se captan mensajes o ideas que pueden ser omitidas, de igual manera se logran identificar las actitudes que pueden inferir en los resultados de la investigación. (Domínguez, 2006)
Cuestionario de preguntas	Encuesta	El instrumento de encuestas para la recopilación de datos permite obtener una visión cuantitativa y estructurada de las percepciones y experiencias de los participantes en relación con el impacto de

		<p>la tecnología Blockchain en la cadena de suministro del café. Las encuestas permiten recopilar datos de manera eficiente y sistemática de un número significativo de respondientes, permitiendo así una amplia representación de opiniones. Este enfoque descriptivo es particularmente valioso cuando se busca cuantificar la frecuencia y distribución de respuestas en relación con variables específicas, como la adopción de tecnologías emergentes o los desafíos percibidos en la implementación de Blockchain. (Muguirra, s.f.)</p>
<p>Guía de preguntas - semiestructurada</p>	<p>Entrevista</p>	<p>La entrevista como instrumento de recopilación de datos se sustenta en la búsqueda de una comprensión profunda y contextualizada del impacto de la tecnología Blockchain en la cadena de suministro del café. Las entrevistas ofrecen un espacio para explorar las experiencias, percepciones y perspectivas de manera detallada y personalizada. Se opto por este enfoque, ya</p>

		que permite obtener no solo datos cuantificables, sino también narrativas ricas y contextualmente relevantes que puedan enriquecer la comprensión del fenómeno en cuestión (Impacto de las Blockchain en la cadena de suministro del café en Colombia). (Laura Díaz-Bravo, 2012)
--	--	--

### Análisis de datos

El procedimiento para el análisis de datos se inició con la transcripción y codificación de las entrevistas, identificando patrones y temas emergentes. A la vez, se hizo un análisis cuantitativo de las encuestas, utilizando técnicas estadísticas como tabulaciones y análisis de frecuencia. Las respuestas fueron categorizadas para examinar la prevalencia de ciertos puntos de vista y correlaciones entre variables específicas.

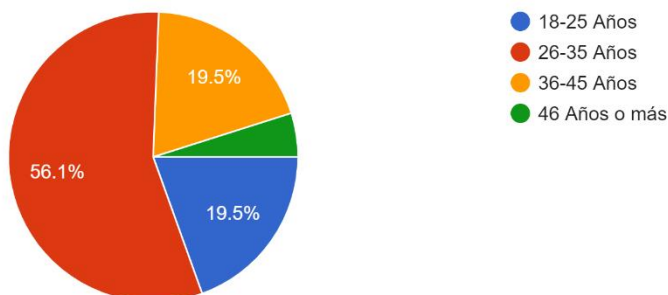
Posteriormente, se diseñaron gráficas descriptivas, tales como histogramas y gráficos de dispersión, para visualizar de manera clara y efectiva la distribución de respuestas en relación con la implementación de la tecnología Blockchain en la cadena de suministro del café. La combinación de análisis cualitativos y cuantitativos permitió una comprensión holística y detallada del impacto percibido, proporcionando perspectivas que van más allá de las meras cifras. Estas representaciones visuales, respaldadas por

los resultados numéricos, contribuyeron a una interpretación más profunda y facilitaron la comunicación efectiva de los hallazgos a través de diversos medios visuales.

## Discusión de Resultados

Se realizó una encuesta enfocada al consumidor final del café, donde se contó con una participación de 41 personas.

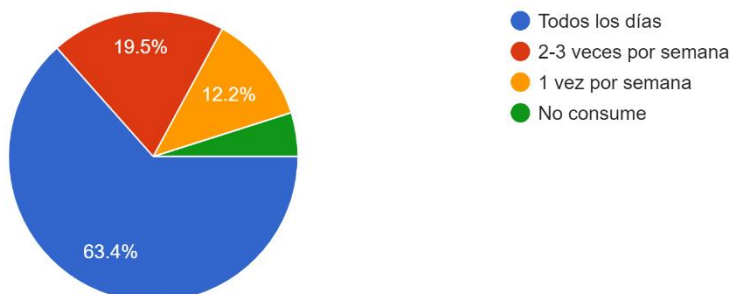
Edad  
41 respuestas



De las cuarenta y una personas (41) encuestadas el 56,1% están en el rango de edad entre los 26 – 35 años, el 19,5% entre los 18 – 25 años, el 19,5% entre los 36 – 45 años y el 4,9% corresponde a personas mayores de los 46 años.

