

# Diseño de un sistema de trazabilidad basado en tecnología NFC-RFID para la cadena de suministro de café especial en San Miguel la Vega Cauca.

Camila Ruiz Morcillo<sup>1</sup>, Emily Mariana Molano<sup>2</sup>

1: Cauca, Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca, Colombia

2: Cauca, Corporación Universitaria Comfacauca Unicomfacauca, Colombia

## ABSTRACT

Traceability and transparency in the coffee supply chain are critical elements to increase the competitiveness of Colombian coffee in national and international markets. In the case of small rural coffee growers, such as those of San Miguel, La Vega, Cauca, the lack of access to technology and infrastructure represents an important challenge, since it limits the processes of tracking and recording accurate information. This study focuses on the design and implementation of a traceability system based on NFC-RFID technology for the supply chain of specialty coffees in this region.

The research included the detailed analysis of the local supply chain, the development of a digital traceability system and the validation of the prototype through a pilot test with six coffee growers. As a result, a mobile application integrated with NFC-RFID technology was created, which allows data to be recorded and consulted in real time throughout the chain. The results show that the system facilitates accurate and up-to-date traceability, improves transparency in the processes and guarantees the authenticity and quality of the product, benefiting both producers and consumers. This work highlights the potential of accessible and advanced technologies to optimize supply chain management and strengthen confidence in specialty coffee markets

*Keywords: traceability, radio frequency identification, supply chain, business application*

## 1. INTRODUCCIÓN

El café se encuentra reconocido como un símbolo cultural arraigado a las tradiciones de diversas regiones del mundo. Hasta el año 2023 su producción a nivel mundial ha sido de 171,4 millones de sacos de 60 kilogramos de café demostrando un importante crecimiento (Abigail Orús, 2024), especialmente en América del Sur, que se destaca como líder a nivel mundial en su cultivo. Colombia, como uno de los principales productores, ocupa el segundo lugar en la producción de café en la región, dando testimonio de un patrimonio cafetero que forma parte de su identidad nacional (Luis Guillermo Castañeda, 2024). Según la Speciality Coffee Asociación (SCA), el café especial se considera resultado de una cuidadosa selección de granos, un proceso de tratamiento y tostado singular, que se traduce en un sabor limpio distintivo (Ineffable Coffe, 2023). En el mismo contexto también se define el café especial como aquel que posee un sabor específico generalmente certificado por organizaciones que emplean determinados protocolos para la evaluación idónea de café (Velásquez et al., 2019). El auge del café de especialidad ha transformado el consumo de café en una experiencia sensorial. Esta tendencia requiere una clasificación y diferenciación precisas de los tipos de café para satisfacer la demanda de los conocedores (Hassan, 2024).

En la cadena alimentaria, la trazabilidad se refiere a la capacidad de conocer el origen y el método de producción del producto. La trazabilidad se divide en dos, saberes, el seguimiento y la visión del flujo del proceso que se sigue. El seguimiento es la capacidad de seguir la trayectoria de un artículo rastreable a través de la cadena de suministro mientras se mueve entre las partes. Mientras que el rastreo es la capacidad de identificar el origen, los atributos o el historial de un determinado artículo rastreable situado dentro de la cadena de suministro (Ali Demirci et al., 2020). Poder rastrear alimentos es cada vez más importante por cuestiones de seguridad alimentaria. Un sistema de trazabilidad es una herramienta esencial que minimiza eficazmente los riesgos para la seguridad alimentaria (IGMT Pradana y T. Djatna, 2020). La falta de un registro de trazabilidad por parte de los productores cafeteros provoca una carencia en el control y seguimiento del producto hasta que llega al cliente final, lo que genera una desventaja competitiva, inherente al reconocimiento del café colombiano como uno de los mejores del mundo, convirtiéndolo cada vez más en un artículo genérico sin identidad (Castillo Landínez et al., 2019). Se entiende que el requisito de trazabilidad está incluido por la intención de lograr la equivalencia entre las mediciones del proveedor y del cliente, independientemente del lugar y tiempo en que ambos midan, y mejor aún, de que cualquier proveedor, cliente, autoridad, etc., obtengan resultados equivalentes de mediciones de este (Rubén J. Lazos Martínez, 2000).

Ahora bien, las siglas “RFID” las cuales significan Radio Frequency Identification, en español, Identificación por Radio Frecuencia, es una forma de almacenar y obtener datos desde lejos mediante etiquetas que utilizan ondas. El sistema RFID puede encontrar cosas mediante ondas de radio, sin importar cómo se muevan o dónde se encuentren. El uso de las tecnologías de identificación por radiofrecuencia pertenecientes a la industria 4.0 para el seguimiento y control de inventarios, está siendo tendencia en el mundo actual, gracias a su precisión, manejo de data, rapidez y seguridad de la información (Gina Paola Carrero Lugo Laura Alejandra Sastre Ruidiaz, 2021) . Este sirve como un sistema de almacenamiento y recuperación de datos de manera remota usando las denominadas etiquetas, tarjetas o transpondedores RFID (Gonzalo Bocanegra Fonseca, 2021). La tecnología de interfaz aérea de identificación por radiofrecuencia se basa en la comunicación electromagnética sin contacto entre interrogadores y etiquetas. Los sistemas de software RFID se componen de interrogadores RFID, sistemas de software intermedios y aplicaciones que controlan y coordinan el funcionamiento de la interfaz aérea (ISO/IEC 24791-1:2010, 2010).

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

El uso de nuevas tecnologías de trazabilidad son claves para optimizar las cadenas de suministro, aumentar la transparencia y satisfacer las demandas del mercado internacional. Tecnologías como RFID, blockchain e Internet de las cosas (IoT) pueden rastrear con precisión cada paso del proceso desde la granja hasta el consumidor final en tiempo real. Esto genera confianza en los consumidores, ya que comprenden el origen y las condiciones de producción del café, lo cual es particularmente importante en el mercado de cafés especiales.

Además de mejorar la eficiencia, el uso de nueva tecnología de seguimiento del café añade valor permitiendo a los fabricantes diferenciarse en el mercado al justificar precios más altos para productos cuyas cadenas de suministro se gestionan responsablemente.

### ***2.1. Café de especialidad***

En el contexto del mercado del café en Colombia, en el año 2019 se cerró con 14,8 millones de sacos de 60 kilos, un 9 por ciento más que el cierre de 2018, para lo que va corrido del año, la producción en millones de sacos es de 12,14, lo que augura un aumento positivo para fin de año (Federación Nacional de Cafeteros, 2020). Este crecimiento en la información, los datos, la actividad comercial, las ventas globales

y los cambios tecnológicos han obligado tanto a los mercados pequeños como a los establecidos a mejorar y transformar la forma en que obtienen, procesan y entregan datos e información.

La producción de café especial en el departamento del Cauca es un modelo de economía local reconocido a nivel internacional por su variedad y calidad, actualmente hay aproximadamente 29.000 de caficultores caucanos pertenecientes a sellos sostenibles, los cuales generan 65.000 de empleos directos (Federación Nacional de Cafeteros Cauca, 2024). Este sector no solo es fundamental para la economía local, sino también como fuente de empleo y desarrollo para las comunidades productoras en Colombia, sin embargo, esta industria enfrenta desafíos en torno a la seguridad, confiabilidad y autenticidad de su cadena de suministro, lo que reduce las oportunidades en el mercado.

Para los productores de café especial en el Cauca, desde pequeños cultivadores hasta grandes cooperativas, es crucial contar con herramientas avanzadas que permitan un correcto registro de la trazabilidad de su café especial esto con el fin de reducir posibles pérdidas, pero, en la mayoría de los casos, los productores no registran esta información o, si se realizan, son en medios no confiables, lo que provoca pérdidas o deterioro del producto final (Duque Ortiz Duván Dario, 2019).

