

Innovación y sostenibilidad: cómo construir organizaciones resilientes en el contexto latinoamericano

Innovation and sustainability: how to build resilient organizations in the latin american context

Sebastián Cardona-Acevedo

<https://orcid.org/0000-0002-6192-2928>

sebastian.cardona@iumafis.edu.co

Institución Universitaria Marco Fidel Suarez

Medellín – Colombia

Maribel Pulgarín Castañeda

maribelpulgarin113615@correo.itm.edu.co

Instituto Tecnológico Metropolitano -ITM-

Medellín – Colombia

Alejandro Arango-Correa

<https://orcid.org/0000-0002-9320-7347>

alejandro.arango@uniremington.edu.co

Corporación Universitaria Remington

Medellín – Colombia

DOI: <https://doi.org/10.61454/bxa0t402>

Resumen

Para el año 2023, Colombia reporta que el 1.36% del café exportado es tostado, lo que refleja barreras significativas en la transformación de café verde a tostado. Las PYME del sector rural enfrentan baja adopción de tecnologías debido a limitaciones técnicas y financieras. Esta investigación tiene como objetivo identificar los factores de adopción tecnológica en la fase de tostado de la cadena de valor del café en PYME colombianas. Para ello, se realizó un estudio de caso cualitativo en la empresa "Del Campo Girardota" (Girardota, Antioquia), donde se aplicó una encuesta para comprender cómo se gesta la adopción de tecnología, utilizando como ejemplo específico una de las maquinarias más relevantes del proceso de transformación. Los resultados evidencian que la adopción de tecnología en esta PYME se materializa en tres momentos específicos. Primero, la vigilancia competitiva, que permite identificar tendencias tecnológicas y procedimentales. Segundo, la priorización y selección de tecnologías mediante una matriz que evalúa no solo la capacidad operativa y financiera, sino también aspectos técnicos como la reducción de costos y tiempos, así como tecnologías conexas. Tercero, la prueba de conceptos, una vez seleccionada una tecnología específica para un proceso preseleccionado. Este procedimiento fue validado a través del tostador, corroborando los pasos y criterios de decisión mencionados. Los resultados amplían la discusión sobre productividad, competitividad y sostenibilidad de las PYME del sector.

Palabras Clave

Adopción de tecnología; Matriz de priorización; Vigilancia competitiva; Sostenibilidad; PYME.

Abstract

By 2023, Colombia reports that 1.36% of exported coffee is roasted, reflecting significant barriers in the transformation of green coffee to roasted coffee. SMEs in the rural sector face low technology adoption due to technical and financial constraints. This research aims to identify the factors of technology adoption in the roasting phase of the coffee value chain in Colombian SMEs. To this end, a qualitative case study was conducted at the company “Del Campo Girardota” (Girardota, Antioquia), where a survey was administered to understand how technology adoption takes place, using as a specific example one of the most relevant pieces of machinery in the transformation process. The results show that technology adoption in this SME takes place at three specific moments. First, competitive intelligence, which allows for the identification of technological and procedural trends. Second, the prioritization and selection of technologies using a matrix that evaluates not only operational and financial capacity, but also technical aspects such as cost and time reduction, as well as related technologies. Third, proof of concept, once a specific technology has been selected for a pre-selected process. This procedure was validated through the roaster, corroborating the steps and decision criteria. The results broaden the discussion on productivity, competitiveness, and sustainability of SMEs in the sector.

Keywords

Technology adoption; Prioritization matrix; Competitive intelligence; Sustainability; SMEs.

Recepción: 26 de septiembre de 2025

Aceptación: 3 de diciembre de 2025

Introducción

La adopción de tecnología se refiere al proceso mediante el cual una organización integra nuevas herramientas, sistemas, o procedimientos tecnológicos dentro de sus operaciones (Parra et al., 2021; Su et al., 2024). Este proceso abarca desde la identificación de necesidades tecnológicas, pasando por la evaluación de opciones disponibles, hasta la implementación y adaptación de dichas tecnologías a las actividades diarias (Soft et al., 2020). En el contexto empresarial, la adopción de tecnología implica cambios en la infraestructura, capacitación del personal y, frecuentemente, ajustes en los procesos operativos y de gestión para optimizar la productividad y eficiencia (Parra-Sánchez et al., 2021; Gandhi Maniam et al., 2024).

En las pequeñas y medianas empresas (PYME), la adopción de tecnología se da de manera particular debido a sus limitaciones en recursos financieros, humanos y técnicos (Parra et al., 2021). En el sector caficultor colombiano, en específico, las PYME deben abordar la adopción de tecnología a partir de una evaluación cuidadosa de su costo-beneficio, considerando sus capacidades y el entorno local, lo cual implica que adoptar tecnologías se da gradualmente, comenzando con soluciones que requieren menor inversión inicial y que pueden tener un impacto inmediato en la producción y calidad del café, dependiendo también del apoyo institucional y de programas específicos que faciliten el acceso a nuevas tecnologías y proporcionen capacitación para su uso adecuado (Soft et al., 2020).