¿Con qué frecuencia consume café?

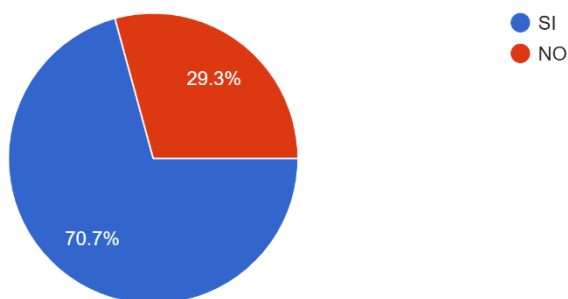
41 respuestas



El 63,4% de los encuestados consume café con una recurrencia diaria, el 19,5% opta por el consumo de café en un rango de 2 a 3 veces en la semana, el 12,2% solamente consume café una vez por semana y el 4,9% de los encuestados no consume café.

¿Desconoce el origen del café que consume? Ejemplo (País, Región)

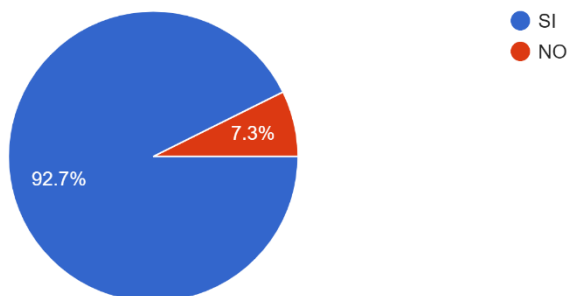
41 respuestas



El 70,7% de la población encuestados desconoce el origen del café que consume. Esta falta de conciencia podría indicar una desconexión entre los consumidores y la trazabilidad de los productos que adquieren.

¿Le gustaría conocer toda la trazabilidad del proceso productivo del café que consume?

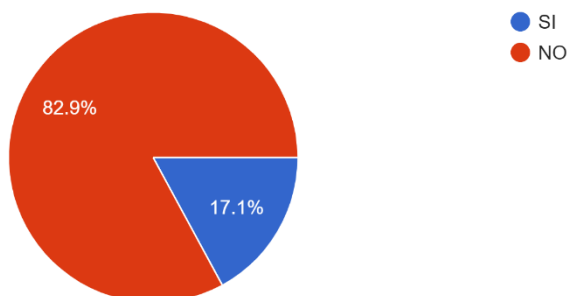
41 respuestas



El 92.7% de los encuestados demuestran un interés por conocer la trazabilidad del proceso productivo del café, Este nivel de interés podría ser una oportunidad clave para las empresas del sector cafetero, ya que pueden destacar la trazabilidad de sus productos como un valor añadido para atraer a este segmento de consumidores.

¿Ha oído hablar de la tecnología Blockchain y su uso en la cadena de suministro del café?

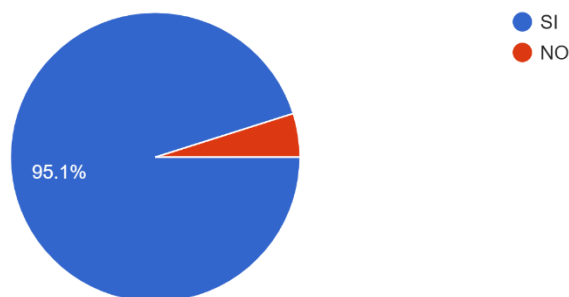
41 respuestas



El 82,9% de la población encuestada desconoce que existe la tecnología Blockchain y su uso en la cadena de suministro del café, Esta falta de conocimiento también podría representar una oportunidad para empresas y organizaciones para destacar la implementación de estas tecnologías como un valor agregado en sus productos y promover una mayor conciencia sobre la importancia de la transparencia en la cadena de suministro.

¿Cree que la implementación de Blockchain puede mejorar la trazabilidad y sostenibilidad de la cadena de suministro cafetera en Colombia?