También por su lado (Hassan, 2024) en su artículo titulado “Enhancing coffee bean classification: a comparative analysis of pre-trained deep learning models” expresa que el auge del café de especialidad ha transformado el consumo de café en una experiencia sensorial. Esta tendencia requiere una clasificación y diferenciación precisas de los tipos de café para satisfacer la demanda de los conocedores, además manifiesta como la clasificación precisa de los granos de café permite a los productores tomar decisiones informadas, garantizando un producto mejorado para el cliente final. Por lo cual (Ali Demirci et al., 2020) en su artículo titulado “Food Safety Engineering” expresa la necesidad de desarrollar nuevos métodos de procesado, manipulación, almacenamiento y transporte para proporcionar alimentos seguros y de buena calidad. Las siguientes mejoras deben realizarse mediante el desarrollo de tecnologías de procesamiento más eficaces para mantener la calidad y la seguridad al tiempo que se reducen los costes.

## ***2.2. Implementación de tecnología 4.0 en cadenas de suministro***

En el contexto de la Industria 4.0, las cadenas de suministro se enfrentan a desafíos significativos debido a las variaciones impredecibles en sus rutas y procesos. Para abordar estos desafíos, se han propuesto soluciones efectivas, como la tecnología RFID (Identificación por Radiofrecuencia) y los sistemas de soporte de decisiones. Un estudio reciente, titulado “Enhancing supply chain performance using RFID technology and decision support systems in the industry 4.0—A systematic literature review” (Unhelkar et al., 2022), explica cómo estas tecnologías pueden mejorar el rendimiento de las cadenas de suministro. Destacando el uso de la tecnología RFID, la cual permite el seguimiento en tiempo real de productos a lo largo de toda la cadena de suministro, desde los proveedores hasta las ventas.

Según el artículo titulado “RFID technology in Food Traceability System “a raíz de diversas crisis y brotes alimentarios catastróficos, la gente empieza a concienciarse sobre el proceso de la cadena de suministro de alimentos, así como sobre los orígenes de las materias primas, y cómo se producen, almacenan y distribuyen los alimentos a los consumidores. Ante la preocupación ciudadana, se han establecido numerosas normativas para asegurar la seguridad de los productos alimentarios, obligando a implementar un sistema de trazabilidad en la cadena de suministro (Nguyen Trang, 2020) La implementación de estos sistemas beneficia a empresas y organizaciones, ayudando a mitigar y reducir en gran medida errores y fraudes. Además, refuerza el cumplimiento de las regulaciones normativas, logrando así una mayor confianza y garantizando la lealtad de los consumidores (Krstić et al., 2023).

Numerosos estudios han demostrado cómo las cadenas de suministro adoptan tecnologías innovadoras con el fin de mejorar sus procesos. Entre ellos se encuentra “Traceability in the supply chain of specialty coffee small producers through RFID and QR technology in Cauca, Colombia” (Orozco et al., 2020) esta investigación propone una metodología para mejorar la trazabilidad de los lotes de cafés especiales mediante la aplicación de tecnologías RFID y QR, con el objetivo de acercar a productores y consumidores, acelerando la sostenibilidad en la industria cafetera. Dentro de este margen de investigación se tiene un estudio reciente titulado “Construct Food Safety Traceability System for People’s Health Under the Internet of Things and Big Data”, realizado por (Zheng et al., 2021) el cual destaca un sistema de trazabilidad que utiliza tecnología RFID y Big Data cuyos resultados indican que la implementación de estas tecnologías son una estrategia efectiva para garantizar la seguridad de las cadenas de suministro tanto en el presente como en el futuro. La clasificación precisa de los granos de café permite a los productores tomar decisiones informadas, garantizando un producto mejorado para el cliente final.

Además (Deng et al., 2020) en su trabajo titulado “A Food Traceability System Based on Blockchain and Radio Frequency Identification Technologies”, se evidencia cómo la falta de mecanismos de autenticación mutua en las etapas de la cadena de suministro resulta en información limitada y poco confiable para los consumidores, especialmente en el caso de los arrozales. Esto dificulta la garantía de la seguridad de los datos del producto deseado. Sin embargo, la implementación de herramientas tecnológicas como la identificación por radiofrecuencia (RFID) ofrece beneficios significativos en términos de control y seguridad en las compras. Por otro lado (Castillo Landínez et al., 2019) en su artículo titulado “Design and implementation of a software for the traceability of coffee processing” describe la implementación de un software destinado a apoyar a los productores de café en el proceso de certificación de origen de su producto. Los resultados demostraron que la integración de estos dos enfoques permitió organizar el trabajo en fases y obtener resultados incrementales.

(Vesga Ferreira et al., 2023) el autor del artículo “Trazabilidad de los bultos de cacao mediante el sistema RFID, 2023” propone una solución innovadora basada en la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia (RFID). Para ello, se desarrolló un sistema cliente/servidor y se emplearon etiquetas que contienen datos detallados de trazabilidad. La gestión y almacenamiento de estos datos se realizan en un servidor de base de datos MySQL, lo que permite un registro eficiente y accesible de toda la información relevante.

Asimismo, el “Desarrollo de un sistema digital para la trazabilidad de la cadena de suministro de productos Hortofrutícolas, 2023” por (Díez-Cascón Martínez, 2023), presenta el desarrollo de una plataforma digital en la nube (Amazon Web Services) especializada para trazabilidad de verduras y frutas. Esta plataforma utiliza tecnologías como RFID, códigos QR y etiquetas, las cuales permiten rastrear el pallet desde su origen hasta que llega al consumidor final. Estas dos iniciativas demuestran cómo la aplicación de tecnologías avanzadas puede optimizar la trazabilidad y la gestión eficiente de productos en distintas cadenas de suministro. (Fan et al., 2019) en su estudio titulado “Improving continuous traceability of food stuff by using barcode-RFID bidirectional transformation equipment: Two field experiments” en el cual se evidencia que mediante el desarrollo de un marco de etiqueta de identificación trazable compatible con TRU mediante códigos de barras, RFID y sistemas de software y hardware, se observa que el equipo propuesto es más económico que el convencional y se destaca como una herramienta práctica para diversos propósitos industriales.

### ***2.3. Normatividad***

El uso de estándares de trazabilidad es fundamental para garantizar que los sistemas implementados sean consistentes, eficientes y satisfagan las necesidades de los mercados globales. Estos estándares

establecen ítems que garantiza una comunicación fluida, el cumplimiento y la interoperabilidad entre varios actores de la cadena de suministro. Estos estándares, como GS1 o ISO, garantizan uniformidad y coherencia en los procesos de identificación y seguimiento de productos independientemente de la empresa o región, eliminando así confusiones y errores al compartir información.

La Organización Internacional de Normalización (ISO) es una federación mundial de organismos responsables de la elaboración de Normas Internacionales, desarrolladas a través de comités técnicos especializados. Actualmente, la trazabilidad se ha convertido en un medio esencial para garantizar la seguridad y calidad de los alimentos a través de su cadena de suministro, regulada por la norma ISO 22005, elaborada por el Comité Técnico ISO/TC 34 de Productos Alimenticios.

La implementación de la norma ISO 22005 genera mayor confianza entre los consumidores, según la (Organización Internacional de Normalización, 2007). Del mismo modo (Rubén J. Lazos Martínez, 2000) subraya la importancia de la trazabilidad de las mediciones y su relación con la incertidumbre, así como los riesgos asociados al incumplimiento de estos requisitos. El estándar ISO/IEC 24791 define una infraestructura de sistema de software que facilite las operaciones de los sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) entre aplicaciones comerciales y los interrogadores RFID. (ISO/IEC 24791-1:2010, 2010).

Ahora bien, el origen de GS1 se dio en Estados Unidos-1973, anteriormente conocida como Uniform Code Council (UCC) y luego como EAN International, el cual desarrolló un sistema compatible a nivel mundial, más allá de Norteamérica. El objetivo de GS1, como se le conoce actualmente, es mejorar la eficiencia operativa en diversos procesos empresariales, permitiendo reducir costos y lograr una mayor automatización mediante sistemas de identificación única. Proporciona claves de identificación representadas por códigos de barras y etiquetas RFID que permiten su lectura automática en cualquier sector (GS1 Specifications - Release 19.1, 2019). En cada país existe un organismo dedicado a ofrecer los servicios de GS1, en Colombia, esta entidad se estableció en 1988 como IAC Colombia, una asociación empresarial sin ánimo de lucro y de carácter técnico e independiente. Su objetivo es crear y promover el uso de nuevas tecnologías basadas en el estándar internacional y multisectorial de GS1 (GS1 Colombia, 2021).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. General**

Diseñar un sistema de trazabilidad basado en tecnología NFC-RFID que favorezca la visualización y el análisis de los datos del café especial producido en el corregimiento de San Miguel, La Vega, Cauca.