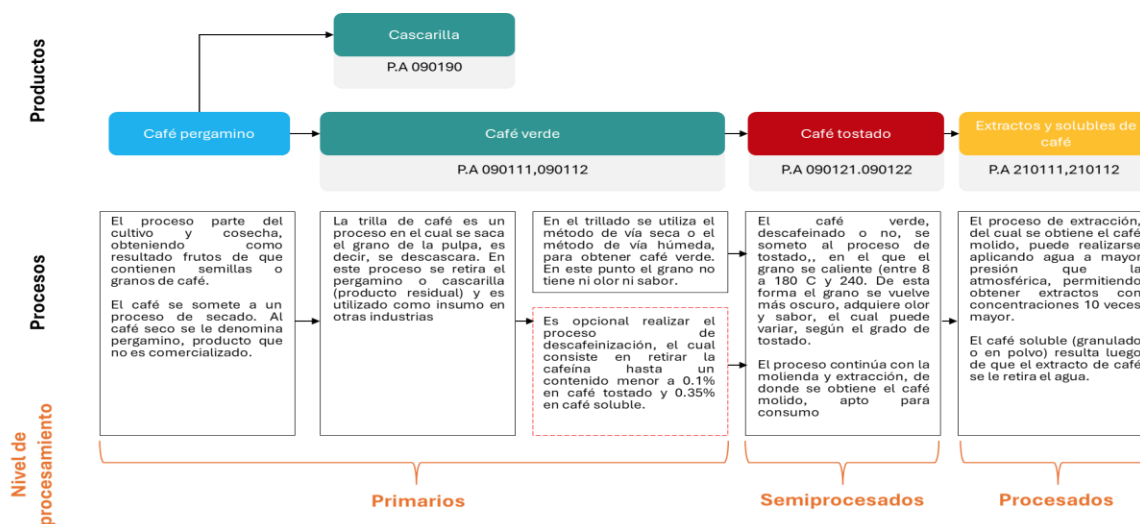
En ese sentido, se tiene que la adopción de tecnología en las PYME del sector caficultor colombiano es crucial porque permite a estas empresas mejorar su competitividad, eficiencia y sostenibilidad en un mercado globalizado y altamente competitivo (Parra-Sánchez et al., 2021; Muñoz-Pinzón et al., 2024), entendiendo que la integración de tecnologías avanzadas puede optimizar procesos de cultivo, cosecha y, especialmente, procesamiento del café, reduciendo costos y mejorando la calidad del

producto final, facilitando, además, la trazabilidad y cumplimiento de estándares internacionales, lo que abre puertas a nuevos mercados y oportunidades de exportación (Samoggia y Fantini, 2023). Por tanto, en un entorno donde la innovación tecnológica avanza rápidamente, las PYME que adoptan nuevas herramientas están mejor posicionadas para enfrentar desafíos como el cambio climático, las fluctuaciones en los precios del café y la creciente demanda de productos sostenibles y de alta calidad (Díaz et al., 2021; Khurshid et al., 2024).

Además, la importancia de la adopción de tecnología en las PYME del sector caficultor colombiano se incrementa al considerar el estado general del sector rural en Colombia, caracterizado por numerosas limitaciones de recursos, tanto financieros como tecnológicos (Norton y Alwang, 2020; Kang y Arikrishnan, 2024). El sector rural, y en particular el caficultor, enfrenta desafíos significativos como el acceso limitado a financiamiento, la infraestructura deficiente y la falta de acceso a tecnologías avanzadas (Samoggia y Fantini, 2023). Estos factores restringen la capacidad de los pequeños productores para mejorar sus prácticas agrícolas y aumentar su productividad (Norton y Alwang, 2020; Faasolo y Sumarilah, 2024). Entendiendo esta problemática, se tiene que el objetivo de la investigación consiste en identificar los factores de adopción tecnológica en la fase de tostado de la cadena de valor del café de las PYME colombianas.

El proceso del café consta de varias etapas en la cadena de valor. Primero, se inicia con la cascarilla, donde se eliminan las cáscaras externas del grano tras su recolección. A continuación, el grano pasa a la etapa de café pergamino, donde se retira la capa protectora y se seca para reducir la humedad. Luego, el grano se transforma en café verde, la forma sin tostar lista para su posterior procesamiento. La fase crítica en esta cadena es el café tostado, donde los granos verdes se someten a un proceso de tostado para desarrollar sus características de aroma, sabor y color. Este proceso implica calentar los granos a altas temperaturas, cambiando sus propiedades físicas y químicas. Finalmente, el café tostado puede ser convertido en extractos y solubles de café, utilizados en productos instantáneos, como se observa en la Figura 1 (Cámara de Comercio de Huila, 2017). La intervención en este proceso se focaliza en la etapa de café tostado. La optimización de esta fase busca mejorar la calidad del producto final y la eficiencia operativa del proceso de tostado.

Figura 1. Cadena de valor del café. Fuente: Cámara de Comercio de Huila (2017).



Específicamente, una investigación sobre la adopción de tecnología en las PYME del sector caficulator en Colombia puede aportar significativamente al desarrollo de estas empresas, ya que, al analizar detalladamente las dinámicas y desafíos específicos que enfrentan estas PYME, la investigación puede proporcionar recomendaciones precisas y adaptadas que faciliten la adopción de tecnologías avanzadas en sus procesos (Samoggia y Fantini, 2023). Esto puede resultar en mejoras tangibles en eficiencia, productividad y calidad del producto, lo cual es esencial para su competitividad en el mercado global (Parra-Sánchez et al., 2021). Además, los hallazgos de la presente investigación pueden guiar a los responsables de políticas y a las instituciones de apoyo en la creación de programas y políticas más efectivas que aborden las necesidades tecnológicas y de capacitación de los caficultores, por lo que, de esta forma, se promueve no solo el desarrollo individual de las PYME, sino también el fortalecimiento del sector caficulator y el desarrollo rural en Colombia.

La adopción de tecnología ha surgido como un tema central en diversos campos, desde la innovación empresarial hasta el desarrollo social (Garcés-Giraldo et al., 2022). La capacidad de adoptar nuevas tecnologías de manera efectiva se ha convertido en un factor crucial para el éxito tanto de organizaciones como de individuos en un mundo cada vez más digitalizado (Teirlinck y Bruylant, 2024). Comprender los factores que influyen en la decisión de adoptar una tecnología y cómo estas decisiones afectan el entorno en el que se implementan es esencial para maximizar los beneficios y minimizar los riesgos asociados con la adopción tecnológica (Valencia-Arias et al., 2024).

Numerosas teorías y modelos han sido desarrollados para explicar el proceso de adopción de tecnología (Valencia-Arias et al., 2023). Uno de los más influyentes es el Modelo de Difusión de Innovaciones propuesto por Rogers (1987), que describe cómo se propaga una nueva idea o tecnología en el tiempo mediante diferentes grupos de adoptantes. Otro modelo importante es el Modelo de Aceptación de la Tecnología planteado por Davis (1989), que se centra en la percepción de utilidad y facilidad de uso como determinantes clave del comportamiento de adopción.