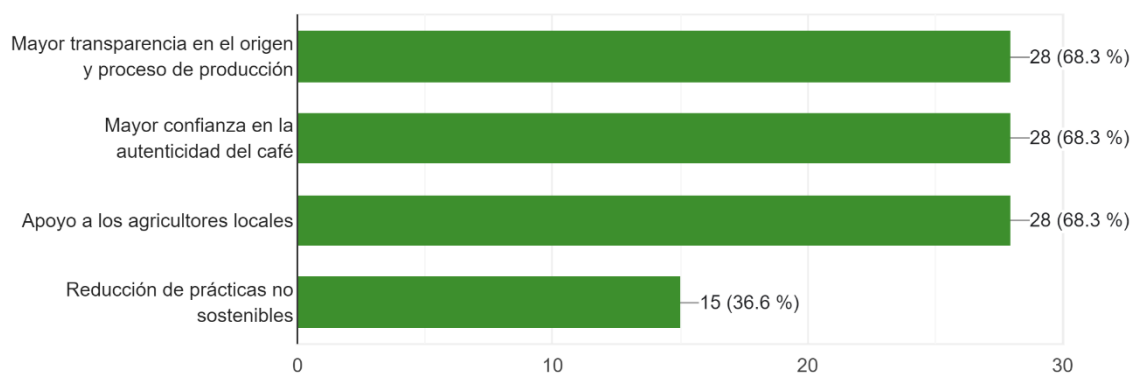
41 respuestas



El 95,1% de la población encuestada considera que la implementación de tecnologías como Blockchain pueden mejorar la trazabilidad y sostenibilidad de la cadena de suministro cafetera en Colombia. Este nivel de apoyo también podría fomentar la colaboración entre distintos actores de la industria para promover prácticas más sostenibles y éticas, generando un impacto positivo en los productores y en la calidad final del café colombiano.

¿Qué beneficios espera que aportaría la tecnología Blockchain a la cadena de suministro del café?  
(Selecciona todas las que correspondan)

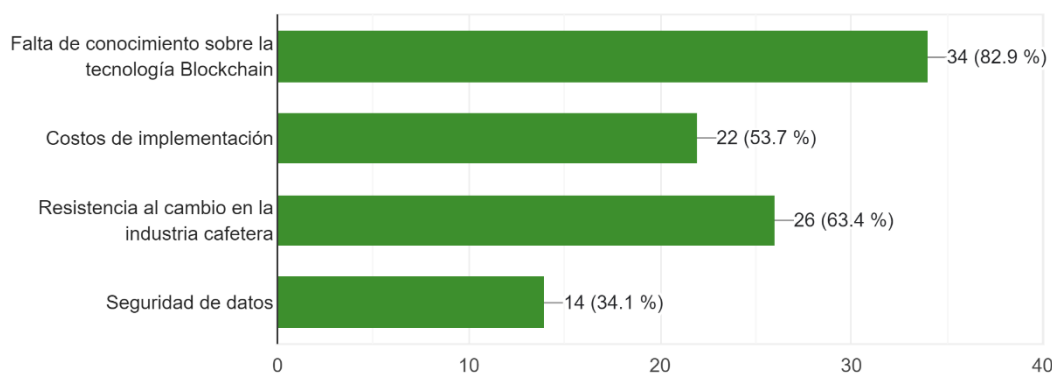
41 respuestas



El 68,3% de la población encuestada considera que la implementación de tecnologías como Blockchain pueden aumentar la transparencia en los procesos productivos del café, generando con ello una mayor confianza en la autenticidad del café y contribuyendo en un impacto positivo en los productores y en la calidad final del café colombiano.

¿Cuáles son los desafíos clave que cree que deben abordarse para llevar a cabo la implementación de Blockchain en la cadena cafetera? (Selecciona todas las que apliquen)

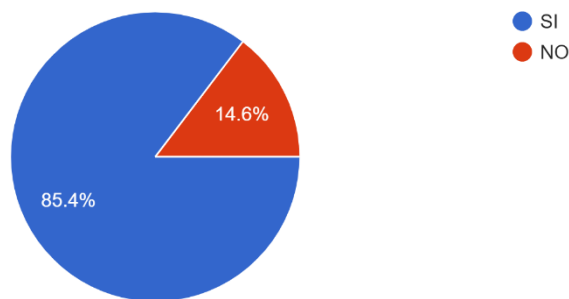
41 respuestas



El 82,9% de la población encuestada considera que actualmente existe una falta de conocimiento sobre la tecnología Blockchain. Esta percepción podría señalar una brecha importante en la comprensión de cómo esta tecnología puede impactar positivamente la transparencia y trazabilidad en la cadena de suministro del café. Sería crucial considerar iniciativas educativas y divulgativas para abordar esta brecha de conocimiento, permitiendo que los consumidores y actores involucrados en la industria cafetera comprendan mejor los beneficios y las implicaciones de la implementación de Blockchain en este proceso