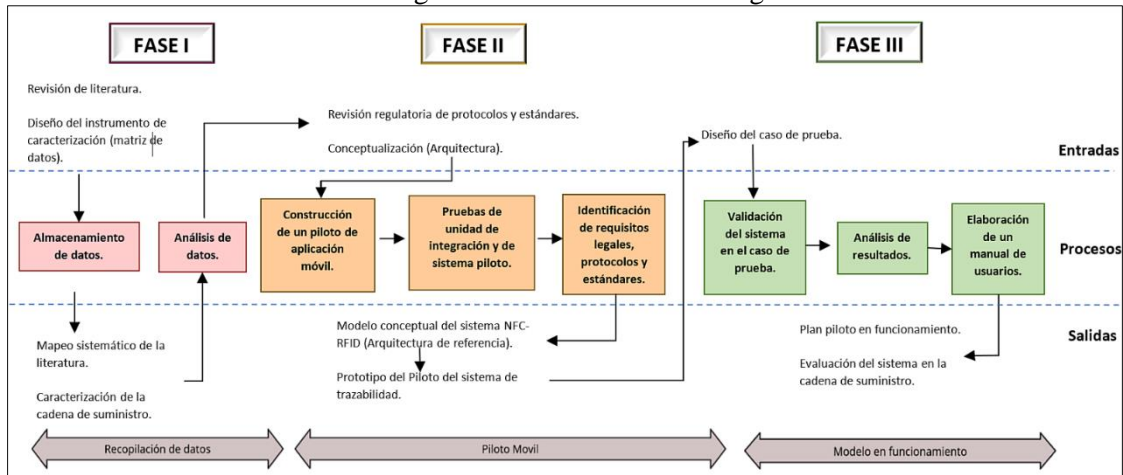
#### **3.2. Específicos**

- Definir/Caracterizar la arquitectura de la cadena de suministro de cafés especiales en el corregimiento de San Miguel.
- Implementar un prototipo de un sistema de trazabilidad soportado en NFC-RFID en la cadena de suministro del café especial en el corregimiento.
- Evaluar el desempeño de la aplicación en un caso de estudio de café especial en el centro de distribución Alma Café.

### **4. MÉTODOS Y PROCESOS**

Esta investigación consta de tres fases. La estructura metodológica se representa en la Figura 1.

Figura 1. Fases de la metodología



Fuente. Elaboración propia

La primera fase del estudio se desarrolla a lo largo de la cadena de suministro del café especial de San Miguel, La Vega, compuesta por seis eslabones: proveedores, centro de acopio, centro de distribución, distribuidor portuario y cliente final.

Durante esta etapa, se recopila información clave por medio de la revisión bibliográfica, incluyendo el nombre del productor, documento de identificación, contacto, área total del lote, altura de la finca, ubicación geográfica, nombre de la finca, peso del café, porcentaje de tasa y nivel de humedad. Estos datos son registrados y organizados en una base de datos en la nube para garantizar su accesibilidad y trazabilidad.

En la segunda fase, se llevó a cabo una revisión regulatoria para asegurar el cumplimiento de los estándares aplicables al sistema. Con base en esta revisión, se desarrolló un piloto móvil utilizando la aplicación APP SHEETS, posteriormente, se diseñó el modelo conceptual del sistema RFID-NFC como una arquitectura de referencia. Esta integración, junto con la aplicación móvil, permite gestionar de manera eficiente la grabación y lectura de la información trazable del café especial.

Finalmente, en la fase 3, se realiza la evaluación del desempeño del prototipo, validando el sistema a lo largo de la cadena de suministro. Para ello, se utiliza un manual de usuario que facilita la gestión del sistema y su adaptación a las necesidades específicas de cada etapa del proceso.

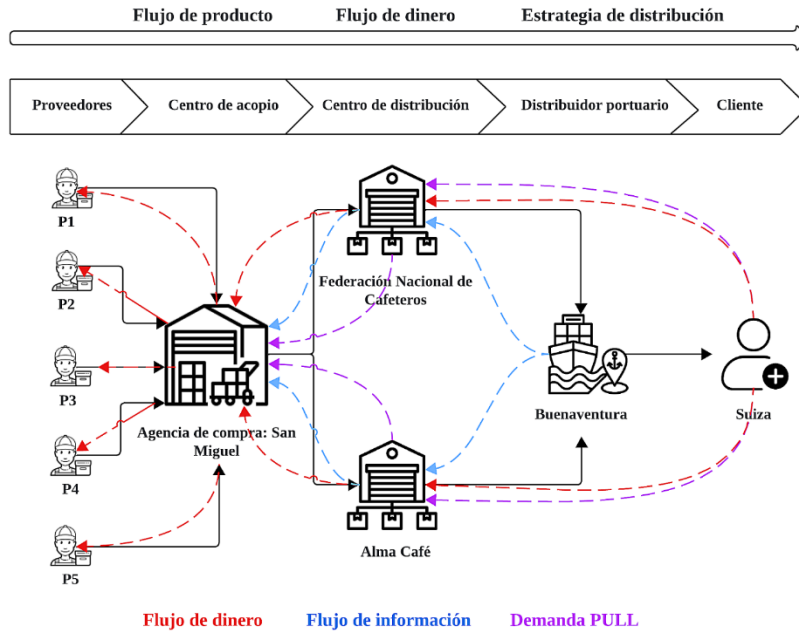
## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Analizar la cadena de suministro de café especial en el corregimiento de San Miguel, identificando actividades, necesidades y requerimientos de productores locales y consumidores.

Para llevar a cabo la metodología desarrollada en esta investigación, se toma el corregimiento de San Miguel-La Vega-Cauca como entorno de estudio, situado al norte del municipio de La Vega, fundado en el año de 1.902, se encuentra ubicado a una altura de 1.580 msnm, cuenta con una temperatura promedio de 23°C; Limita al norte con el corregimiento de Arbela, al sur con la cabecera municipal y el Resguardo de Pancitará, al occidente con los corregimientos de Albania y Santa Juana y al oriente con el corregimiento

de Arbelá y el Resguardo de Guachicón. La producción de café es una de las principales fuentes de ingresos en el corregimiento, generando una dinámica económica importante durante la temporada de cosecha (Alcaldía Municipal, 2024).

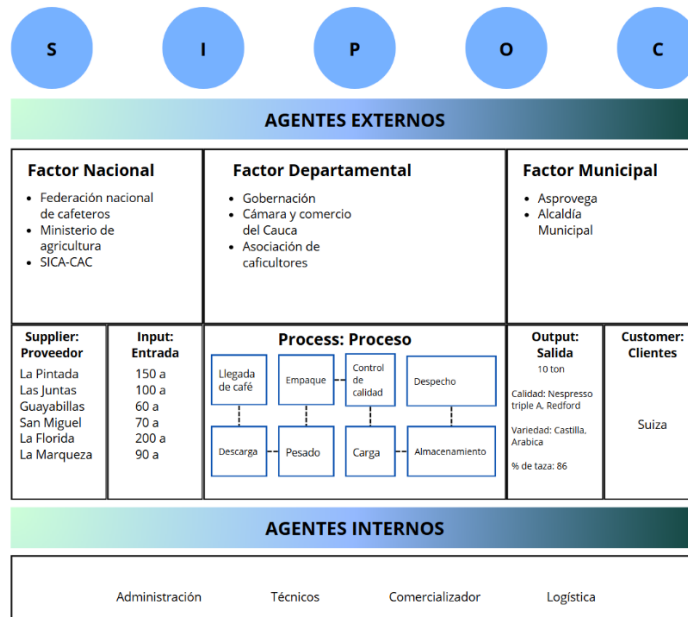
Figura 2. Caracterización de la cadena de suministro del café



Fuente: Elaboración propia

Es importante conocer los diferentes factores que afectan la cadena de suministro en el corregimiento de San Miguel y cómo es su relación entre ellos, teniendo en cuenta esto se debe realizar un trabajo de campo de tipo investigativo en donde se conozcan los agentes tanto internos como externos, factores, entradas, procesos, clientes. (Ver Figura 2).