En ese sentido, la decisión de adoptar una nueva tecnología está influenciada por una serie de factores interrelacionados (Valencia-Arias et al., 2023; Han et al., 2017). Específicamente, se tiene que la percepción de utilidad y facilidad de uso de la tecnología juega un papel crucial, junto con factores demográficos y socioeconómicos como la edad, el género, el nivel educativo y los ingresos (Valencia-Arias et al., 2024; Jiang et al., 2024). Además, la influencia social, las experiencias previas con tecnologías similares y la disponibilidad de recursos también pueden afectar la predisposición de un individuo u organización a adoptar una nueva tecnología (Teirlinck y Bruylant, 2024).

Los casos de estudio ofrecen una visión práctica de la adopción de tecnología en diferentes contextos. Por ejemplo, en el caso de estudio presentado por Mazzone et al. (2021) empresas como Amazon, centrado en el contexto brasileño, han demostrado cómo la implementación efectiva de tecnologías como la inteligencia artificial y la robótica puede impulsar la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente. Otro caso específico, como el presentado por Bermúdez-Hernández et al. (2022) menciona la importancia de considerar otras variables sociodemográficas a la hora de adoptar una tecnología.

A medida que la sociedad avanza hacia un futuro cada vez más digital, surgen nuevos desafíos en el campo de la adopción de tecnología (Ellingsen y Aasland, 2019). La rápida evolución tecnológica puede dificultar la toma de decisiones informadas sobre qué tecnologías adoptar y cuándo hacerlo (Garcés-Giraldo et al., 2022). Además, la brecha digital continúa siendo un obstáculo importante para garantizar que todos tengan acceso equitativo a las tecnologías emergentes (Mazzone et al., 2021).

La ética en la adopción de tecnología también está ganando atención, especialmente en áreas como la privacidad de los datos y la inteligencia artificial (Yu, 2024; Waqar et al., 2024).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, como cierre, se observa que la adopción de tecnología es un proceso complejo que está influenciado por una variedad de factores (Valencia-Arias et al., 2024) razón por la cual, para mejorar la comprensión y prácticas en este ámbito, se necesitan más investigaciones que exploren la forma en que diferentes contextos y condiciones afectan la adopción tecnológica a lo largo del tiempo, considerando la velocidad con la que surgen diferentes innovaciones tecnológicas (Teirlinck y Bruylant, 2024). Por consiguiente, este proyecto tuvo como objetivo general analizar los factores de adopción tecnológica en la fase de tostado de café en PYME colombianas para comprender el proceso de toma de decisiones tecnológicas y su impacto en la productividad y competitividad empresarial.

Materiales y métodos

La metodología utilizada en este estudio siguió en un enfoque cualitativo, estructurado en varias etapas, comenzando con un proceso de revisión de literatura. Esta fase inicial permitió identificar y contextualizar los principales conceptos y teorías relacionadas con la adopción de tecnología en las PYME del sector caficultor, destacando la importancia de comprender los factores que influyen en la decisión de adoptar nuevas tecnologías y cómo estas decisiones impactan el entorno organizacional (Coelho Vianna et al., 2024).

Posteriormente, se realizó una visita a la Pequeña empresa ‘Del Campo Girardota’, ubicada en el municipio de Girardota, Antioquia, Colombia. Esta empresa fue seleccionada como caso de estudio debido a su representatividad en el sector caficultor rural y a los desafíos que enfrenta en términos de recursos financieros y acceso a tecnologías avanzadas. Durante la visita, se recopiló información cualitativa y observación directa, lo que permitió obtener una visión detallada del proceso de adopción tecnológica en la fase de tostado del café (Rojas Ospina et al., 2024).

La tercera etapa consistió en la realización de un proceso de vigilancia competitiva como parte de una intervención práctica, cuyo objetivo fue identificar las principales tendencias tecnológicas en el sector caficultor a nivel global. Este análisis permitió a la empresa “Del Campo Girardota” mantenerse informada sobre las innovaciones más recientes y evaluar cómo podrían aplicarse estas tecnologías para mejorar sus procesos productivos. A partir de esta vigilancia, se identificaron tecnologías clave que fueron luego evaluadas mediante una matriz de priorización (Porras-Zúñiga et al., 2019). Esta etapa combinó un enfoque investigativo para recopilar información con una intervención activa, ya que los hallazgos se utilizaron directamente para guiar la toma de decisiones y la implementación de tecnologías en la empresa, alineándose con sus necesidades operativas y estratégicas.

Finalmente, se llevó a cabo una prueba de concepto, en la cual se implementó y evaluó una tecnología seleccionada en un entorno controlado dentro de la empresa. Esta prueba permitió validar la eficacia y viabilidad de la tecnología antes de su adopción completa, minimizando riesgos y asegurando una transición exitosa hacia su implementación a gran escala (Botha et al., 2024).

Resultados

El caso de estudio se realizó en la empresa 'Del Campo Girardota', ubicada en el municipio de Girardota, en el Valle de Aburrá del departamento de Antioquia, Colombia. Girardota es una localidad con una fuerte tradición cafetera, en una región conocida por su producción de café de alta calidad, porque se beneficia de un clima favorable para el cultivo del café y una cultura arraigada en la agricultura (Arbeláez Arango, 1999). La empresa 'Del Campo Girardota', como muchas otras en la zona, enfrenta desafíos típicos del sector caficultor rural, incluyendo limitaciones en recursos financieros y acceso a tecnologías avanzadas (Ceballos-Sierra y Dall'Erba, 2021). La elección de esta empresa para el estudio permite un análisis representativo de las condiciones y oportunidades que enfrentan las PYME caficultoras en esta parte del país, proporcionando información relevante sobre cómo la adopción de tecnología puede impulsar su desarrollo y sostenibilidad.

Esta empresa fue seleccionada como caso de estudio debido a su relevancia en el sector, su trayectoria en la implementación de innovaciones tecnológicas, y su capacidad para adoptar nuevas herramientas que impactan en su competitividad. Además, su contexto organizacional y sectorial permite explorar cómo las PYME enfrentan los desafíos de adopción tecnológica, brindando un escenario ideal para analizar los factores que influyen en dicho proceso y su efecto en la mejora de la productividad.

