

Optimización de la sostenibilidad en la cadena de suministro de cafés especiales *

Edgar Guillermo Rodríguez-Guevara 

Profesor Titular Universidad del Valle, Cali - Colombia
edgar.rodriguez@correounivalle.edu.co

Diego Alonso García-Bonilla 

Profesor Asociado Universidad del Valle, Cali - Colombia
diego.a.garcia@correounivalle.edu.co

Diana Lorena Pineda-Ospina 

Profesora Titular Universidad del Valle, Cali - Colombia
diana.pineda@correounivalle.edu.co

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

Sostenibilidad; café especial; prácticas sostenibles; innovación; Calidad

CLASIFICACIÓN JEL

D12,Q01,Q13,Q57

El desarrollo del análisis se centra en identificar un conjunto de prácticas efectivas que contribuyan a mejorar la sostenibilidad en la cadena de suministro de cafés especiales. Metodológicamente, el análisis se fundamenta en un ejercicio de análisis de contenido temático en un corpus evaluado a través de un indicador construido que permite medir el impacto estructural de artículos científicos en la base de datos de Web of Science. Como resultado, se identificaron tres categorías de análisis para las prácticas que incluyen múltiples dimensiones de análisis: Tecnología y procesos de producción sostenible; Impacto ambiental y calidad del café; y, Comportamiento del consumidor y valor agregado. A partir de estos hallazgos, se contribuye a responder cómo se pueden mejorar las prácticas de producción, comercialización y consumo de cafés especiales para lograr una mayor sostenibilidad en la cadena de suministro en el mercado internacional.

Recibido: 28/12/2023 Evaluado: 01/03/2024 Aceptado: 05/05/2024

*Este es un artículo Open Access bajo la licencia BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>) Published by Universidad Libre - Cali, Colombia.

Fuentes de financiación: El artículo fue realizado en el marco del proyecto de investigación "CAFINNOVA VALLE" Fortalecimiento de la competitividad de los cafés especiales del Centro del Valle del Cauca. Este proyecto fue financiado por el Sistema General de Regalías (DNP) y se realizó en colaboración con los cultivadores del sector; específicamente a través de la alianza con Caficentro en el centro del Valle del Cauca, Colombia.

Contribución de los autores

- Autor 1: Conceptualización, curación de los datos, análisis formal y redacción, revisión y edición.
- Autor 2: Metodología, investigación, análisis formal y redacción, revisión y edición.
- Autor 3: Conceptualización, metodología, análisis formal y redacción, revisión y edición.

Como citar este artículo/ How to cite: RODRÍGUEZ-GUEVARA, Edgar Guillermo; GARCÍA-BONILLA, Diego Alonso; PINEDA-OSPINA, Diana Lorena. Optimización de la sostenibilidad en la cadena de suministro de cafés especiales. En: Entramado. Julio - Diciembre, 2024. vol. 20, no. 2 e-I0840 p. 1-22. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.10840>

Optimizing sustainability in the specialty coffee supply chain

ABSTRACT

KEYWORDS

Sustainability; specialty coffee; sustainable practices; innovation; quality

JEL CLASSIFICATION

D12,Q01,Q13,Q57

The development of the analysis focuses on identifying a set of effective practices that contribute to improving sustainability in the special coffee supply chain. Methodologically, the analysis is based on a thematic content analysis exercise in a corpus evaluated through a constructed indicator that allows measuring the structural impact of scientific articles in the Web of Science database. As a result, three categories of analysis were identified for the practices, which include multiple dimensions of analysis: Technology and sustainable production processes; Environmental impact and coffee quality; and Consumer behavior and added value. From these findings, it contributes to answering how production, marketing, and consumption practices of special coffees can be improved to achieve greater sustainability in the international market supply chain.

Otimização da sustentabilidade na cadeia de suprimentos de cafés especiais

RESUMO

PALAVRAS-CHAVE

Sustentabilidade; café especial; práticas sustentáveis; inovação; qualidade

CLASSIFICAÇÃO JEL

D12,Q01,Q13,Q57

O desenvolvimento da análise se concentra na identificação de um conjunto de práticas eficazes que contribuem para melhorar a sustentabilidade na cadeia de suprimentos de cafés especiais. Metodologicamente, a análise baseia-se em um exercício de análise de conteúdo temático em um corpus avaliado por meio de um indicador construído para medir o impacto estrutural de artigos científicos na base de dados Web of Science. Como resultado, foram identificadas três categorias de análise para as práticas que incluem várias dimensões de análise: Tecnologia e processos de produção sustentáveis; Impacto ambiental e qualidade do café; e Comportamento do consumidor e valor agregado. Com base nessas descobertas, o estudo contribui para responder como as práticas de produção, marketing e consumo de cafés especiais podem ser aprimoradas para alcançar maior sustentabilidade na cadeia de suprimentos no mercado internacional.

I. Introducción

En un contexto global de creciente conciencia ambiental y social, la industria del café especial se enfrenta a el desafío de cómo lograr una mayor sostenibilidad en toda la cadena de suministro dado que la producción, comercialización y consumo de cafés especiales son actividades intrínsecamente interconectadas, cuyo impacto trasciende las fronteras geográficas y económicas. Al respecto, el análisis que se desarrolla a continuación busca responder ¿Cómo se pueden mejorar las prácticas de producción, comercialización y consumo de cafés especiales para lograr una mayor sostenibilidad en la cadena de suministro? Para ello, el objetivo general es identificar un conjunto de prácticas efectivas que contribuyan a mejorar la sostenibilidad en la cadena de suministro de cafés especiales. En este sentido, se presentarán hallazgos derivados de un enfoque multidisciplinario que aborda aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales, con el fin de proporcionar una base sólida para la toma de decisiones estratégicas destinadas a transformar la producción del café especial en un modelo de referencia en sostenibilidad global.

Metodológicamente, el desarrollo del análisis se fundamenta en la configuración de un corpus científico que reúne la literatura científica en el campo de la sostenibilidad en cafés especiales que permite: la identificación de las mejores prácticas en la producción, comercialización y consumo de cafés especiales donde se incluyen métodos de cultivo sostenible, técnicas de procesamiento de café, estrategias de marketing efectivas y modelos de negocio que promuevan la sostenibilidad; facilitar la evaluación de impacto ambiental y social para la comprensión de acciones que pueden contribuir a la sostenibilidad, ya sea reduciendo la huella ambiental, mejorando las condiciones de trabajo de los agricultores o promoviendo la equidad en la cadena de suministro; y, precisar los desafíos y barreras que enfrentan las unidades productoras de café especial en su búsqueda de la sostenibilidad. Estos desafíos pueden incluir problemas relacionados con el cambio climático, la fluctuación de los precios del café y la certificación de sostenibilidad, entre otros.