Figura 3. SIPOC-Café



Fuente: Elaboración propia

La cadena de suministro de café especial en San Miguel implica actividades claves desde la producción hasta el consumo, con múltiples desafíos en infraestructura, acceso a los mercados y la certificación. Las demandas de los pequeños productores locales son críticas para mejorar la calidad del café y obtener un precio justo, mientras que los consumidores finales exigen una mayor calidad de café, lo que requiere una cadena integral y eficiente.

A continuación, se realiza la descripción del proceso de la cadena de suministro del café en el corregimiento de San Miguel solicitando información sobre los datos requeridos para ser utilizados en la herramienta de trazabilidad y de la aplicación móvil.

Tabla 1. Proceso de la cadena de suministro

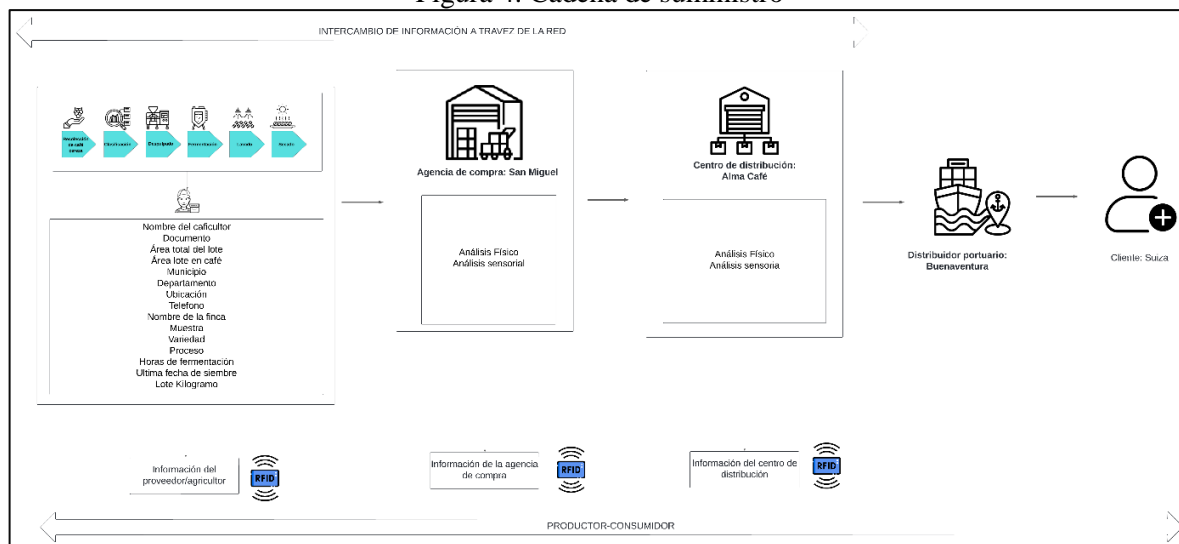
<p>Agricultor</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se inicia con la recolección del café, seguida de un proceso de clasificación en el que se seleccionan los granos en buen estado para continuar con el despulpado. Tras finalizar este proceso, los granos pasan a la fermentación natural, que se extiende por un periodo de 36 horas. Posteriormente, se realiza el lavado y el secado del grano, este último llevado a cabo en un secador parabólico, con una duración aproximada de 8 a 15 días.</li> <li>• Una vez terminado este proceso, se realiza un empaquetado del grano en costales de fique, con un peso aproximado de 3.5 @ o 40 kilos.</li> <li>• Se realiza la respectiva venta en la agencia de compra de San Miguel.</li> </ul>
<p>Agencia de compra: San Miguel</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realiza el descargue y pesado del café, si es requerido se lleva a cabo el empaquetado de este. Se toma una muestra para realizar el respectivo control de calidad, esto con el fin de determinar características del café y precio de compra.</li> <li>• Se agrega una etiqueta NFC-RFID plástica dentro del saco.</li> <li>• Se realiza el cague de datos propios del productor, así como información referente al análisis físico y sensorial, esto mediante la tarjeta NFC y haciendo uso de la aplicación móvil creada.</li> <li>• Se gestiona el proceso de transporte al centro de distribución de Alma Café.</li> </ul>
<p>Centro de distribución: Alma café</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descargue y pesado del café.</li> <li>• Lectura de tarjeta NFC-RFI.</li> <li>• Verificación de información mediante la lectura de tarjeta NFC.</li> <li>• De ser necesario se realiza la toma de una nueva muestra con el fin de realizar el respectivo control de calidad, verificando las características presentes.</li> <li>• Actualización de información por medio de la tarjeta NFC mediante la aplicación móvil.</li> <li>• Clasificación de los bultos de café y despacho del mismo.</li> </ul>



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se evidencia una representación gráfica de los pasos presentes en la cadena de suministro de café.

Figura 4. Cadena de suministro



Fuente: Elaboración propia

**5.2. Implementar un prototipo de un sistema de trazabilidad soportado en NFC-RFID en la cadena de suministro del café especial en el corregimiento.**

Como primera instancia para llevar a cabo la segunda fase se debe realizar una identificación mediante trabajo de campo y un estudio de la zona. La Vega cuenta con un total de 1.571 productores pertenecientes al programa de Nespresso AAA, de los cuales 537 caficultores son de San Miguel, ahora bien, para llevar a cabo este proceso se hizo una prueba piloto con un total de seis (6) productores los cuales están inscritos bajo el programa de Café Nespresso en el corregimiento de San Miguel.

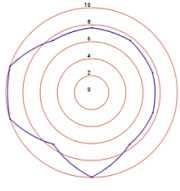
Tabla 2. Usuarios para prueba piloto

Productor	Tipo de Café	Ubicación	Perfil de Taza
Obeimar Samboní Quinayas	Castilla	La Florida	83,07
Wver Cruz Cerón	Castilla	La Pintada	83,5
Homero Hormiga	Castilla	San Miguel	84,0
Gersain Muñoz Leyton	Castilla	Las Juntas	83,5
Arcaio Quinayas	Castilla- Colombia	Guayabillas	83,0
Miryan Leyton Bravo	Castilla	La Marqueza	83,5

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se debe hacer la recolección de información propia del productor, así como del producto. La información (Ver figura 5) esta diligenciada en una base de datos, la cual está vinculada de forma directa con una app móvil diseñada para la visualización de los datos.

Figura 5. Interfaz para cargue de información del agricultor

ORIGEN DEL CAFE	Productor		Asociación		Muestra N		Última fecha de siembra						
	Obeimar Samboni Quinayas		Agencia de venta San Miguel		2779		27/08/2021						
	Documento	4696379	Zona Cafetalera	1	Variedad	Castilla							
Área lote Total		Área lote en café	Altura de la finca		Proceso		Lote de kilogramo						
0.58		0.58	1800		Fermentación Natural		300						
Municipio		Depto	Telefono		Horas de fermentación		Correo electrónico						
La Vega		Cauca	3106095097		En bola (24 horas), en Tanque (36 horas)		samboniobeimar46@gmail.com						
Ubicación		Nombre de la finca		El Guayabal									
La Florida													
ANÁLISIS FÍSICO	DATOS DE LA MUESTRA								RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO				
	Peso M g	Humedad %	Densidad (g/L)	Actividad del agua (AW)	Trilla (g)	Defectos (g)	Excelente (g)	Humedad %	Densidad (g/L)	Actividad del agua (AW)	Merma %	Excelente %	Factor
	250	11%	720	0,68	209,3	3,4	205,2	11%	720	0,68	16,30%	82,10%	85,3
	CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA								DEFECTOS				
	Medidas	N.O	N. 12	N. 13	N.14	N.15	N. 16	N. 17	N. 18	Total	Defectos	Peso gramos	%
	Peso gramos	0	0	0	1,5	12,3	19,4	58,7	112,7	204,6	Broca	2,2	1,10%
	% Retirada	0,00%	0,00%	0,00%	0,70%	6,00%	9,50%	28,70%	55,10%	100,00%	Partidos	0,9	0,40%
	CLASIFICACIÓN								RESPONSABLE				
	UGQ								EUROPA				
	ESPECIAL								SUPREMO				
PREMIUM								Otros					
Observaciones: Muestra de pergamino de color homogéneo libre de olores contaminantes, humedad del 12% dentro del rango requerido para procesamiento almacenamiento: buena merma y buen rendimiento de trilla, excelente factor de rendimiento, 1,6% de defectos representados principalmente por granos germinados, algunos quebrados, inmaduros y enredaderas. Se recomienda controlar CBB y verificar el estado de los equipos de molienda.													
ANÁLISIS SENSORIAL	 <p>PERFIL DE LA COPA</p> <p>PERFIL: Fragancia/Aroma herbal gusante, sandía, panela, especias, tabaco, avellana, chocolate, sabor chocolate amargo, afutado, ligeramente amaderado, cítrico caramelo panela. Calador residual, chocolate amargo, cítricos herbáceos, piel de limón prolongada. Acidez, cítricos brillante. Cuerpo medio. Copa limpia, nítida y equilibrada.</p>								ATRIBUTOS		PUNTAJE		
									Fragancia		7,63		
									Sabor		7,63		
									Sabor residual		7,5		
									Acidez		7,56		
									Cuerpo		7,56		
									Uniformidad		10		
									Blande		7,56		
									Tasa limpia		10		
									Dulzura		10		
Puntaje de cata		7,63											
Total		63,07											
Análisis promediado, utilizando parámetros SCA													