En la empresa 'Del Campo Girardota', el proceso de adopción de tecnología se realiza en tres fases distintas. La primera fase consiste en la realización de vigilancia competitiva, donde se identifican y analizan las tecnologías emergentes y las mejores prácticas utilizadas en el sector caficultor a nivel global. La segunda fase es la selección de la tecnología pertinente, en la cual se evalúan las opciones identificadas durante la vigilancia competitiva para determinar cuáles son las más adecuadas a las necesidades y capacidades específicas de la empresa. Finalmente, en la tercera fase, se lleva a cabo una prueba de concepto, donde se implementa la tecnología seleccionada en un entorno controlado para evaluar su efectividad y viabilidad antes de proceder a su adquisición e implementación completa.

➤ **Vigilancia competitiva e identificación de tendencias tecnológicas:**

La empresa 'Del Campo Girardota' inicia su proceso de adopción tecnológica mediante una vigilancia competitiva, lo que le permite identificar las principales tendencias en términos tecnológicos y operacionales en el sector caficultor. A través de este análisis, la empresa monitorea las innovaciones más recientes y las prácticas líderes a nivel global, evaluando cómo estas pueden aplicarse para mejorar sus propios procesos productivos. Esta etapa de vigilancia incluye el estudio de nuevas herramientas, métodos de cultivo, técnicas de procesamiento del café y tecnologías de gestión implementadas con éxito por otras empresas del sector.

Esta etapa de realización de vigilancia competitiva es crucial en el proceso de adopción de tecnología para la empresa 'Del Campo Girardota', ya que permite anticiparse a los cambios y mantenerse a la vanguardia en un mercado altamente competitivo (Al-Khasswneh et al., 2023). En ese sentido, se tiene que al identificar y analizar las principales tendencias tecnológicas y operacionales, la empresa puede tomar decisiones informadas sobre qué innovaciones implementar para mejorar su eficiencia y productividad, lo cual no solo permite adoptar tecnologías que se han demostrado efectivas en otros contextos similares, sino que

también ayuda a evitar inversiones en tecnologías que no se ajusten a sus necesidades o que no proporcionen los resultados esperados (Robison y Nguyen, 2023).

Además, la vigilancia competitiva permite a la empresa 'Del Campo Girardota' adaptar sus estrategias de negocio a las dinámicas del mercado, facilitando la identificación de oportunidades de mejora continua y de nuevas áreas de crecimiento (Al-Khasswneh et al., 2023). Por lo cual, se tiene que al estar al tanto de las innovaciones y mejores prácticas en el sector caficultor, la empresa puede desarrollar una ventaja competitiva sostenible, incrementando su capacidad para responder a los desafíos del mercado y a las demandas de los consumidores, lo cual, a su vez, este proceso fortalece la resiliencia de la empresa frente a los cambios del entorno y contribuye a su desarrollo sostenible a largo plazo (Fadhil et al., 2021).

➤ **Selección de tecnologías a partir de matriz de priorización:**

El paso dos en el proceso de adopción de tecnología en la empresa 'Del Campo Girardota' es la realización de una matriz de priorización, que evalúa varios componentes clave para seleccionar la tecnología más adecuada. Esta matriz incluye factores como el impacto en el rendimiento operacional, el costo de adquisición, la reducción de tiempo operacional y la reducción de costo en el proceso. Adicionalmente, se consideran otros elementos como la facilidad de integración con los sistemas existentes, el requerimiento de capacitación para el personal y la sostenibilidad a largo plazo de la tecnología, lo que permite a la empresa priorizar las tecnologías que ofrecen el mayor beneficio y alinearse mejor con sus objetivos y capacidades.

La realización de una matriz de priorización es un paso fundamental en el proceso de adopción de tecnología en la empresa 'Del Campo Girardota', ya que permite una evaluación sistemática y objetiva de las diversas opciones disponibles (Tintori, 2022), así como la identificación de las tecnologías que ofrecen el mayor impacto positivo en el rendimiento operacional, asegurando que las inversiones se dirijan a soluciones que realmente mejoren la eficiencia y la productividad, lo cual proporciona una visión holística o completa de los beneficios potenciales y de los desafíos asociados con cada opción tecnológica, lo que facilita la toma de decisiones informadas y estratégicas (Bernardo Renzi y Agner, 2023).

Además, la inclusión de criterios como el costo de adquisición y la reducción de tiempo operacional en la matriz de priorización garantiza que las decisiones tecnológicas se alineen con las restricciones financieras y las necesidades específicas de la empresa 'Del Campo Girardota'. Esto es particularmente importante para las PYME en el sector caficultor, y no solo para la empresa 'Del Campo Girardota', donde los recursos suelen ser limitados, por lo que, evaluar el costo de adquisición junto con los ahorros potenciales en costos operativos y tiempos de proceso ayuda a asegurar que las inversiones no solo sean asequibles, sino también rentables a largo plazo, lo cual es esencial para mantener la viabilidad económica de la empresa (Thakurta, 2017).

La facilidad de integración minimiza las interrupciones en las operaciones diarias y reduce los costos adicionales que pueden surgir de la adaptación tecnológica (Canciglieri et al., 2015). Por otro lado, evaluar las necesidades de capacitación asegura que el personal esté

adecuadamente preparado para utilizar la nueva tecnología, maximizando su efectividad y minimizando los riesgos de errores o resistencia al cambio (Tintori, 2022).

➤ **Pruebas de concepto:**

Una vez que la empresa ‘Del Campo Girardota’ ha identificado las tecnologías necesarias a través de la matriz de priorización, procede a realizar pruebas de concepto. Estas pruebas implican la implementación y evaluación de la tecnología seleccionada en un entorno controlado dentro de la empresa, donde se monitorea de cerca el funcionamiento y la efectividad de la tecnología para determinar su viabilidad y beneficios potenciales antes de su implementación a gran escala (Ciotta et al., 2021).

La realización de pruebas de concepto es crucial porque permite a la empresa ‘Del Campo Girardota’ validar la eficacia y la adecuación de la tecnología en un entorno real pero controlado, minimizando riesgos, asegurando de esa forma que la tecnología funcione según lo previsto y cumpla con los objetivos definidos durante las fases de vigilancia competitiva y priorización (Ghaderi y Ghahyazi, 2023). En ese caso, al detectar y solucionar problemas en una etapa temprana, se evitan costosas interrupciones y fallos durante la implementación a gran escala, lo que protege la inversión y garantiza una transición más suave y efectiva hacia la nueva tecnología (López-Larraz et al., 2023).