Para la identificación del corpus científico se diseñó un indicador de impacto a través de los indicadores de citas de la base de datos de Web of Science (WOS) que se enfocó en obtener una comprensión más completa del impacto de la producción científica, ajustar la importancia relativa de los artículos científicos y reducir el sesgo de la medición a través de la incorporación de varios indicadores.

2. Fundamentación teórica

La sostenibilidad en la cadena de suministro de cafés especiales se ha convertido en un tema de creciente interés en los últimos años debido a las preocupaciones ambientales, económicas y sociales. Para indagar sobre cómo se pueden mejorar las prácticas de producción, comercialización y consumo de cafés especiales para lograr una mayor sostenibilidad en la cadena de suministro, es necesario identificar las distintas perspectivas analíticas que permitan determinar un conjunto de prácticas efectivas que contribuyan a mejorar la sostenibilidad en la cadena de suministro de cafés especiales.

Para ello, la revisión de la literatura destaca siete perspectivas de análisis. La primera, enfocada a la sostenibilidad en la industria del café, destaca la necesidad de esta industria ante la creciente conciencia sobre la necesidad de prácticas sostenibles. Al respecto, la sostenibilidad se ha convertido en un factor clave en la producción, comercialización y consumo de cafés especiales. Este enfoque se alinea con la visión de modernizar la gestión agrícola y comercial, como se describe en el estudio de [Kittichotsawat, Jangkrajarn y Tippayawong \(2021\)](#), donde resaltan la aplicación de tecnologías modernas y prácticas amigables con el medio ambiente en la cadena de suministro de café.

Una segunda perspectiva se plantea en el impacto de crisis y perturbaciones, donde se resalta la manera en que la cadena de suministro de café se ha enfrentado a desafíos significativos, como lo sugiere [Rhiney et al. \(2021\)](#), quienes destacan cómo las crisis económicas y perturbaciones, como la pandemia de covid-19, pueden afectar negativamente la producción y el abastecimiento de café. Esto subraya la importancia de mejorar la sostenibilidad en la cadena de suministro como una estrategia para hacer frente a tales desafíos.

En contraste a los desafíos, la identificación de las prácticas empresariales sostenibles desempeña un papel esencial en la promoción de la sostenibilidad en la cadena de suministro de cafés especiales. [Lin, Lin y Wang \(2021\)](#) examinan la relación entre la misión social, la calidad del servicio y la imagen de marca en una empresa social, lo que ilustra cómo las prácticas empresariales pueden contribuir a la sostenibilidad.

Otra perspectiva de amplia discusión teórica está en la selección de proveedores verdes en la cadena de suministro de café, debido a que es un aspecto crítico para mejorar la sostenibilidad. [Nguyen, Lin y Dang \(2021\)](#) se centran en la evaluación de proveedores verdes mediante un enfoque basado en múltiples criterios, lo que resalta la importancia de considerar prácticas sostenibles en la adquisición de insumos.

Tomando la perspectiva de los consumidores, el estudio de la demanda de productos sostenibles por parte de los consumidores ha ido en aumento. [Jaeger y Giacalone \(2021\)](#) exploran las percepciones de los consumidores sobre alternativas de bebidas, incluidas las opciones sostenibles, lo que indica una creciente conciencia y preferencia por productos sostenibles.

Finalmente, las perspectivas de desarrollo de ingredientes sostenibles y efectividad de los estándares de sostenibilidad han ganado relevancia en el campo. El desarrollo de ingredientes a base de plantas sostenibles es una tendencia importante en la industria alimentaria. En este sentido, [Amagliani, Silva, Saffon y Dombrowski \(2021\)](#) revisan las propiedades de los ingredientes a base de plantas utilizados en la producción de alimentos, lo que sugiere oportunidades para sustituir ingredientes menos sostenibles en la industria del café. En conjunto, esta fundamentación teórica establece una base sólida para abordar la pregunta de investigación y el objetivo general de identificar prácticas efectivas que contribuyan a mejorar la sostenibilidad en la cadena de suministro de cafés especiales. Sin embargo, destaca la necesidad de ampliar la indagación teórica para responder cómo se pueden mejorar las prácticas de producción, comercialización y consumo de cafés especiales para lograr una mayor sostenibilidad en la cadena de suministro.

3. Metodología

Para el desarrollo del análisis propuesto, se establecieron cinco criterios metodológicos fundamentales, diseñados para identificar prácticas efectivas que impulsen la sostenibilidad en la cadena de suministro de cafés especiales. Estos criterios

abarcan desde la formulación de una ecuación de búsqueda precisa para recuperar literatura relevante, hasta el desarrollo de un indicador combinado de impacto para evaluar la relevancia de los artículos. Además, se incluyeron el procesamiento y organización meticulosa de los metadatos, la creación de una taxonomía analítica para estructurar temas y subtemas, y el análisis detallado de los resultados para destacar prácticas que promuevan mejoras sostenibles. La [Tabla 1](#) resume estos criterios, proporcionando una visión clara de los enfoques metodológicos empleados en el estudio.

Tabla 1.
Criterios metodológicos centrales

Criterio	Descripción
1. Construcción ecuación de búsqueda	La ecuación de búsqueda se diseñó para recuperar artículos relevantes en la base de datos WOS, utilizando términos clave relacionados con la sostenibilidad y el café especial. Se incluyeron filtros por tipo de documento y categorías temáticas específicas, así como un rango de años para asegurar la actualidad de los artículos. Este enfoque sistemático garantizó la recopilación de un corpus relevante para el análisis.
2. Formulación del “Indicador Combinado de Impacto”	El Indicador Combinado de Impacto se construyó para evaluar el impacto de los artículos recuperados, combinando dos indicadores de uso normalizados: “180 Day Usage Count” y “Since 2013 Usage Count”. La fórmula ajusta los valores de estos indicadores mediante puntuaciones z y coeficientes ponderados para reflejar su importancia relativa, proporcionando una medida robusta del impacto y relevancia de cada artículo en el corpus.
3. Procesamiento de metadatos	En esta fase, se procesaron los metadatos de los artículos seleccionados para organizar y analizar la información. Se realizó la preparación de los datos, eliminando información irrelevante y estructurando los documentos de manera coherente. Posteriormente, se organizaron y categorizaron los metadatos para identificar patrones temáticos recurrentes y preparar el corpus para el análisis detallado.
4. Elaboración de taxonomía analítica	La creación de la taxonomía analítica involucró la interpretación y estructuración de los temas recurrentes identificados en los artículos. A partir del análisis de contenido, se desarrolló una estructura jerárquica que representara los temas y subtemas relacionados con las prácticas sostenibles en la producción de café especial. Este proceso facilitó una comprensión más profunda de los temas clave en el corpus.
5. Análisis de resultados	En esta fase final, se analizaron los resultados para identificar las prácticas más efectivas en la sostenibilidad de la cadena de suministro de cafés especiales. Se evaluaron las prácticas relacionadas con la producción, comercialización y consumo de café, destacando aquellas que demostraron tener un impacto positivo significativo. Este análisis proporcionó una visión integral de las mejores prácticas para mejorar la sostenibilidad.