Fuente: Elaboración propia

Seguido a esto la información del productor y la del bulto de café es cargada a una tarjeta NFC NTAG 215, esto mediante una aplicación propia de la tarjeta y la asignación de un código ID, el cual representa la cédula del productor, esto con el fin de enlazar la información propia del usuario con la de su producto. Una vez se cuenta con este código y la información necesaria cargada en la tarjeta NFC, esta pasa a ser leída mediante la aplicación móvil, en la cual se evidencia la información.

Figura 6. Diseño de la tarjeta NFC

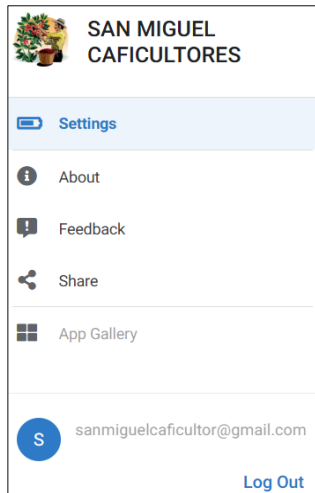


Fuente: Elaboración propia

Esta aplicación permitirá además de la visualización de la información, la edición y cargue de nueva, lo cual permite contar con un sistema de trazabilidad y control de cantidad de veces y fechas en la que ha sido leída la tarjeta en la agencia de venta en San Miguel.

La aplicación fue creada mediante la herramienta de Google App Sheet, con base de datos de Google Excel disponible de forma local, está aplicación es de fácil acceso, con un entorno adecuado el cual permitirá un fácil manejo, tanto para los productores como para el gerente de la agencia de compra o distribuidor.

Figura 7. Elaboración de aplicación



Fuente: Elaboración propia

La etiqueta RFID-NFC cargada de información previamente, es incorporada en el bulto de café, la cual al ser leída por medio de la app evidencia los datos presentes en la tarjeta, logrando así un manejo de información e identificación de la misma, permitiendo que a medida que el bulto de café pase a través de todos los estabones propios, se logre observar y validar dicha información.

Figura 8. Presentación del bulto de café con tarjeta NFC



Fuente: Elaboración propia

### ***5.3. Evaluar el desempeño de la aplicación en un caso de estudio del café especial en el centro de distribución de Alma Café.***

Para llevar a cabo dicho estudio se simuló el comportamiento de compra en la agencia de San Miguel, para lo cual se incorporó una tarjeta RFID-NFC en un saco de café, con los datos propios del producto cargados mediante la aplicación, la información fue leída por medio de la misma, evidenciando un

comportamiento adecuado, posteriormente se simulo la llegada al centro de distribución de Alma Café, en donde se debe realizar la lectura de la información cargada en la tarjeta, de ser necesario se realiza nuevamente el estudio de análisis físico y sensorial, en el cual de presentarse irregularidades, se podrá realizar actualización de datos incorporados en la tarjeta mediante la aplicación.

Figura 9. Simulación de aplicación y tarjeta NFC en la agencia de compra



Fuente: Elaboración propia

Se evidencio que, a lo largo de la cadena de suministro, se tienen diferentes sistemas de recolección de datos, al momento de implementar la aplicación y los sistemas NFC-RFID se logrará contar con un intercambio de información estandarizada en todos los agentes presentes en la cadena de suministro, sin intervenir en las actualizaciones de la misma.

Figura 10. Simulación de aplicación y tarjeta NFC en el centro de distribución

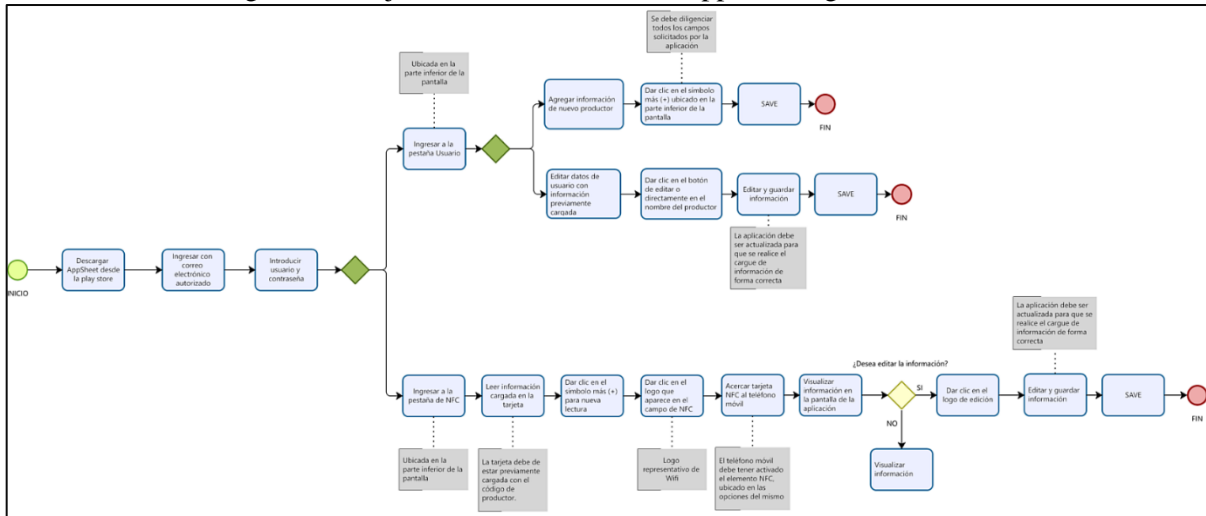


Fuente: Elaboración propia

El modelo piloto realizó de forma correcta la transferencia de información a lo largo de la cadena de suministro de café, lo cual permite contar con información actualizada y correcta, logrando así que el consumidor final logre evidenciar la trazabilidad del producto que está adquiriendo. A medida que los agentes introducen información sobre la calidad y trazabilidad del café, puede establecerse la transparencia de los costos, permitiendo al productor obtener mayor beneficio del producto.

A continuación, se observa el flujo de funcionamiento de la aplicación (ver figura 11 o anexo 1), adicionalmente en el anexo 2 se evidencia un manual de usuarios para dicha app.

Figura 11. Flujo de Manual de usuario-App San Miguel caficultor



Fuente: Elaboración propia

Es de recalcar la importancia de la implementación de este sistema de trazabilidad mediante tarjetas NFC, el siguiente cuadro compara los métodos tradicionales usados en la comercialización del café, con la implementación del sistema de trazabilidad basado en tecnología NFC en seis caficultores de San Miguel, La Vega, Cauca y posteriormente con un crecimiento en todo el municipio. Esta comparación evidencia las mejoras en eficiencia, calidad, sostenibilidad y acceso a mercados, logradas al hacer uso de esta tecnología, lo que demuestra así el gran grado de importancia y potencial para ser adoptada por una mayor cantidad de productores en la región.