Además, las pruebas de concepto brindan la oportunidad de involucrar al personal en la fase inicial de adopción, lo cual es vital para el éxito del proyecto, ya que al recibir retroalimentación directa de los empleados que utilizarán la tecnología, la empresa puede ajustar y optimizar el sistema para mejorar su usabilidad y funcionalidad, ayudando así a construir confianza y aceptación entre los trabajadores, facilitando la adaptación y maximizando los beneficios operativos de la nueva tecnología (Ciotta et al., 2021). A su vez, las pruebas de concepto aseguran que la empresa esté bien preparada para aprovechar al máximo las innovaciones tecnológicas, fortaleciendo su capacidad competitiva y su resiliencia en el mercado (López-Larraz et al., 2023).

En ese orden de ideas, se resalta la importancia de la tecnología en la cadena de valor del café desde la identificación de tendencias hasta la implementación controlada (Coelho Vianna et al., 2024). La digitalización no solo mejora la eficiencia del proceso, sino que también facilita la trazabilidad, la transparencia y la conexión directa entre productores y consumidores, lo que es esencial para el éxito comercial en un mercado globalizado.

➤ **Aplicación del proceso de adopción:**

Se implementó el proceso de adopción de tecnología en la empresa bajo estudio, centrándose en el proceso de Tostado, reconocido como uno de los más relevantes dentro de la cadena de valor del café. Este enfoque implicó la realización de una vigilancia competitiva para identificar tecnologías emergentes y mejores prácticas en el tostado del café a nivel global. Posteriormente, se llevó a cabo una matriz de priorización para seleccionar las tecnologías que mejor se ajustaban a las necesidades específicas de la empresa, considerando factores como la compatibilidad con los sistemas existentes y la sostenibilidad a largo plazo. Finalmente, se realizaron pruebas de concepto en un entorno controlado dentro de la empresa, lo que permitió evaluar la viabilidad y los beneficios potenciales de las tecnologías seleccionadas antes de su implementación completa.

Durante la fase de vigilancia competitiva, se identificaron y analizaron tecnologías de tostado altamente relevantes en el mercado, incluyendo las tostadoras Coffeetool R-500, R-3, R-5 y la SKU: BASE 5. Estas máquinas destacan por ser las más avanzadas tecnológicamente en la industria del café. Cada una de ellas combina una construcción artesanal con características innovadoras como pantallas táctiles y control PLC computadorizado, lo que permite un control preciso de la velocidad del motor y del flujo de aire. Además, todas cuentan con motores independientes y audífonos integrados, lo que optimiza el proceso de tostado y asegura una alta calidad en el producto final. La evaluación de estas tecnologías durante la vigilancia competitiva permitió a la empresa explorar opciones que podrían mejorar de manera significativa su proceso de tostado, fortaleciendo así su capacidad para competir en un mercado exigente.

Luego, en la fase de selección, se presenta un análisis detallado, realizado mediante una matriz de priorización, de las tecnologías identificadas en la fase de inteligencia competitiva como se observa en la Tabla 1. Este análisis evaluó los siguientes ítems: impacto en el rendimiento operacional, costo de adquisición, reducción de tiempo operacional, reducción de costo en el proceso, facilidad de integración con los sistemas existentes, requerimiento de capacitación para el personal y sostenibilidad a largo plazo. La matriz permitió comparar de manera objetiva las opciones tecnológicas y seleccionar la más adecuada para optimizar el proceso de tostado en la organización.

Tabla 1. Matriz de priorización aplicada en empresa 'Del Campo Girardota'.

Ítem Evaluado	Coffeetool R-500	Coffeetool R-3	Coffeetool R-5	SKU: BASE 5
Impacto en el rendimiento operacional	Alto	Medio	Alto	Muy Alto
Costo de adquisición	Alto	Bajo	Alto	Medio
Reducción de tiempo operacional	Medio	Bajo	Medio	Alto
Reducción de costo en el proceso	Medio	Bajo	Medio	Alto
Facilidad de integración con sistemas existentes	Baja	Media	Baja	Alta
Requerimiento de capacitación para el personal	Alta	Baja	Alta	Media
Sostenibilidad a largo plazo	Alta	Media	Alta	Muy Alta
Retorno de inversión (ROI)	Medio	Bajo	Medio	Alto
Riesgos asociados a la implementación	Medio	Bajo	Medio	Bajo

Fuente: Elaboración propia

La tecnología SKU: BASE 5 se identifica como la más viable para la empresa 'Del Campo Girardota'. Esto se debe a su alto impacto en el rendimiento operacional, su capacidad para reducir tanto los tiempos operacionales como los costos en el proceso, su facilidad de integración con los sistemas existentes y su sostenibilidad a largo plazo. Además, presenta un retorno de inversión favorable y bajos riesgos asociados a su implementación, lo que la convierte en la opción más estratégica para mejorar el proceso de tostado dentro de la organización.

Se realizó una prueba de concepto de la tecnología SKU: BASE 5, adaptándola a la realidad operativa de la empresa 'Del Campo Girardota', evaluando su desempeño en condiciones reales de trabajo. Como se muestra en la Figura 2, la imagen del tostador SKU: BASE 5 seleccionado ilustra el equipo utilizado durante la prueba. La implementación de esta tecnología permitió verificar su compatibilidad con los procesos existentes, así como su capacidad para mejorar la eficiencia y calidad del tostado, confirmando su viabilidad como una solución adecuada para las necesidades específicas de la empresa.

Figura 2. Tostador SKU: BASE 5 seleccionado en la empresa “Del Campo Girardota”.



Fuente: Elaboración propia

Discusión

La discusión de este estudio se centra en analizar las implicaciones de los hallazgos obtenidos, tanto a nivel teórico como práctico. Además, se abordan las limitaciones que surgieron durante la investigación y se sugieren posibles líneas de investigación futura que podrían ampliar y profundizar en los resultados aquí presentados.