Fuente: Elaboración propia de los autores

Con el fin de desarrollar los criterios metodológicos descritos, se estructuró el análisis en tres fases interrelacionadas. Cada fase se diseñó para abordar aspectos específicos del estudio de manera integral. A continuación, se detallan las etapas de este proceso metodológico, ofreciendo una visión clara de cómo cada fase contribuye al objetivo general del análisis.

Fase I: Elaboración del corpus científico a través de la medición de impacto

El objetivo de la primera fase es recopilar datos y construir un corpus científico sólido que sirvió como base para el análisis de prácticas de sostenibilidad en la cadena de suministro de cafés especiales. Para ello se estableció:

I. Construcción de una ecuación de búsqueda en la base de datos de WOS que permitiera recuperar los artículos científicos de mayor impacto según los indicadores de indexación. Para ello, se construyó la ecuación de búsqueda (I):

Ecuación I:

$$TI = (\text{“sustainability” OR “practices”}) \text{ AND } TS = (\text{“specialty coffee” OR “coffee quality” OR “coffee certification” OR “sustainable coffee” OR “coffee varieties” OR “coffee roasting” OR “coffee origin” OR “coffee farming” OR “coffee processing” OR “coffee flavor profiles” OR “coffee sustainability practices” OR “sustainability practices” OR “sustainable coffee production” OR “sustainable coffee farming” OR “eco-friendly coffee practices” OR “environmentally friendly coffee practices” OR “green coffee practices” OR “ethical coffee$$

practices" OR "responsible coffee practices") AND KP=("sustainability" OR "practices") AND PY=2018-2022 AND DOCUMENT TYPES: (article) AND WC=("agriculture, dairy & animal science" OR "agricultural economics & policy OR "agricultural engineering" OR "agriculture, multidisciplinary" OR "biodiversity conservation" OR "business" OR "business, finance" OR "development studies" OR "economics" OR "food science & technology" OR "humanities, multidisciplinary" OR "engineering, manufacturing" OR "engineering, multidisciplinary" OR "engineering, industrial" OR "management" OR "microbiology" OR "social sciences, interdisciplinary" OR "water resources")

A partir de esta ecuación se recuperaron 161 documentos a los cuales se les aplicó un indicador de impacto combinado, como se describe a continuación.

2. Construcción de Indicador Combinado de Impacto (ICI) para evaluar el impacto de los artículos recuperados. Para la especificidad del análisis y el objetivo propuesto, se construyó el Indicador combinado de impacto que se describe a continuación a partir de lo propuesto por:

$$ICI = \alpha * Z1 + \beta * Z2$$

Donde:

α y β son coeficientes que puedes ajustar para reflejar la importancia relativa de cada indicador. Un valor mayor para α o β significa que ese indicador tiene un peso mayor en el ICI.

Z1 y Z2 son las puntuaciones z normalizadas para "180 Day Usage Count" y "Since 2013 Usage Count," respectivamente:

- $Z1 = (\text{Valor de "180 Day Usage Count"} - \text{media de "180 Day Usage Count"}) / \text{desviación estándar de "180 Day Usage Count"}$
- $Z2 = (\text{Valor de "Since 2013 Usage Count"} - \text{media de "Since 2013 Usage Count"}) / \text{desviación estándar de "Since 2013 Usage Count"}$

Este enfoque utiliza estadísticas avanzadas para normalizar y ponderar los indicadores antes de combinarlos. Los valores de Z permiten comparar la contribución de cada indicador en términos de desviaciones estándar de la media, lo que puede proporcionar una evaluación más rigurosa del impacto de un artículo en función de los indicadores de uso a corto y largo plazo. Finalmente, se ajustan los coeficientes α y β según las preferencias para la importancia relativa de cada indicador. Para el objetivo central, se asignaron coeficientes iguales de 0.5 con el fin de ponderar en igual medida ambos indicadores. La medida del impacto de cada artículo mediante la combinación de varios indicadores ponderados y normalizados contribuye al análisis al facilitar la comprensión más completa del impacto, ajustar de importancia relativa, reducir los sesgos y ganar mayor robustez.

Fase 2: Procesamiento de metadatos y creación de taxonomía analítica de prácticas

El desarrollo de la segunda fase se centra en el procesamiento de los metadatos de los artículos identificados a través del análisis de contenido temático. Este es un enfoque que se centra en la identificación y exploración de temas recurrentes y patrones significativos dentro de un conjunto de datos textuales. Esta técnica se utilizó para identificar temas subyacentes y comprender la estructura temática en un corpus. Para ello, el proceso se centró en:

1. Conformación del corpus: Para ello se procesó la muestra de 60 artículos identificados en la primera fase.
2. Preparación de datos: Se realizó la preparación de los datos, eliminando información no relevante de los documentos y configurando un formato coherente y estructurado para su procesamiento.
3. Lectura, organización y categorización de los metadatos: Se organizaron las etiquetas o categorías temáticas en función de la frecuencia y relevancia de los temas identificados en los documentos.
4. Interpretación y generación de taxonomía: Se estructuró la taxonomía que permitió identificar los temas recurrentes y patrones en tus datos, interpretando los resultados y generando una estructura jerárquica que represente los temas y subtemas relacionados con las prácticas sostenibles en la producción de café especial.

Fase 3: Análisis de resultados

Finalmente, en la tercera fase se analizaron los resultados para identificar un conjunto de prácticas efectivas que contribuyan a mejorar la sostenibilidad en la cadena de suministro de cafés especiales. Para ello, se identificaron las mejores prácticas que tienen un impacto positivo significativo en la sostenibilidad de la cadena de suministro. Estas prácticas se relacionan con la producción, comercialización o consumo de cafés especiales.

En general, esta metodología proporciona un enfoque estructurado para abordar la pregunta de investigación y alcanzar el objetivo general del estudio. Cada fase está diseñada para proporcionar una base sólida para el análisis y una síntesis de las prácticas identificadas.

4. Resultados

La aplicación del Indicador Combinado de Impacto para evaluar el impacto de los artículos recuperados permitió la configuración del corpus de artículos científicos de 60 documentos. Este corpus se constituyó como la base fundamental para el análisis de contenido para la construcción de la taxonomía (Figura 1).