Figura 12. Comparación de beneficios de la implementación del sistema de trazabilidad



	MÉTODOS TRADICIONALES	VS	PROTOTIPO DEL SISTEMA DE TRAZABILIDAD CON 6 CAFICULTORES	VS	PROYECCIÓN CON TOTAL DE CAFICULTORES
<b>Control de calidad</b>	Seguimiento manual, con errores en registros.		Datos precisos y en tiempo real sobre cada lote de café.		Mejoras uniformes en calidad para todos los caficultores.
<b>Transparencia</b>	Limitada; difícil de rastrear el origen del café.		Identificación clara del origen del producto mediante etiquetas NFC.		Aumento de la confianza de compradores y mercados internacionales.
<b>Eficiencia operativa</b>	Tareas manuales repetitivas, propensas a retrasos.		Automatización de procesos, reduciendo tiempos y costos.		Reducción de reprocesos a nivel de toda la cadena de suministro.
<b>Valor agregado al café</b>	Sin diferenciación poco acercamiento a mercados internacionales		La trazabilidad aumenta el valor percibido del producto.		Potencial para acceso masivo a mercados de cafés especiales.
<b>Costo inicial</b>	Bajo (cuadernos, computadores o registros simples).		Inversión baja en dispositivos NFC y aplicación móvil.		Económicamente viable con economías de escala al incorporar más productores.
<b>Facilidad de uso</b>	Requiere conocimientos previos para registros.		Intuitivo; capacitación rápida para los caficultores participantes.		Adopción masiva facilitada con apoyo técnico inicial.
<b>Adaptación tecnológica</b>	Baja, con uso de métodos tradicionales.		Media; aceptación rápida por los 6 caficultores.		Mejora gradual con soporte técnico y talleres para más usuarios.
<b>Acceso al mercado</b>	Limitado a ventas locales y nacionales.		Mayor acceso a mercados premium e internacionales.		Expansión del mercado y posibles alianzas estratégicas.

Fuente: Elaboración propia

La implementación del sistema de trazabilidad basado en tecnología NFC en seis caficultores de San Miguel, La Vega, Cauca, demostró múltiples beneficios en comparación con los métodos tradicionales, entre los aspectos destacados, se evidencio un mayor control de calidad, mayor transparencia en el origen del café, y una reducción significativa en tiempos y costos operativos gracias a la automatización.

Al poner en práctica este sistema hacia una mayor población de caficultores no solo potenciaría estos beneficios, sino que también permitiría fortalecer la competitividad del café especial de la región, logrando así mayores beneficios y un número mayor de exportaciones. La implementación a gran escala de este sistema NFC es una oportunidad para mejorar la productividad y la rentabilidad de la cadena de suministro del café.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este estudio desarrolló un sistema de trazabilidad basado en tecnología NFC-RFID para optimizar la cadena de suministro de café especial en San Miguel, La Vega, Cauca. A través de un piloto con 6 caficultores locales, se evaluó la efectividad del sistema para registrar, actualizar y consultar datos en tiempo real, lo que permitió mejorar la trazabilidad y la precisión de la información. Los resultados preliminares indican que la integración de esta tecnología mejora la transparencia y fiabilidad de los datos, lo que podría beneficiar tanto a los productores como a los consumidores en mercados internacionales. A continuación, se presentan las conclusiones más relevantes derivadas de esta investigación.

**6.1.** Se caracterizó la cadena de suministro de cafés especiales en el corregimiento de San Miguel, ubicado en La Vega, Cauca, identificando cinco eslabones clave: agricultores, agencia de compra, centro de distribución, distribuidor portuario y cliente final. En total, el corregimiento cuenta con 1.571 caficultores inscritos en el programa Nespresso AAA, distribuidos entre 537 en San Miguel, 692 en Altamira y 342 en Los Uvos. Esta distribución geográfica refleja la organización de los productores en la región, proporcionando una base sólida para comprender la estructura y dinámica

de la cadena de suministro local, lo que resulta fundamental para el diseño e implementación de soluciones tecnológicas de trazabilidad y mejora de procesos.

- 6.2. El prototipo desarrollado, que integra etiquetas NTAG 215-NFC y una aplicación móvil basada en AppSheet, fue probado con éxito en un piloto realizado con 6 caficultores locales: ubicados en La Florida, La Pintada, San Miguel, Las Juntas, Guayabillas y La Marqueza. Este sistema permitió registrar y actualizar en tiempo real datos clave, como el perfil de taza (promedio de 83,43 puntos) y las características físicas del café. La implementación de esta tecnología mejoró significativamente la precisión de la información, proporcionando datos más confiables y actualizados, lo que benefició tanto a los productores como al cliente final.
- 6.3. Durante la simulación en la agencia de compra y el centro de distribución, el sistema NFC-RFID garantizó una trazabilidad completa del café, reduciendo significativamente los errores y reprocesos. Los resultados del piloto indican que este sistema tiene el potencial de beneficiar a un mayor número de caficultores, mejorando la transparencia y el control de calidad en la cadena de suministro. Estos hallazgos son consistentes con los de "Traceability in the supply chain of specialty coffee small producers through RFID and QR technology in Cauca, Colombia" (Orozco et al., 2020), quienes también evidenciaron mejoras en la trazabilidad del café mediante tecnologías RFID y QR, destacando el impacto positivo de estas tecnologías en la competitividad del café en mercados internacionales.

## ANEXOS

**Anexo 1:** [Diagrama de flujo de Manual de usuario-App San Miguel caficultor](#)

**Anexo 2:** Manual de usuario de la APP San Miguel Caficultores

### Introducción

AppSheet es una extensión de Google Chrome la cual permite realizar una plataforma de desarrollo sin necesidad de códigos complejos, los usuarios pueden crear aplicaciones móviles utilizando una base de datos en la nube como Google Drive, la cual permite compartir información de forma más fácil. Esta plataforma puede ser usada en diferentes entornos ya sea empresarias, académico o personal.

En este caso de estudio llevado a cabo en la agencia de compra de San Miguel, la elaboración de esta aplicación fue adecuada y diseñada para facilitar a los campesinos y eslabones de esta cadena de abastecimiento a tener un registro de trazabilidad, permitiendo a su vez una recopilación de datos, logrando mayor transparencia en el proceso de exportación de café especiales.

#### 1. Entrada al Sistema

Para acceder a la aplicación, se debe descargar APP SHEET desde cualquier dispositivo móvil e ingresar con correo electrónico autorizado, se observará una interfaz en donde el usuario debe hacer uso de sus credenciales de acceso (usuario y contraseña), que con anterioridad le han sido asignadas. El administrador (Agente de compra o distribuidor) tendrá acceso a toda la información, y tendrá la opción de modificar o agregar información.

Una vez introducido el usuario y la contraseña, se debe de dar clic en el botón **SAVE** para acceder al menú principal.

Figura 13. Interfaz de aplicación



The image shows a mobile application login screen. At the top left, there is a hamburger menu icon and a small logo of a coffee plant. Below this, there are two input fields: the first is labeled 'USUARIO\*' and the second is labeled 'CONTRASEÑA\*'. At the bottom of the screen, there are two buttons: 'Cancel' on the left and 'Save' on the right.