¿Estaría dispuesto a pagar un precio ligeramente más alto por café que se produce de manera sostenible y se puede rastrear a través tecnología Blockchain?

41 respuestas



El 85.4% de los encuestados estarían dispuestos a pagar un precio un poco más alto por un café que se produzca de una manera más sostenible y se pueda rastrear a través de tecnología Blockchain este nivel de interés podría abrir oportunidades para promover y destacar los productos sostenibles respaldados por Blockchain en el mercado, satisfaciendo la demanda de consumidores conscientes de la procedencia y el impacto de sus compras.

## Análisis de Resultados

La implementación de la tecnología Blockchain es una tendencia que ha tomado fuerza en los últimos años a nivel mundial. Sin embargo, en Colombia, esto revela un desafío importante en la búsqueda de una mayor transparencia en la trazabilidad de un producto, como el café. La percepción del costo-beneficio como la falta de conocimiento de esta tecnología por parte de los actores de la cadena hacen parte de los factores más relevantes que arrojo como resultado las entrevistas y encuestas realizadas para el análisis de este trabajo.

Las prácticas tradicionales y arraigadas pueden dificultar la adopción de nuevas tecnologías, incluso si ofrecen mejoras sustanciales. La necesidad de superar esta resistencia cultural y promover una mentalidad abierta hacia la innovación se vuelve crucial para avanzar en la implementación de la tecnología blockchain. Adicionalmente la falta de recursos por parte de los productores, que en Colombia son quienes reciben menos beneficios económicos comparados con los demás actores y que hacen parte del porcentaje más vulnerable de la cadena, representa una limitante que difícilmente vislumbra en el corto tiempo la participación de ellos en la implementación de no solo el blockchain sino de cualquier tecnología conocida.

Contrastando con estas barreras, la demanda del consumidor final por una mayor trazabilidad y la capacidad de conocer el origen del café presenta una oportunidad valiosa. La información detallada sobre la procedencia del café agrega valor al producto final, cumpliendo con las expectativas de un segmento de consumidores cada vez más

consciente y preocupado por la sostenibilidad y la autenticidad. Esta discrepancia entre la demanda del consumidor y la disposición de la cadena de suministro destaca la necesidad de estrategias que comuniquen claramente los beneficios a largo plazo de la implementación de la tecnología blockchain, tanto para la industria como para sus clientes finales.

En resumen, la discusión de resultados revela una brecha significativa entre la resistencia y las preocupaciones de los actores de la cadena de suministro del café y las expectativas y deseos del consumidor final. Abordar esta brecha requerirá no solo demostrar el valor económico a largo plazo de la tecnología blockchain, sino también proporcionar una educación integral y estrategias de cambio cultural para superar las resistencias internas en la industria cafetalera.

## Conclusiones

El uso de herramientas tecnológicas ha transformado la forma de percibir un proceso y de gestionarlo en cualquier área, por un lado, permite conectar a las personas con los procesos volviéndolos más eficientes y, por otro lado, les agrega valor a las empresas permitiéndoles ampliar su mercado y mejorar el producto o servicio ofrecido.

Así mismo, a medida que avanza la tecnología surgen herramientas con diferentes beneficios como lo es el blockchain que con sus aplicaciones como los smart contracts y el Internet de las Cosas Lot contribuye a una gestión y control dentro de la cadena de suministro de un producto (Ortiz, 2022), Sin embargo, también surge con ella desafíos que cada empresa o sector productivo debe abordar de la mejor manera.