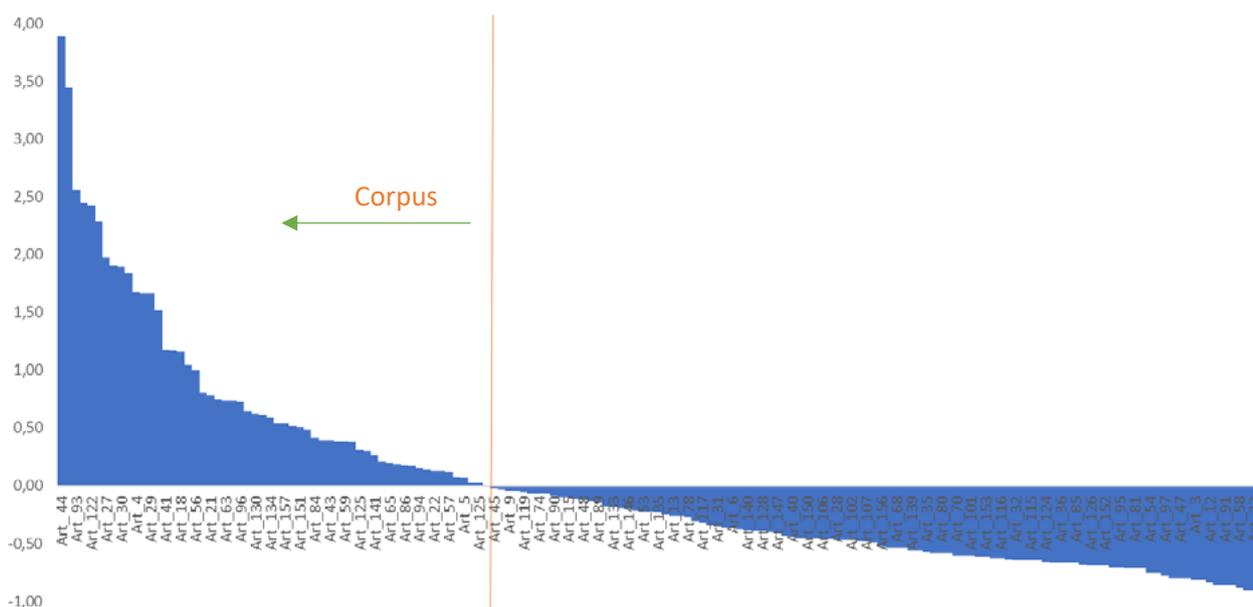


Figura 1. Configuración de corpus científico a partir del Indicador Combinado de Impacto.

Fuente: Elaboración de los autores a partir de los cálculos.

A partir del desarrollo del análisis, se obtuvo una taxonomía que permitió estructurar tres categorías de análisis según: Tecnología y procesos de producción sostenible, con las dimensiones de sostenibilidad ambiental en la producción de café especial, sostenibilidad económica en la producción de café, sostenibilidad en la cadena de suministro y sostenibilidad social en la producción de café especial; Impacto ambiental y calidad del café, con las dimensiones de impacto ambiental del procesamiento, mejora de la calidad del café a través de microorganismos, microbiología y tratamiento de aguas residuales, sostenibilidad en la producción de café y tratamiento de aguas residuales en la industria cafetalera; y, Comportamiento del consumidor y valor agregado calidad del café y preferencia del consumidor, las dimensiones de certificación y etiquetas de sostenibilidad, impacto ambiental del procesamiento y procesamiento y valor agregado (Figura 2).

Para definir cada una de estas, a continuación, se define cada categoría de análisis y sus dimensiones:

I. Tecnología y procesos de producción sostenible

La categoría de análisis “Tecnología y procesos de producción sostenible” resalta la importancia de abordar la sostenibilidad desde múltiples perspectivas para lograr un impacto positivo en el sector del café y en el medio ambiente en general.

En ella se abordan cuatro grandes dimensiones: la primera, la sostenibilidad ambiental, se enfoca al análisis de procesos y tecnologías que tienen un impacto positivo en la reducción de residuos, la eficiencia en el uso de recursos naturales y la mitigación de emisiones; la segunda, la sostenibilidad social, orientada a explorar prácticas y tecnologías que benefician a las comunidades locales, agricultores y trabajadores en la cadena de suministro del café; la tercera, la sostenibilidad económica, dedicada a analizar aspectos relacionados con la rentabilidad y la viabilidad económica de las tecnologías y prácticas implementadas en la producción de café; y la cuarta, la sostenibilidad en la cadena de suministro, en la que se discute cómo las tecnologías y prácticas impactan en toda la cadena de suministro del café, desde la producción en la finca hasta el consumidor final.

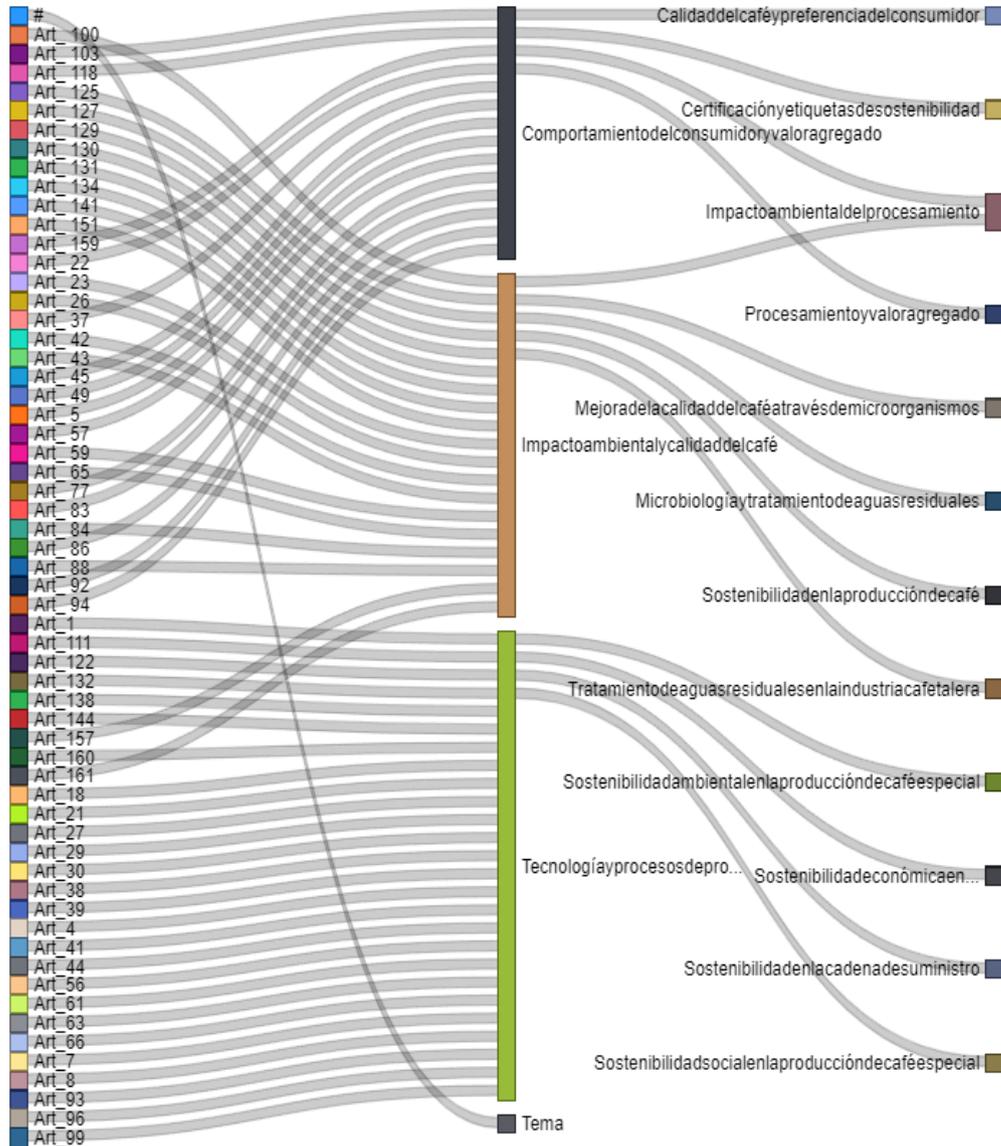


Figura 2. Artículos según la taxonomía analítica construida
Fuente: Elaboración de los autores a partir de los cálculos.