➤ Implicaciones prácticas:

Las implicaciones prácticas de la adopción de tecnología en el sector caficultor colombiano son amplias y de gran alcance, afectando no solo a las empresas individuales como 'Del Campo Girardota', sino también al sector y a la economía en general. Primero, la vigilancia competitiva como práctica generalizada puede elevar el estándar tecnológico de toda la industria cafetera, ya que, al mantenerse al tanto de las últimas innovaciones y tendencias, los productores pueden implementar mejores prácticas globales, lo que mejora la calidad y competitividad del café colombiano en los mercados internacionales.

Por su parte, se sabe que la implementación de una matriz de priorización para la selección de tecnologías tiene implicaciones significativas en la eficiencia del uso de recursos en el sector, por lo que, al evaluar las tecnologías potenciales en función de su impacto, costo, y facilidad de integración, las empresas pueden optimizar sus inversiones y asegurar que cada dólar gastado genere el mayor beneficio posible, siendo clave para las PYME con recursos limitados, así como para atraer inversiones externas y apoyo gubernamental, sabiendo que los fondos serán utilizados de manera efectiva y estratégica.

A su vez, las pruebas de concepto también tienen repercusiones prácticas importantes más allá de la empresa individual, ya que esto permite a los productores de café validar tecnologías antes de una adopción a gran escala, lo que reduce los riesgos de fallos operativos y mejora la tasa de éxito de las implementaciones tecnológicas, ya que, como se observó recientemente, cuando las tecnologías se prueban y optimizan en entornos controlados, se recopilan datos y experiencias que pueden compartirse a través de la industria, facilitando una adopción más rápida y efectiva de innovaciones en toda la comunidad cafetera.

En términos de sostenibilidad, la adopción de tecnologías avanzadas puede llevar a prácticas agrícolas más responsables y eficientes, en términos de optimización en el uso del agua, reducción del uso de pesticidas y mejoramiento de la eficiencia energética, influyendo en el impacto ambiental de la producción de café, beneficia al medio ambiente, y respondiendo también a las crecientes demandas de los consumidores por productos sostenibles, abriendo nuevos mercados y mejorando la reputación global del café colombiano.

Además, a nivel socioeconómico, la adopción de tecnología en el sector caficultor puede mejorar la calidad de vida de los pequeños productores y sus comunidades, ya que los mencionados incrementos en la eficiencia y productividad pueden traducirse en mayores ingresos y estabilidad económica para las familias dependientes del cultivo de café y sus derivados. Además, el uso de tecnologías puede liberar tiempo y recursos, permitiendo a los productores invertir en educación y capacitación, lo que a su vez puede fomentar una mayor profesionalización del sector y la creación de empleos más calificados.

La implementación del proceso de adopción de tecnología en el tostado del café puede tener varias implicaciones prácticas generales. En primer lugar, la adopción de tecnologías avanzadas en el tostado, como la tecnología SKU: BASE 5, puede mejorar significativamente la eficiencia operativa y la calidad del producto. Estas tecnologías permiten una mayor precisión en el control de parámetros clave, lo que optimiza el proceso y reduce tanto los costos operativos como el tiempo de producción. Esto puede resultar en una mayor competitividad para las empresas en el mercado al ofrecer productos de mayor calidad a precios más competitivos.

En segundo lugar, la integración de tecnologías innovadoras requiere una evaluación y adaptación cuidadosa a los sistemas y procesos existentes. La realización de pruebas de concepto y la evaluación de los costos, beneficios y la facilidad de integración son cruciales para minimizar los riesgos y asegurar una transición suave hacia la nueva tecnología. Esta estrategia no solo garantiza la viabilidad y efectividad de las tecnologías adoptadas, sino que

también ayuda a las empresas a mantenerse alineadas con las tendencias del mercado y a optimizar sus operaciones para un rendimiento a largo plazo.

➤ **Limitaciones:**

A pesar de los hallazgos valiosos, este estudio sobre la adopción de tecnología en la empresa 'Del Campo Girardota' presenta algunas limitaciones que son necesarias mencionar. Una de ellas es la falta de validación en otras empresas del mismo sector cafecultor, lo que restringe la generalización de los resultados. La investigación se centró exclusivamente en la empresa 'Del Campo Girardota', ubicada en Girardota, Antioquia, y, aunque proporciona un caso detallado, no refleja necesariamente las experiencias y desafíos de otras PYME cafecultoras en diferentes regiones de Colombia en las dinámicas de adopción de tecnología, ya que las variaciones en el acceso a recursos, infraestructura y apoyo institucional pueden influir significativamente en el proceso de adopción tecnológica, lo que sugiere la necesidad de estudios adicionales para corroborar estos resultados en un contexto más amplio.

Además, la investigación no incluye comparaciones con otros sectores y contextos, lo que limita aún más la aplicabilidad general de los resultados, en tanto que las dinámicas y necesidades tecnológicas de las PYME en otros sectores agrícolas o industriales pueden diferir considerablemente, y sin estudios comparativos, es difícil determinar si las estrategias y enfoques identificados serían igualmente efectivos en otros entornos. Razón por la cual, esta falta de validación externa subraya la importancia de realizar investigaciones adicionales que abarquen una gama más amplia de empresas y sectores para obtener una comprensión más completa y robusta de los factores que influyen en la adopción de tecnología en las PYME colombianas.

Conclusiones

A partir de los resultados, se tiene que la adopción de tecnología en la empresa Del Campo Girardota fue facilitada por la identificación de necesidades operativas claras y el análisis de las soluciones tecnológicas disponibles en el mercado. Los factores clave que impulsaron esta adopción incluyen la capacitación del personal, la infraestructura tecnológica existente y el apoyo directivo en el proceso. La implementación progresiva de las tecnologías permitió que la empresa se adaptara a los cambios sin generar resistencia significativa entre los empleados, quienes reconocieron las ventajas de las nuevas herramientas para optimizar su trabajo.

Además, se evidencia la importancia de implementar un proceso estructurado de adopción de tecnología en las PYME del sector cafecultor colombiano, en tanto que elementos como la combinación de la vigilancia competitiva, la matriz de priorización y las pruebas de concepto permite a las empresas como 'Del Campo Girardota', y otras organizaciones similares, identificar, seleccionar y validar las tecnologías que mejor se adapten a sus necesidades y capacidades, facilitando una transición más suave hacia la tecnología, minimizando los riesgos y maximizando los beneficios.