Ahora bien, el análisis de los diferentes estudios ya realizados y analizados para efectos de este trabajo de investigación, así como el acercamiento de primera mano con algunos actores de la cadena de suministro del café en Colombia, evidencio que, aunque la implementación de la tecnología blockchain en la cadena de suministro del café en Colombia podría tener un impacto significativo en varios aspectos, por mencionar algunos:

1. La transparencia: la información registrada y proporcionada por la tecnología blockchain permitiría un seguimiento preciso y en tiempo real de cada etapa del proceso, desde la plantación hasta la llegada a los consumidores.

2. La automatización de los procesos: mediante contratos inteligentes podría agilizar las transacciones y pagos en la cadena de suministro. Esto beneficiaría a los agricultores y otros participantes al reducir los tiempos de espera y minimizar la necesidad de intermediarios, lo que podría traducirse en una distribución más equitativa de los beneficios económicos.
3. La seguridad mejorada de la información: al encontrarse almacenada en una red blockchain genera un respaldo de inmutabilidad de los registros en la cadena de bloques ayudando a prevenir la falsificación y mejorar la autenticidad de los datos, lo que contribuiría a la integridad de la cadena de suministro.

No serían suficientes para su implementación por parte de los actores involucrados en el proceso cafetero, dado que la tecnología Blockchain es un software que protege los datos recolectados en la base de datos y los hace confiables, pero solo si estos datos son registrados y si todas las partes involucradas participan en este sistema de bloque. Por lo anterior, su impacto no sería lo suficientemente positivo como para incurrir en este costo operativo adicional, que de por sí, ya son lo suficientemente altos en Colombia. Adicionalmente, la resistencia de los actores de la cadena de café a implementar la tecnología blockchain plantea un reto importante en la búsqueda de una mayor transparencia y trazabilidad. Uno de los factores clave que contribuyen a esta resistencia es la percepción del costo-beneficio, ya que, los participantes de la cadena pueden ver la inversión en tecnología blockchain como una carga financiera sin un retorno inmediato y tangible.

Es relevante considerar que el desinterés en la implementación de la tecnología blockchain en la cadena de suministro del café en Colombia, puede atribuirse a diversos factores además de los ya mencionados, podría deberse a una infraestructura tecnológica subdesarrollada en ciertas regiones cafetaleras del país o tal vez, las pequeñas y medianas empresas agrícolas, que componen gran parte de la cadena de suministro del café en Colombia, podrían enfrentar barreras financieras y educativas para adoptar tecnologías avanzadas como blockchain y las más grandes ya cuentan con un sistema propio de control de trazabilidad, así como de información que hace que la tecnología blockchain pierda valor para este sector.

Por otro lado, la cadena de suministro del café tiene un grado de complejidad alto, ya que, involucra diversos actores, incluidos agricultores, intermediarios, exportadores, importadores y tostadores. Esta complejidad dificulta conocer los movimientos exactos que cada grano de café tiene desde la finca del productor hasta la taza que consume el cliente final. Sin considerar, que el proceso de calidad del café mezcla diferentes calidades, lo que impide aún más identificar el origen de los granos.

Por último, se hace necesario establecer un marco normativo claro y medidas de seguridad robustas para garantizar la confianza de los participantes en la tecnología blockchain, lo cual puede requerir esfuerzos coordinados a nivel gubernamental y sectorial.

## Anexos

**Encuesta del consumidor final de café.** <https://forms.gle/Bo9Fp6Nf1uTNSqkX9>

### Preguntas de las entrevistas:

1. ¿Conoce acerca de la tecnología Blockchain?
2. Desde su experiencia ¿Qué aportaría la implementación de la tecnología Blockchain en su compañía?
3. ¿Estaría su empresa dispuesta a implementar esta tecnología?
4. ¿considera que el café es un producto trazable a través de la tecnología Blockchain?
5. Desde su experiencia ¿Qué beneficios considera usted aportaría la implementación de esta tecnología en la cadena de suministro del café?
6. ¿Considera que los caficultores se verían beneficiados con esta tecnología?
7. ¿considera que el consumidor final se beneficiaría?
8. Desde su experiencia ¿Cuál es el mayor obstáculo que presenta la trazabilidad en la cadena de suministro de café colombiano?
9. ¿Considera que la trazabilidad de la cadena genera un plus en el producto final?
10. ¿Cómo cree que la implementación de la tecnología Blockchain impacta en la producción y en la exportación de café en Colombia