a. Sostenibilidad ambiental en la producción de café especial

En el ámbito de la producción de café, la evidencia destaca el avance significativo hacia la sostenibilidad ambiental mediante prácticas y tecnologías innovadoras. Esta dimensión, se centra en abordar la dimensión de la sostenibilidad ambiental con un enfoque en la conservación de recursos naturales, la eficiencia energética y la minimización de residuos.

[Zhai et al. \(2022\)](#) destacan la implementación del método “ultrasound-assisted cold brewing” para la preparación de café, lo que reduce notablemente el tiempo de extracción y, por ende, el consumo de energía en comparación con los métodos tradicionales. De tal forma que, este avance tiene un impacto positivo en la eficiencia energética y en la reducción del consumo de recursos, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental. [Chen et al. \(2019\)](#) abordan la utilización de residuos de café, como los pozos de café, para la preparación de carbón activado destinado a la adsorción de CO² en condiciones de gases de combustión. Para los autores, esta estrategia demuestra como los subproductos de la producción de café pueden ser reutilizados de manera sostenible para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, un componente clave de la sostenibilidad ambiental.

Por otra parte, autores como [Costa et al. \(2018\)](#) se enfocan en estudiar la composición química de los residuos de la producción de café, específicamente el “coffee silverskin”, y cómo estos residuos pueden aprovecharse de manera sostenible para obtener compuestos beneficiosos, como fibra dietética y antioxidantes. De esta manera, los autores determinan que la reutilización de subproductos contribuye significativamente a la reducción de residuos y al uso eficiente de los recursos, promoviendo así la sostenibilidad ambiental.

[Bolka y Emire \(2020\)](#) destacan la aplicación de tecnologías, como drones y análisis de imágenes, para monitorear las plantaciones de café y su variabilidad. Los autores afirman que esta monitorización precisa de las plantaciones mejora la gestión de los recursos y reduce el impacto ambiental al optimizar los procesos agrícolas, lo que en última instancia contribuye a la sostenibilidad ambiental.

[Lachenmeier et al. \(2018\)](#) analizan la presencia de contaminantes, incluyendo la acrilamida, en el café, y revelan una relación inversa entre el grado de tostado y la acrilamida. Esto subraya la importancia de controlar el proceso de tostado para reducir este contaminante. Además, los autores mencionan que otros contaminantes como el alcohol furfúrico y el furano son más prominentes en tostados más oscuros, enfatizando la necesidad de abordar todos estos contaminantes para lograr la sostenibilidad ambiental.

En cuanto a la investigación realizada por [Spreng et al. \(2021\)](#) sobre los productos de reacción no volátiles formados a partir de aminoácidos libres durante el tostado temprano del café, los autores identificaron once estructuras de pirazinas, algunas de las cuales no se habían identificado previamente en otros alimentos. Los autores destacan que la sacarosa es un precursor importante de estas pirazinas, lo que sugiere la importancia de gestionar los ingredientes en el proceso de tostado para reducir el impacto ambiental.

En un estudio que valida una técnica biomimética de producción de café, [Poisson, Pittet, Schaerer, Mestdagh y Davidek \(2020\)](#) destacan la manera en que esta técnica puede ayudar a comprender la formación de compuestos aromáticos durante el tostado. Los resultados indican que esta técnica puede ayudar a mejorar la eficiencia en la producción de café, lo que podría reducir el consumo de energía y recursos, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental.

[Pantaleo, Fordham, Oyewunmi, De Palma y Markides \(2018\)](#) comparan la recuperación intermitente de calor residual mediante almacenamiento de energía térmica y ciclos de rankine orgánicos con la generación combinada de calor y energía en una planta de tostado de café. Los resultados resaltan la importancia de la eficiencia energética en la producción de café y cómo las decisiones de gestión de calor pueden afectar la sostenibilidad ambiental.

[Leme, da Silva, Barbosa, Borem y Pereira \(2019\)](#) por su parte, proponen un modelo de visión computacional para evaluar el grado de tostado del café basado en la coloración de los granos. Para los autores, el uso de esta tecnología podría ayudar a controlar y optimizar el proceso de tostado, lo que lograría reducir el desperdicio de café y el consumo de energía, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental.

Finalmente, [Caudill, Osborne, Sandeep, Simunovic y Harris \(2022\)](#) comparan diferentes métodos de preparación de café, incluyendo el café de extracción en frío. En su estudio demuestran que un breve tratamiento térmico antes de la infusión en frío acelera el proceso de producción de café en frío, lo que puede tener implicaciones en la eficiencia energética de la producción a gran escala y en la reducción del consumo de recursos.

En general, los hallazgos destacan un panorama en constante evolución y progreso hacia prácticas más amigables con el medio ambiente en esta industria. Estas investigaciones han arrojado luz sobre diversas facetas que contribuyen a

la sostenibilidad ambiental como la eficiencia energética, la minimización de residuos, el control de contaminantes o la investigación biomimética.

b. Sostenibilidad social en la producción de café especial

La dimensión de “Sostenibilidad social en la producción de café especial” se centra en evaluar el impacto de la producción de café en las comunidades locales y en la sociedad en general. Este análisis abarca aspectos críticos, como la mejora de las condiciones laborales, el respaldo a las comunidades locales y la implementación de prácticas agrícolas que redunden en beneficio para las personas involucradas.

[Le, Cowal, Jovanovic y Le \(2021\)](#) destacan la implementación de la agricultura regenerativa y la transformación de fincas de café convencionales en fincas de sombra orgánicas como una vía para potenciar las comunidades locales mediante la mejora de la calidad del suelo y el fortalecimiento de la economía regional. Además, estos autores subrayan la necesidad de abordar obstáculos, como la amenaza de la roya, en el proceso de transición hacia prácticas más sostenibles, lo que atestigua un compromiso genuino con la sostenibilidad social.