Fuente: Elaboración propia

Una vez se genere el acceso, se observará dos opciones o pestañas, las cuales permiten la interacción con la información presente en la aplicación, las cuales son:

Figura 14: Interfaz de aplicación



Fuente: Elaboración propia

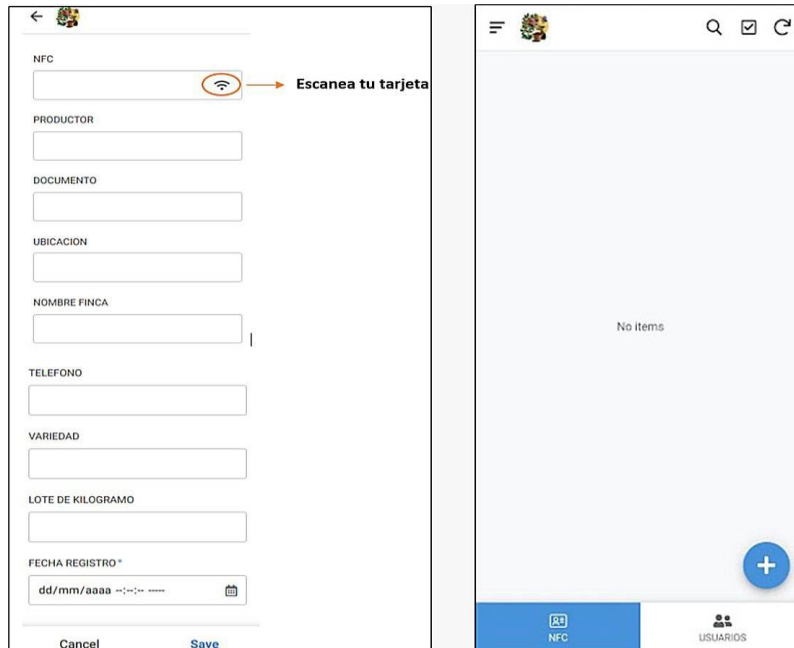
### 1.1. Pestaña de NFC

En esta pestaña el visualizador, podrá escanear la tarjeta NFC y leer la información que se encuentra incorporada, en esta sección se evidencia información como nombre del productor, tipo de café, humedad, factor, entre otros. Además de ser necesario si y solo si el administrador podrá editar dicho contenido siendo actualizado directamente en la base de datos y en la tarjeta NFC.

El visualizador debe dar clic al logo de más (+) que se encuentra en la parte inferior de la pantalla, la cual redirecciona a la segunda interfaz, aquí se debe dar clic en el logo de la casilla de NFC, posteriormente debe escanear la tarjeta NFC para ser leída.

Figura 15. Interfaz de aplicación

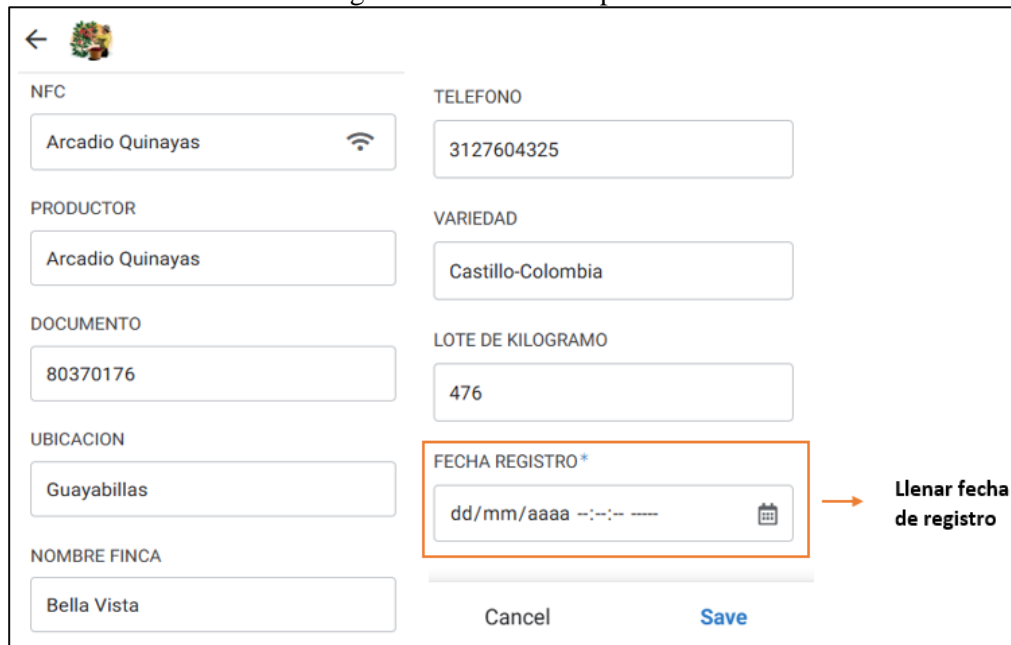




Fuente: Elaboración propia

Automáticamente la aplicación genera una visualización de la información, se debe llenar el espacio de fecha de registro, la cual permite obtener información de fecha y de número de veces que se ha leído la tarjeta. Una vez se termina este registro se debe dar clic en el botón de **SAVE** el cual permite guardar la información y dar paso a la siguiente sección.

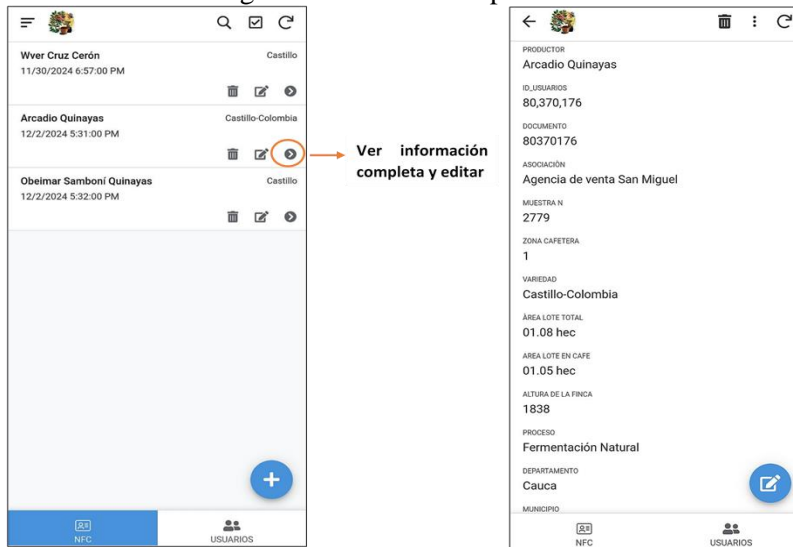
Figura 16. Interfaz de aplicación



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente sección estará disponible toda la lista de los usuarios, encontrará una lista del nombre del productor cuya información está almacenada en la tarjeta leída previamente, al dar clic en el icono de flecha, se podrá ver la información de forma más detallada y completa, así como hacer uso del logo de borrar y editar. En la parte de la flecha o dando clic directamente en el nombre del productor, se podrá observar la información completa, además podrá ser modificada, dando clic en el logo de lápiz ubicado en la parte inferior de la pantalla, de esta forma será actualizada tanto en la base de datos como en la tarjeta NFC, de tal modo que al leer nuevamente la tarjeta esta visualizará la información más reciente.

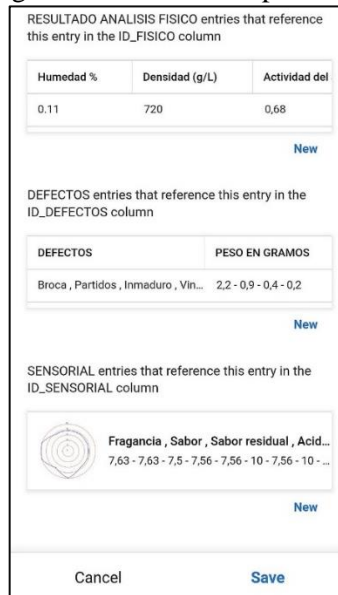
Figura 17. Interfaz de aplicación



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se debe guardar la información dando clic en el botón de **SAVE**, de esta forma se logra contar con datos actualizados.

Figura 18. Interfaz de aplicación

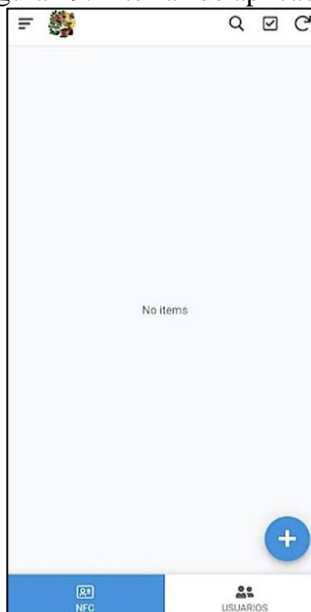


Fuente: Elaboración propia

## 1.2. Pestaña de Usuarios

En esta sección se puede observar un listado de los usuarios cargados en el sistema, además es en esta interfaz en donde se debe hacer el cargue de un nuevo afiliado, para agregar un productor o producto se debe dar clic al logo de más (+) que se encuentra en la parte inferior de la pantalla.