## Referencias

- Acharjamayum, I., Patgiri, R., & Devi, D. (2018). Blockchain: A Tale of Peer-to-Peer Security. *2018 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*, 609-617. <https://doi.org/10.1109/SSCI.2018.8628826>
- Alamsyah, A., Widiyanesti, S., Wulansari, P., Nurhazizah, E., Dewi, A. S., Rahadian, D., Ramadhani, D. P., Hakim, M. N., & Tyasamesi, P. (2023). Blockchain traceability model in the coffee industry. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9(1), 100008. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100008>
- Alvarado Riaño, L. N. (2017). *Propuesta para el diseño de una arquitectura de evaluación de la trazabilidad en la cadena de suministro del lulo*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63067>
- Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014). Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. *Food Control*, 39, 172-184. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.007>
- Bager, S. L., Singh, C., & Persson, U. M. (2022). Blockchain is not a silver bullet for agro-food supply chain sustainability: Insights from a coffee case study. *Current Research in Environmental Sustainability*, 4, 100163. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2022.100163>
- Barbero, M. L. (2018). Trazabilidad con Blockchain. *Actas del Congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas*, 99-106. <https://doi.org/10.26439/ciis2018.5482>

- Borrero, J. D. (2019). Sistema de trazabilidad de la cadena de suministro agroalimentario para cooperativas de frutas y hortalizas basado en la tecnología Blockchain. *CIRIEC-España, revista de economía pública, social y cooperativa*, 71. <https://doi.org/10.7203/CIRIEC-E.95.13123>
- Cartín-Rojas, A. (2013). Trazabilidad, salud pública veterinaria y seguridad alimentaria: Un enfoque integral. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 24(3), 316-323.
- Di Pierro, M. (2017). What Is the Blockchain? *Computing in Science & Engineering*, 19(5), 92-95. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2017.3421554>
- Djekic, I., Batlle-Bayer, L., Bala, A., Fullana-i-Palmer, P., & Jambrak, A. R. (2021). Role of the Food Supply Chain Stakeholders in Achieving UN SDGs. *Sustainability*, 13(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/su13169095>
- Forero Lozano, N., González Campos, J., Sánchez Parada, J., & Valencia Cortes, Y. (2019). *Sistema de trazado para la cadena de suministro del café colombiano* [Bachelor Thesis, Universidad EAN]. <https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/9462>
- Gazzola, P., Pavione, E., Barge, A., & Fassio, F. (2023). Using the Transparency of Supply Chain Powered by Blockchain to Improve Sustainability Relationships with Stakeholders in the Food Sector: The Case Study of Lavazza. *Sustainability*, 15(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/su15107884>

*Guia de referencia para la implementación e implementación de proyectos con*

*tecnología blockchain para el estado colombiano.* (s. f.). Recuperado 14 de septiembre de 2023, de <https://gobiernodigital.mintic.gov.co/portal/>

Hofmann, F., Wurster, S., Ron, E., & Böhmecke-Schwafert, M. (2017). The immutability concept of blockchains and benefits of early standardization. *2017 ITU*

*Kaleidoscope: Challenges for a Data-Driven Society (ITU K)*, 1-8.

<https://doi.org/10.23919/ITU-WT.2017.8247004>

Kshetri, N. (2021). Blockchain and sustainable supply chain management in developing countries. *International Journal of Information Management*, 60, 102376.

<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102376>

Marín Pérez, C., & Ferruz Agudo, L. (2022). *TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN: ORIGEN, FUNCIONAMIENTO Y USOS*. Universidad de Zaragoza.

Mohanta, B. K., Panda, S. S., & Jena, D. (2018). An Overview of Smart Contract and Use Cases in Blockchain Technology. *2018 9th International Conference on*

*Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, 1-4.

<https://doi.org/10.1109/ICCCNT.2018.8494045>

Nespral, D., & Hergueda, R. F. (2021). *Blockchain: El modelo descentralizado hacia la economía digital*. Ediciones de la U.

Panggabean, Y. B. S., Arsyad, M., Nasaruddin, & Mahyuddin. (2023). The Future of Coffee, Digital Technology and Farmer's Income. *International Journal of*

*Sustainable Development and Planning*, 18(2), 411-418.