Desde otra perspectiva, [Brenes-Peralt, De Menna y Vittuari \(2022\)](#) analizan con profundidad cómo los factores sociales y económicos influyen en las decisiones de los agricultores en lo que respecta a la adopción de prácticas más sostenibles en la producción de café. En este sentido, se pone de manifiesto la importancia de demostrar los beneficios económicos y ambientales para estimular la transición hacia la agricultura regenerativa, lo que, en última instancia, contribuye a la sostenibilidad social al mejorar las condiciones de vida de los agricultores.

En general, la sostenibilidad social en la producción de café se destaca por su enfoque en el impacto directo que esta industria tiene en las comunidades locales y en la sociedad en su conjunto, mostrando un compromiso significativo con la mejora de las condiciones de vida de los agricultores y el fortalecimiento de las economías regionales.

c. Sostenibilidad económica en la producción de café

La dimensión de “Sostenibilidad económica en la producción de café” abarca un espectro de aspectos fundamentales para la viabilidad financiera de esta industria. A través de los enfoques analizados, se pone de manifiesto el compromiso por mejorar la competitividad de las empresas, optimizar la calidad del café y, en última instancia, promover la sostenibilidad económica en este sector clave.

[Pascucci \(2018\)](#) resalta la evaluación de la competitividad de las empresas tostadoras de café italianas en el mercado internacional, y subraya los desafíos que enfrentan en un entorno globalizado. Para el autor, este enfoque en la competitividad refleja la necesidad constante de innovación y adaptación para garantizar la sostenibilidad económica de estas empresas. Por otro lado, [Maksimowski, Pachura, Oziembowski, Nawirska-Olszanska y Szumny \(2022\)](#) destacan cómo las técnicas de extracción en frío pueden influir en la calidad del café y, en consecuencia, en su valor económico. Este enfoque en la tecnología y la calidad demuestra el potencial de mejorar la rentabilidad tanto para los productores como para la industria en general.

Finalmente, [Souza et al. \(2021\)](#) resaltan el uso de tecnologías avanzadas, como drones y análisis de imágenes, para la supervisión de las plantaciones de café. Según los autores, esta tecnología puede optimizar la gestión de la cadena de suministro y tener un impacto económico positivo en la producción de café al mejorar la eficiencia en el uso de recursos. En conjunto, en el análisis se destaca un compromiso continuo por parte de la industria del café para abordar los desafíos económicos y mejorar la sostenibilidad financiera. Para ello, la implementación de estrategias innovadoras y tecnológicas es esencial para garantizar que esta industria pueda mantener su competitividad en el mercado global y, al mismo tiempo, promover un enfoque más sostenible en su práctica y producción.

d. Sostenibilidad en la cadena de suministro

La dimensión de “Sostenibilidad en la cadena de suministro” aborda la gestión eficiente y meticulosa de la cadena de valor del café, desde su cultivo hasta el disfrute del consumidor final. Esta perspectiva contempla múltiples facetas que impactan de manera crucial en la consecución de una cadena de suministro sostenible, incluyendo, pero no limitándose a,

la optimización de la calidad del café, la supervisión rigurosa de las plantaciones, la influencia de procesos de fermentación específicos y la toma de decisiones respaldada por datos verificables.

Para [Wang et al. \(2019\)](#) la fermentación controlada por microorganismos y su influencia en la calidad del café se convierten en el foco central del análisis. Esto se aborda de manera concienzuda cómo la implementación de prácticas de fermentación específicas ejerce un impacto directo y medible en la calidad del producto a lo largo de todo el trayecto de la cadena de suministro, desde el cultivo hasta la taza del consumidor. Según los autores, este análisis resalta de manera contundente la preponderante relevancia de la sostenibilidad en cada uno de los eslabones de la cadena de suministro del café.

[Mahingsapun et al. \(2022\)](#) profundizan en la evaluación del impacto de la fermentación controlada en la calidad del café. Asimismo, sugieren que determinadas cepas microbianas específicas poseen el potencial para enriquecer y mejorar notablemente la calidad del producto. Este hallazgo se proyecta a la esfera de la cadena de suministro al proporcionar insights críticos sobre cómo perfeccionar la calidad del café durante la fase de producción. Este aporte consolida la perspectiva de sostenibilidad en el seno de la cadena de suministro.

[Macheiner, Schmidt, Karpf y Mayer \(2021\)](#) resaltan el empleo estratégico de tecnología de drones y análisis de imágenes como instrumentos vanguardistas para el monitoreo de las plantaciones de café. Esta innovación tecnológica brinda un recurso inestimable para la gestión de la cadena de suministro, al permitir la obtención de información en tiempo real sobre el estado de los cultivos y la detección temprana de cualquier irregularidad. Según los autores, la aplicación de tales tecnologías representa un avance significativo que contribuye de manera inequívoca a la promoción de la sostenibilidad en la cadena de suministro de café.

En general, los aspectos analizados subrayan la importancia crítica de la sostenibilidad en la cadena de suministro de café. Desde la influencia de la fermentación controlada por microorganismos en la calidad del café hasta el papel de las cepas microbianas en la mejora de la calidad y la implementación de tecnologías avanzadas como drones y análisis de imágenes para el monitoreo de las plantaciones, se enfatizan la necesidad de abordar de manera rigurosa y técnica los desafíos y oportunidades que rodean la sostenibilidad en esta cadena de valor. En conjunto, estos hallazgos respaldan la premisa de que la sostenibilidad es una necesidad imperativa en la cadena de suministro de café. La adopción de enfoques basados en la evidencia, la tecnología avanzada y la mejora constante de la calidad son elementos fundamentales para garantizar un suministro de café que sea tanto económicamente viable como ambientalmente responsable.

2. Impacto ambiental y calidad del café

La categoría de análisis “Impacto ambiental y calidad del café” aborda aspectos clave relacionados con las dimensiones de impacto ambiental y la calidad del café, incluyendo el tratamiento de aguas residuales, la sostenibilidad en la producción, la microbiología involucrada en la fermentación del café y la influencia de los microorganismos en el sabor del café.

a. Microbiología y tratamiento de aguas residuales

La dimensión de análisis “Microbiología y tratamiento de aguas residuales” se centra en la investigación de la influencia de la comunidad microbiana y el tratamiento de aguas residuales en el contexto de la industria del café. Esta dimensión implica el estudio de la microbiología presente en los sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en la producción y procesamiento del café, así como su impacto en la eficiencia del tratamiento y la calidad del agua tratada. Además, se investigan las dinámicas microbianas en procesos como la digestión anaeróbica y se analiza cómo ciertos microorganismos pueden contribuir a la degradación de compuestos específicos, como la cafeína, en aguas residuales de café.

[Lei et al. \(2019\)](#) investigan la eficiencia de un sistema de co-digestión anaeróbica que trata aguas residuales del procesamiento de café enlatado y lodos activados mediante un biorreactor de membrana anaeróbico. En este sentido, los autores analizan la composición microbiana e identifican las bacterias dominantes involucradas en los procesos de hidrólisis y fermentación, así como la degradación de cafeína en el sistema.