Figura 19. Interfaz de aplicación



Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, la aplicación visualiza una nueva interfaz, es en este espacio en donde se debe suministrar la información requerida por la aplicación esto con el fin de realizar un correcto sistema de trazabilidad, una vez terminado este cargue de datos, se debe dar clic en el botón de “SAVE” el cual permite guardar los datos tanto en la aplicación como en la base de datos local.

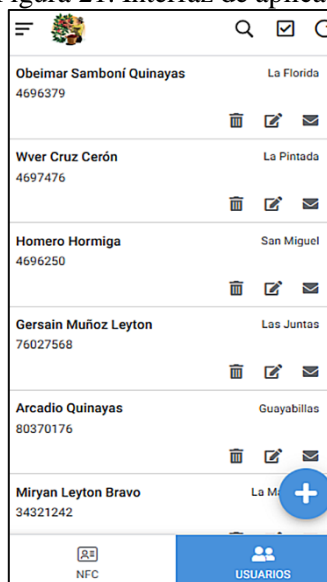
Figura 20. Interfaz de aplicación

A screenshot of a mobile application interface showing a form for adding a new user. The form has five input fields: "ID\_USUARIOS" (with a numeric keypad), "PRODUCTOR", "DOCUMENTO", "ASOCIACIÓN", and "MUESTRA N". The bottom navigation bar has two buttons: "Cancel" and "Save".

Fuente: Elaboración propia

Una vez se realiza el cargue de información de todos los usuarios que se encuentran registrados en el programa de Nespresso, la aplicación genera una lista de estos productores, en la cual, de ser necesario, el agente puede validar, editar o agregar datos, esto con el fin de mantener actualizada la tarjeta NFC, de esta forma, el producto al pasar al siguiente eslabón contará con datos correctos y en tiempo real. Es de recalcar que cada vez la que información sea modificada, la aplicación es actualizada de manera automática logrando así que se haga el correcto cargue de datos, si este proceso no se realiza de manera automática, el usuario debe realizarlo por su cuenta, esto dando clic al icono de flecha circular ubicada en la parte superior de la pantalla, de igual manera se debe eliminar el registro de la tarjeta para el caso del usuario que se desea modificar información, una vez ya se cuenta con datos correctos será posible leer nuevamente los datos de la tarjeta, de forma que se logrará evidenciar la nueva información.

Figura 21. Interfaz de aplicación



Fuente: Elaboración propia

## Referencias

- Abigail Orús. (2024, March 19). *Producción mundial de café 2003-2023*. <https://es.statista.com/estadisticas/635187/mercado-del-cafe-produccion-mundial/>
- Alcaldía Municipal. (2024). *PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL MUNICIPAL*.
- Ali Demirci, Hao Feng, & Kathiravan Krishnamurthy. (2020). *Food Engineering Series Series Editor*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-42660-6>
- Castillo Landínez, S. P., Caicedo Rodríguez, P. E., & Felipe Sánchez Gómez, D. (2019). Design and implementation of a software for the traceability of coffee processing. *Cienc Tecnol Agropecuaria, Mosquera (Colombia)*, 20(3), 2500–5308. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol20\\_num3\\_art:1588](https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num3_art:1588)
- Deng, M., Feng, P., Deng, M., & Feng, P. (2020). A Food Traceability System Based on Blockchain and Radio Frequency Identification Technologies. *Journal of Computer and Communications*, 8(9), 17–27. <https://doi.org/10.4236/JCC.2020.89002>
- Díez-Cascón Martínez, J. (2023). *Desarrollo de un sistema digital para la trazabilidad de la cadena de suministro de productos de hortofrutícolas*. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/77312>
- Duque Ortiz Duván Dario. (2019). *Desarrollo de un sistema para la gestión de la trazabilidad en la producción del café en el municipio de Arbeláez*. [www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co)
- Fan, B., Qian, J., Wu, X., Du, X., Li, W., Ji, Z., & Xin, X. (2019). Improving continuous traceability of food stuff by using barcode-RFID bidirectional transformation equipment: Two field experiments. *Food Control*, 98, 449–456. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2018.12.002>
- Federación Nacional de Cafeteros. (2020). *Producción de café de Colombia cerró el 2019 en 14,8 millones de sacos*. <https://federaciondefcafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-de-cafe-de-colombia-cerro-el-2019-en-148-millones-de-sacos/>
- Federación Nacional de Cafeteros Cauca. (2024). *Café de Cauca*. <https://cauca.federaciondefcafeteros.org/cafe-de-cauca/>
- Gina Paola Carrero Lugo Laura Alejandra Sastre Ruidiaz. (2021). *Factores que influyen en la adopción de tecnologías RFID para el control de inventarios de las PYMES de manufactura de Bogotá*.
- Gonzalo Bocanegra Fonseca. (2021). *Uso de la tecnología RFID para llevar un control y rastreo para un sistema de inventario para bodegaje*. <http://hdl.handle.net/11634/44103>
- GS1 Colombia, 21.0.1. (2021). *GUÍA GS1 Colombia*.
- GS1 Specifications - Release 19.1. (2019). *GS1 General Specifications*. Julio.
- Hassan, E. (2024). Enhancing coffee bean classification: a comparative analysis of pre-trained deep learning models. In *Neural Computing and Applications*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s00521-024-09623-z>
- IGMT Pradana y T. Djatna. (2020). *A Design of Traceability System in Coffee Supply Chain based on Hierarchical Cluster Analysis Approach*. <https://doi.org/10.1109/ICOSICA49951.2020.9243203>
- Ineffable Coffe. (2023, August 11). *Todo sobre la SCA (Speciality Coffee Association)*. <https://ineffablecoffee.com/sca-speciality-coffee-association/>
- ISO/IEC 24791-1:2010. (2010). *Information technology — Radio frequency identification (RFID) for item management — Software system infrastructure — Part 1: Architecture*. <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso-iec:24791:-1:ed-1:v1:en>
- Krstić, M., Agnusdei, G. P., Tadić, S., & Miglietta, P. P. (2023). Prioritization of e-traceability drivers in the agri-food supply chains. *Agricultural and Food Economics*, 11(1), 1–26. <https://doi.org/10.1186/S40100-023-00284-5/TABLES/8>
- Luis Guillermo Castañeda. (2024). *Nueva oportunidad de negocio del café gourmet en Colombia*. <https://openaccess.uoc.edu/handle/10609/149708>
- Nguyen Trang. (2020). *RFID technology in Food Traceability System*.

- Organización Internacional de Normalización. (2007). *ISO 22005:2007, Trazabilidad en la cadena de alimentos*.
- Orozco, H. P., Segura Dorado, J. A., & Chong, M. (2020). *Agri-food 4.0: traceability in the supply chain of specialty coffee small producers through RFID and QR technology in Cauca, Colombia*.
- Rubén J. Lazos Martínez. (2000). *ISO 9001:2000, TRAZABILIDAD E INCERTIDUMBRE*.
- Unhelkar, B., Joshi, S., Sharma, M., Prakash, S., Mani, A. K., & Prasad, M. (2022). Enhancing supply chain performance using RFID technology and decision support systems in the industry 4.0—A systematic literature review. *International Journal of Information Management Data Insights*, 2(2), 100084. <https://doi.org/10.1016/J.JJIMEI.2022.100084>
- Velásquez, S., Peña, N., Bohórquez, J. C., Gutierrez, N., & Sacks, G. L. (2019). Volatile and sensory characterization of roast coffees – Effects of cherry maturity. *Food Chemistry*, 274, 137–145. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2018.08.127>
- Vesga Ferreira, J. C., Contreras Higuera, M. F., Vesga Barrera, J. A., Vesga Ferreira, J. C., Contreras Higuera, M. F., & Vesga Barrera, J. A. (2023). Trazabilidad de los bultos de cacao mediante el sistema RFID, soportado en el uso de series de tiempo bajo la arquitectura del IoT. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(1), 2911. [https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL24\\_NUM1\\_ART:2911](https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL24_NUM1_ART:2911)
- Zheng, M., Zhang, S., Zhang, Y., & Hu, B. (2021). Construct Food Safety Traceability System for People's Health under the Internet of Things and Big Data. *IEEE Access*, 9, 70571–70583. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3078536>