<https://doi.org/10.18280/ijstdp.180209>

Ponte, S. (2002). The 'Latte Revolution'? Regulation, Markets and Consumption in the Global Coffee Chain. *World Development*, 30(7), 1099-1122.

[https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(02\)00032-3](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(02)00032-3)

Renard, M.-C. (2005). Quality certification, regulation, and power in fair trade. *Journal of Rural Studies*, 21(4), 419-431. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2005.09.002>

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, 98783-98802.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3206860>

*Trazabilidad*. (s. f.). Revista ReCiTelA.

Vélez Atehortúa, A. (2023). *Mejora de la gestión de la cadena de suministros con la tecnología Blockchain en el sector aguacatero colombiano*.

<https://repository.eia.edu.co/entities/publication/19dd46f0-e3bf-47ec-b4ae-10b621dc9f26>

Villagrán, R. H. S. (2008). *Introducción a la Trazabilidad: Un primer acercamiento para su comprensión e implementación*. Ricardo Sánchez Villagrán.

Vujičić, D., Jagodić, D., & Randić, S. (2018). Blockchain technology, bitcoin, and Ethereum: A brief overview. *2018 17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/INFOTEH.2018.8345547>

Domínguez, Y. S. (2006, 10 24). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. *scielo*.

Etecé, E. (n.d.). *concepto*. Retrieved from  
<https://concepto.de/encuesta/#ixzz8Hpf14GUv>

Federación Nacional de cafeteros de Colombia, F. (2022). *Informe del Gerente* . Bogota D.C: Por un futuro cafetero prospero.

grind, p. d. (2017, 8 30). *perfect daily grind*. Retrieved from  
<https://perfectdailygrind.com/es/2017/08/30/como-esta-creado-la-trazabilidad-del-cafe/>

IBM. (n.d.). *Qué es la tecnología blockchain*. Retrieved from <https://www.ibm.com/es-es/topics/blockchain>

Laura Díaz-Bravo, U. T.-G.-H.-R. (2012, Julio). *La entrevista, recurso flexible y dinámico*. Retrieved from  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-50572013000300009](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000300009)

Léger, N. (n.d.). *La Trazabilidad en el sector del café*. Fórum café.

Maria Cristina Useche, W. A. (2019). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*. Retrieved from  
<https://repositoryinst.uniguajira.edu.co/bitstream/handle/uniguajira/467/88.%20Te>

nicas%20e%20instrumentos%20recolecci%C3%B3n%20de%20datos.pdf?sequence=1

Melo, C. (2023, 11 8). *La transparencia y el comercio del café*. Retrieved from <https://www.eraofwe.com/coffee-lab/es/articles/la-transparencia-y-el-comercio-del-caf%C3%A9>

Melo, C. (2023, 03 17). *Mejorando la Trazabilidad del Café: Entendiendo la Importancia de una Cadena de Suministro Transparente*. Retrieved from <https://www.eraofwe.com/coffee-lab/es/articles/mejorando-la-trazabilidad-del-caf%C3%A9-entendiendo-la-importancia-de-una-cadena-de-suministro-transparente>

MinAgricultura. (2020, 7 23). *Agronet MinAgricultura*. Retrieved from <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/El-uso-de-la-Blockchain-para-el-sector-agr%C3%ADcola--Caso-Latinoam%C3%A9rica.aspx>

Muguirra, A. (n.d.). *Qué es la investigación descriptiva*. Retrieved from <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-descriptiva/>

*observatorio blockchain*. (n.d.). Retrieved from <https://observatorioblockchain.com/solucionessede/blockchain-sector-agricola/>

Ortiz, L. M. (2022). *Análisis de la tecnología blockchain aplicada a la logística de agrocadenas caso de estudio*. Retrieved from <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/11950/Tecnologia%20blockchain%20agrocadenas%20del%20cafe%20colombia.pdf?sequence=4>

Porte, C. (2022, 5 22). *Porte*. Retrieved from <https://www.porte.coffee/post/trazabilidad-del-cafe-de-especialidad>

Puertas, G. I., & Cenicafé. (2007). *Registro de la trazabilidad del café en la finca*.

Chinchiná Caldas: Federación Nacional de cafeteros de Colombia.

Quintero, G. I. (2007). *Registro de la Trazabilidad del cafe en la finca*. Chinchina:

Cenicafé.