Por otro lado, [Botello et al. \(2018\)](#) evalúan el efecto de la carga orgánica en el rendimiento y la composición microbiana de un sistema de dos etapas de UASB que trata aguas residuales del procesamiento de café. En el estudio, se identifican los microorganismos predominantes y se monitorea la producción de metano, lo que tiene implicaciones importantes para el tratamiento de aguas residuales en la industria cafetalera.

Autores como [Berego, Sota, Ulsido y Beyene \(2022\)](#) desarrollan un estudio experimental para evaluar la efectividad de sistemas de humedales naturales y construidos en el tratamiento de aguas residuales de café. En el estudio se analizan los parámetros fisicoquímicos y la eliminación de contaminantes, y se compara el rendimiento de ambos tipos de humedales en la purificación de aguas residuales de café.

Por último, [Gloess, Yeretian, Knochenmuss y Groessl \(2018\)](#) realizan un análisis en línea de la tostión de café e investigan la formación de compuestos orgánicos volátiles durante este proceso. Aunque no se abordan directamente las aguas residuales, los resultados ofrecen información sobre la liberación de compuestos durante la producción de café que puede estar relacionada con la generación de aguas residuales en la industria.

En conjunto, estos estudios proporcionan una visión completa de cómo se aborda la microbiología y el tratamiento de aguas residuales en la industria cafetalera, destacando la importancia de comprender la comunidad microbiana y su papel en los procesos de tratamiento y calidad del agua en la producción de café especial.

b. Sostenibilidad en la producción de café especial

La dimensión de análisis “Sostenibilidad en la producción de café” se enfoca en la evaluación de prácticas, programas y políticas relacionadas con la producción de café especial que tienen como objetivo principal promover la sostenibilidad en términos económicos, sociales y ambientales. Esta dimensión implica la consideración de factores como la adopción de prácticas agrícolas sostenibles, la certificación de café con etiquetas de sostenibilidad, el impacto de la gestión y políticas agrícolas en la equidad social, y la eficiencia en el uso del agua en la producción de café.

[Jezeer, Verweij, Boot, Junginger y Santos \(2019\)](#) investigan cómo los activos de subsistencia de los agricultores, la percepción de riesgo y los impactos inesperados influyen en la elección de prácticas agrícolas no convencionales por parte de pequeños agricultores de café en San Martín, Perú. En ese marco, los autores analizan cómo estos factores afectan la sostenibilidad de la producción de café y cómo pueden surgir decisiones contradictorias debido a la influencia de diferentes tipos de activos de subsistencia.

[Rich et al. \(2018\)](#) examinan el papel de los programas de certificación en la promoción de la conservación y protección ambiental en las fincas de café en la región de Coorg, India. En este análisis, se evalúa la percepción de los productores de café sobre la certificación y su relación con la conservación ambiental, destacando la importancia de la sostenibilidad en la producción de café.

[Maguire-Rajpaul, Rajpaul, McDermott y Pinto \(2020\)](#) abordan la relación entre el cumplimiento de criterios de desempeño social y criterios de gestión en programas de certificación y su impacto en la equidad social a nivel de fincas y paisajes, destacando la importancia de los requisitos de gestión en la mejora del desempeño social de pequeños agricultores y el papel de la certificación en la promoción de la equidad.

[Thong, Viet y Wilson \(2022\)](#) analizan el efecto de la certificación de sostenibilidad en la eficiencia en el uso del agua en la producción de café, considerando diferentes tecnologías de riego utilizadas por los agricultores y examina cómo la certificación influye en la eficiencia del agua y se destacan las tecnologías de riego avanzadas como un medio para mejorar la sostenibilidad en el uso del agua.

[Kwon et al. \(2022\)](#) presentan un enfoque inusual en la sostenibilidad de la producción de café al explorar cómo los componentes solubles en agua de los granos de café verde y los residuos de café tostado afectan el crecimiento de lechugas en sistemas hidropónicos. En sus hallazgos, los autores plantean que los componentes solubles en agua de los granos de café verde inhiben el crecimiento de lechugas, mientras que los residuos de café tostado facilitan su crecimiento. Este hallazgo resalta la complejidad de los efectos de los subproductos del café en el entorno y sugiere la posibilidad de reciclaje y reutilización de los residuos de café tostado como estimulantes del crecimiento de cultivos. Este enfoque innovador muestra cómo la sostenibilidad en la producción de café puede ir más allá de la agricultura misma y tener implicaciones en la gestión de residuos y la economía circular.

Finalmente, [Douangphachanh, Idrus, Phommavong y Jaquet \(2021\)](#) exploran el impacto de la liberalización económica y la participación de las mujeres en la toma de decisiones en la producción de café en la meseta de Bolaven en Laos. Se analiza

cómo el cambio en la producción de café afecta la participación y el poder de decisión de las mujeres, lo que resalta la importancia de considerar la equidad de género en la sostenibilidad de la producción de café.

En general, esta dimensión de análisis se centra en la promoción de prácticas y políticas que garanticen la sostenibilidad en la producción de café desde múltiples perspectivas, incluyendo la económica, social y ambiental, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los productores y la preservación del entorno.

c. Tratamiento de aguas residuales en la industria cafetalera

La dimensión de análisis “Tratamiento de aguas residuales en la industria cafetalera” se enfoca en la evaluación de cómo la industria del café maneja y trata sus aguas residuales, así como en comprender los impactos ambientales y las implicaciones para la sostenibilidad.

[Dadi et al. \(2018\)](#) revelan que los efluentes de las plantas tradicionales de procesamiento húmedo de café especial en Etiopía tienen un impacto significativo en la calidad del agua en los ríos y arroyos cercanos. Los parámetros de calidad del agua, como el contenido orgánico y la acidez, se ven gravemente afectados por estos efluentes. Esto plantea preocupaciones sobre los riesgos de eutrofización y la salud de los ecosistemas acuáticos en la región, lo que subraya la necesidad de un tratamiento adecuado de los residuos de café.

Por otro lado, [Magalhães et al. \(2021\)](#) se centran en la fermentación en el procesamiento del café y cómo el uso de biorreactores y cultivos iniciadores podría influir en la calidad del café y, por ende, en su valor económico. Los autores plantean la posibilidad de que las prácticas de tratamiento puedan tener un impacto directo en la sostenibilidad económica y la calidad del café.

[Mutarutwa et al. \(2020\)](#) exploran la relación entre la concentración de ciertas sustancias en el café verde y la aparición de un defecto de sabor en el café. Esto sugiere que el tratamiento y la calidad de los granos de café pueden influir en la percepción de calidad y, por lo tanto, en la sostenibilidad económica de la industria.