Otra conclusión relevante es la necesidad de considerar las limitaciones y desafíos que enfrentan las PYME cafecultoras en el proceso de adopción tecnológica, ya que aspectos como la falta de acceso a financiamiento, la resistencia al cambio y la infraestructura tecnológica deficiente pueden obstaculizar la implementación efectiva de nuevas tecnologías. Abordar estas barreras requerirá un enfoque

integral que incluya políticas de apoyo, programas de capacitación y colaboración entre el sector público y privado.

Finalmente, se concluye que la adopción de tecnología en el sector caficultor colombiano tiene el potencial de impulsar la competitividad, la productividad y la sostenibilidad del sector. Sin embargo, para aprovechar al máximo estos beneficios, es fundamental abordar las limitaciones identificadas y promover un ambiente propicio para la innovación y la adopción tecnológica en las PYME caficultoras. Esto requerirá la colaboración y el compromiso de múltiples actores, incluyendo empresas, gobierno, instituciones académicas y organizaciones de la sociedad civil.

Referencias

- Al-Khasswneh, R. S. J., Mohammad, A., Al-Shaikh, F. N., Melhem, Y. S., Al-Azzam, M. K. A., Alolayyan, M. N., ... & Al-Hawary, S. I. S. (2023). Impact of strategic vigilance on competitive capabilities in Jordanian insurance companies. In *The effect of information technology on business and marketing intelligence systems* (pp. 1061-1076). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12382-5_57
- Arbeláez Arango, A. (1999). Inicios de la producción industrial en Antioquia. *Semestre económico*, 3(6). <http://hdl.handle.net/11407/1933>
- Bermúdez-Hernández, J., Cardona-Acevedo, S., Valencia-Arias, A., Palacios-Moya, L., & Dioses Lescano, N. (2022). Behavioural factors for users of bicycles as a transport alternative: a case study. *Sustainability*, 14(24), 16815. <https://doi.org/10.3390/su142416815>
- Bernardo Renzi, A., & Agner, L. (2023). Prioritization Matrix to Highlight Business Opportunities. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 38-50). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35699-5_4
- Botha, C. M., van der Merwe, A. F., & Uren, K. R. (2024). A model-based control strategy for batch coffee roasting processes using a novel controlled variable. *Results in Engineering*, 23(July). <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102575>
- Cámara de Comercio de Huila. (2017). Análisis de la cadena de valor en el Huila: Competitividad de la cadena y perspectivas de mercado. Disponible en: <https://www.cchuila.org/wp-content/uploads/Analisis-cadena-de-valor-del-cafe-en-el-Huila.pdf>
- Canciglieri, O., Sant'Anna, Â. M. O., & Machado, L. C. (2015). Multi-attribute method for prioritization of sustainable prototyping technologies. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17, 1355-1363. <https://doi.org/10.1007/s10098-015-0962-5>
- Ceballos-Sierra, F., & Dall'Erba, S. (2021). The effect of climate variability on Colombian coffee productivity: A dynamic panel model approach. *Agricultural Systems*, 190, 103126. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103126>
- Ciotta, V., Mariniello, G., Asprone, D., Botta, A., & Manfredi, G. (2021). Integration of blockchains and smart contracts into construction information flows: Proof-of-concept. *Automation in Construction*, 132, 103925. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103925>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Díaz, Y., Andrade, J. M., & Ramírez, E. (2021). Social Responsibility: A Case Study of Women Coffee Growers in a Peripheral Region of Colombia. *TEM Journal*, 10(4). <https://www.cceol.com/search/article-detail?id=998650>

- Ellingsen, O., & Aasland, K. E. (2019). Digitalizing the maritime industry: A case study of technology acquisition and enabling advanced manufacturing technology. *Journal of Engineering and Technology Management*, 54, 12-27. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2019.06.001>
- Faasolo, M., & Sumarlah, E. (2024). Sustainability-oriented technology adoption in Tonga: the impact of Government's incentives and internal factors. *International Journal of Emerging Markets*, 19(10), 2847-2867. <https://doi.org/10.1108/IJOEM-09-2021-1424>
- Fadhil, A. H., Hasan, M. F., AL-Sammari, A. A. A., & Qandeel, A. M. A. (2021). The role of strategic consciousness in enhancing the strategic vigilance. *The journal of contemporary issues in business and government*, 27(6), 965-978. <https://cibgp.com/au/index.php/1323-6903/article/view/2211>
- Gandhi Maniam, P. S., Acharya, N., Sassenberg, A. M., & Soar, J. (2024). Determinants of Blockchain Technology Adoption in the Australian Agricultural Supply Chain: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 16(13), 5806. <https://doi.org/10.3390/su16135806>
- Garcés-Giraldo, L. F., Benjumea-Arias, M., Cardona-Acevedo, S., Valencia-Arias, A., Patiño-Vanegas, C., Padierna, O., & Argandoña, R. A. G. (2022). Análisis bibliométrico en adopción de logística de entrega de mercancías mediante el uso de drones. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E50), 386-397. <https://www.proquest.com/openview/802b5239fe1d162785aba0e573512898/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>
- Ghaderi, M. R., & Ghahyazi, A. E. (2023). A Conceptual Blockchain-Based Framework for Secure Industrial IoT Remote Monitoring: Proof of Concept. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2617263/v1>
- Han, Y. Y., Wang, K. Y., Liu, Z. Q., Zhang, Q., Pan, S. H., Zhao, X. Y., & Wang, S. F. (2017). A crop trait information acquisition system with multitag-based identification technologies for breeding precision management. *Computers and Electronics in Agriculture*, 135, 71-80. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.01.004>
- Instituto Nacional de Estadística. (2020). BOLETIN ESTADISTICO 2016-2020. Instituto Nacional de Estadística
- Jiang, M., Jia, F., Chen, L., & Xing, X. (2024). Technology adoption in socially sustainable supply chain management: Towards an integrated conceptual framework. *Technological Forecasting and Social Change*, 206, 123537. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123537>
- Kang, A. S., & Arikrishnan, S. (2024). Sustainability reporting and total quality management post-pandemic: the role of environmental, social, governance (ESG), and smart technology adoption. *Journal of Asia Business Studies*, 18(5), 1308-1343. <https://doi.org/10.1108/JABS-03-2022-0080>
- Khurshid, A., Huang, Y., Khan, K., & Cifuentes-Faura, J. (2024). Innovation, institutions, and sustainability: Evaluating drivers of household green technology adoption and environmental sustainability of Africa. *Gondwana Research*, 132, 88-102. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2024.03.012>
- Lin, J. (2011). Technological adaptation, cities, and new work. *Review of Economics and Statistics*, 93(2), 554-574. https://doi.org/10.1162/REST_a_00079
- López-Larraz, E., Escolano, C., Robledo-Menéndez, A., Morlas, L., Alda, A., & Minguez, J. (2023). A garment that measures brain activity: proof of concept of an EEG sensor layer fully implemented with smart textiles. *Frontiers in Human Neuroscience*, 17, 1135153. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2023.1135153>

- Maria Coelho Vianna, L., de Oliveira, L., & Durante Mühl, D. (2024). Waste valorization in agribusiness value chains. *Waste Management Bulletin*, 1(4), 195–204.
<https://doi.org/10.1016/j.wmb.2023.10.009>
- Mazzone, A., Cruz, T., & Bezerra, P. (2021). Firewood in the forest: social practices, culture, and energy transitions in a remote village of the Brazilian Amazon. *Energy Research & Social Science*, 74, 101980. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.101980>
- Muñoz-Pinzón, D. S., Valencia-Rivero, K. T., Caviativa-Castro, Y. P., & Castillo-Bustos, J. S. (2024). Estado actual de la adopción de la industria 4.0 en PYME colombianas: desafíos y oportunidades. *Revista Politécnica*, 20(39), 99-118.
<https://doi.org/10.33571/rpolitec.v20n39a7>
- Norton, G. W., & Alwang, J. (2020). Changes in agricultural extension and implications for farmer adoption of new practices. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 42(1), 8-20.
<https://doi.org/10.1002/aep.13008>
- Parra, D. T., Talero-Sarmiento, L. H., Ortiz, J. D., & Guerrero, C. D. (2021). Technology readiness for IoT adoption in Colombian SMEs. In 2021 16th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) (pp. 1-6). IEEE.
<https://doi.org/10.23919/CISTI52073.2021.9476499>
- Parra-Sánchez, D. T., Talero-Sarmiento, L. H., & Guerrero, C. D. (2021). Assessment of ICT policies for digital transformation in Colombia: technology readiness for IoT adoption in SMEs in the trading sector. *Digital Policy, Regulation and Governance*, 23(4), 412-431.
<https://doi.org/10.1108/DPRG-09-2020-0120>
- Porras-Zúñiga, M. C., Vargas-Elías, G., Araúz- Madrid, L., & Abarca-Alpizar, Y. N. (2019). Efecto de la temperatura en la rapidez del tostado de café. *Revista Tecnología En Marcha*, 32, 20–27.
<https://doi.org/10.18845/tm.v32i7.4255>
- Robison, M. K., & Nguyen, B. (2023). Competition and reward structures nearly eliminate time-on-task performance decrements: Implications for theories of vigilance and mental effort. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, 49(9), 1256.
<https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/xhp0001148>
- Rojas Ospina, A., Zúñiga Collazos, A., & Castillo Palacio, M. (2024). Factors Influencing Environmental Sustainability Performance: A Study Applied to Coffee Crops in Colombia. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 100361.
<https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100361>
- Rogers, E. M. (1987). The diffusion of innovations perspective. Taking care: Understanding and encouraging self-protective behavior, 79-94.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511527760.006>
- Samoggia, A., & Fantini, A. (2023). Revealing the Governance Dynamics of the Coffee Chain in Colombia: A State-of-the-Art Review. *Sustainability*, 15(18), 13646.
<https://doi.org/10.3390/su151813646>
- Sott, M. K., Furstenau, L. B., Kipper, L. M., Giraldo, F. D., Lopez-Robles, J. R., Cobo, M. J., ... & Imran, M. A. (2020). Precision techniques and agriculture 4.0 technologies to promote sustainability in the coffee sector: state of the art, challenges and future trends. *IEEE Access*, 8, 149854-149867. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3016325>
- Su, I. H., Wu, L., & Tan, K. H. (2024). The future of the food supply chain: A systematic literature review and research directions towards sustainability, resilience, and technology adoption. *Journal of Digital Economy*. <https://doi.org/10.1016/j.jdec.2024.03.001>
- Teirlinck, P., & Bruylant, A. (2024). Extended cyclic innovation model as a tool for failure identification in innovation management. Case study of 25 years of CMOS image sensor technology in

- Belgium. *Technovation*, 129, 102900.
<https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102900>
- Thakurta, R. (2017). Understanding requirement prioritization artifacts: a systematic mapping study. *Requirements engineering*, 22, 491-526. <https://doi.org/10.1007/s00766-016-0253-7>
- Tintori, F. (2022). Technology roadmapping for the twin transition: a framework for project selection and prioritization in small and medium enterprises. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/10589/208387>
- Valencia-Arias, A., Cardona-Acevedo, S., Gómez-Molina, S., Gonzalez-Ruiz, J. D., & Valencia, J. (2023). Smart home adoption factors: A systematic literature review and research agenda. *Plos one*, 18(10), e0292558. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292558>
- Valencia-Arias, A., Cardona-Acevedo, S., Gómez-Molina, S., Vélez Holguín, R. M., & Valencia, J. (2024). Adoption of mobile learning in the university context: Systematic literature review. *Plos one*, 19(6), e0304116. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304116>
- Waqar, A., Othman, I., & Mansoor, M. S. (2024). Effect of human-centric technology adoption on sustainable construction success: a partial least square modeling. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-10-2023-0151>
- Yoshikawa, T. (2003). Technology development and acquisition strategy. *International Journal of Technology Management*, 25(6-7), 666-674. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2003.003131>
- Yu, W. (2024). The Effects of Blockchain Technology Adoption on Business Ethics and Social Sustainability: Evidence from Chinese FinTech Companies. *International Journal of Sociologies and Anthropologies Science Reviews*, 4(2), 299-308.
<https://doi.org/10.60027/ijssar.2024.3932>