Finalmente, [Orfanou, Dermesonlouglou y Taoukis \(2019\)](#) se centran en el envejecimiento del café durante el almacenamiento en el hogar y cómo factores como la temperatura y la actividad del agua afectan su calidad, siendo relevante tanto para la calidad del producto como para la reducción del desperdicio de alimentos. En general, los hallazgos abordan cuestiones relacionadas con el tratamiento de efluentes de procesamiento, la influencia de la fermentación y otros procesos en la calidad del café, y la gestión de la calidad durante el almacenamiento en el hogar. Estos aspectos son fundamentales para garantizar la sostenibilidad ambiental y económica de la industria cafetalera.

d. Mejora de la calidad del café a través de microorganismos

La dimensión de análisis “Mejora de la calidad del café a través de microorganismos” se enfoca en la influencia de microorganismos en la calidad del café. Este enfoque implica la identificación y evaluación de microorganismos que pueden tener un impacto positivo en el sabor y aroma del café. A través de técnicas de aislamiento, identificación y evaluación de microorganismos presentes en el proceso de fermentación del café, se busca determinar su capacidad para mejorar la calidad del café. Los resultados pueden incluir la identificación de microorganismos que producen enzimas relevantes para la degradación de compuestos en el café, así como su influencia en las características sensoriales del café.

[Krajangsang et al. \(2022\)](#) identifican y evalúan microorganismos aislados del proceso de fermentación del café con el objetivo de mejorar la calidad del café mediante la degradación de pectina y su impacto en el sabor y aroma del café. Por otro lado, [Batista da Mota, Dias y Schwan \(2022\)](#), investigan la fermentación del café bajo condiciones anaeróbicas y cómo esto puede influir en las características sensoriales del café. Aunque no mencionan directamente la influencia de microorganismos, el proceso de fermentación del café involucra microorganismos que pueden afectar la calidad final del producto.

[Traore, Wilson y Fields \(2018\)](#) exploran cómo los atributos de calidad, tanto materiales como simbólicos, impactan en las puntuaciones y precios de café de especialidad en el contexto del programa cup of excellence, aspecto relevante para comprender cómo se valora la calidad del café en términos de sabor y aroma.

Finalmente, [Maciel, Teixeira, Della Lucia y Saraiva \(2022\)](#), investigan la influencia de aditivos como maltodextrina y aislado de proteína de suero en las propiedades del café, como la formación de espuma y la calidad sensorial, contribuyendo con la búsqueda de mejorar la calidad del café a través de la manipulación de sus propiedades físicas y sensoriales.

En conjunto, los hallazgos ofrecen una visión integral de cómo se aborda la mejora de la calidad del café desde diferentes perspectivas. Los estudios que analizan la influencia de microorganismos en la degradación de compuestos y la creación de perfiles sensoriales únicos están en aumento. Esto proporciona a los productores y tostadores de café nuevas herramientas para mejorar la calidad y diferenciar sus productos en un mercado altamente competitivo. La comprensión de la microbiología del café está desempeñando un papel crucial en la evolución de la industria hacia la producción de cafés de alta calidad y sabores distintivos.

3. Comportamiento del consumidor y valor agregado

La categoría de análisis de “Comportamiento del consumidor y valor agregado” se centra en cómo los aspectos de calidad, certificación, procesamiento y preferencias del consumidor pueden influir en la sostenibilidad de la industria de café especial. Estos factores son esenciales para comprender cómo la industria puede avanzar hacia prácticas más sostenibles y cómo los consumidores pueden desempeñar un papel en este proceso.

a. Calidad del café y preferencia del consumidor

La dimensión de análisis “Calidad del café y preferencia del consumidor” es esencial en la producción de café especial. Esta dimensión se enfoca en comprender los factores que influyen en la calidad del café y cómo estas cualidades son percibidas y preferidas por los consumidores. Los estudios identificados en este campo abordan la calidad del café desde diferentes perspectivas, incluyendo la composición química, la evaluación sensorial, la influencia de la maduración de los granos y la relación entre calidad percibida y preferencia del consumidor.

[Sittipod, Schwartz, Paravisini y Peterson \(2019\)](#) destacan la importancia de la composición química en la calidad del café, identificando compuestos químicos que tienen un impacto positivo en la puntuación de la taza según la Specialty Coffee Association, a través del análisis de espectrometría de masas y pruebas sensoriales para identificar y aislar compuestos que mejoran la calidad del café.

Por otra parte, [Bemfeito et al. \(2021\)](#) subrayan la relación entre la calidad percibida por los consumidores y la información proporcionada sobre el café, incluyendo detalles sobre el tipo de tostado y el precio, demostrando que la calidad percibida de los cafés especiales puede influir en la preferencia de los consumidores y en su disposición a pagar más. [Pereira et al. \(2022\)](#) investigan la influencia de la maduración de los granos de café y la aplicación de un hongo en la calidad del café. Aunque los resultados no muestran diferencias significativas en la calidad debido a la aplicación del hongo, destaca la importancia de las condiciones ambientales en la calidad del café.

En contraste, [Agnoletti et al. \(2022\)](#) proponen utilizar métodos instrumentales junto con evaluaciones sensoriales para predecir la calidad del café. Este enfoque busca objetivizar la evaluación sensorial y destaca compuestos volátiles como predictores de la calidad. [Lee, Jung y Moon \(2022\)](#) abordan la relación entre la calidad del café y la preferencia y lealtad de la marca, centrándose en Starbucks, examinando cómo atributos como el sabor y el precio influyen en la lealtad de los consumidores.

[Wuepper, Clemm y Wree \(2019\)](#) se centran en la influencia de las etiquetas de sostenibilidad en la elección de los consumidores de café. Para ello, utilizan un experimento de elección en línea para evaluar el efecto de las etiquetas de ahorro de agua en la preferencia de los consumidores. Sus resultados sugieren un aumento en la probabilidad de elección y la disposición a pagar por el café etiquetado como “ahorro de agua”, lo que muestra cómo las etiquetas de sostenibilidad pueden influir en la preferencia del consumidor.

[Marcus, Sisli-Ciamarra y McGinnis \(2023\)](#) abordan la calidad sensorial y su impacto en las subastas de café especial, argumentando que las puntuaciones de calidad sensorial pueden generar resultados inequitativos en las subastas y propone intervenciones para estandarizar los protocolos de calificación de calidad. Esto es relevante para entender cómo la calidad percibida puede influir en los precios y la preferencia del consumidor en el mercado de café especial.

[Hu, Liu, Jiang, Zhang y Zhang \(2021\)](#) se enfocan en el nivel de acrilamida en granos de café robusta durante el proceso de tostado, mostrando cómo la temperatura de tostado afecta la formación de acrilamida, un compuesto químico relacionado con el sabor del café. Esto ilustra la importancia de la tosti3n en la calidad percibida y la preferencia del consumidor en t3rminos de sabor.

Por su parte, [Liu, Chen y Chen \(2019\)](#) exploran la importancia que los consumidores otorgan a las certificaciones de sostenibilidad en la elecci3n de granos de café, destacando la relevancia de la trazabilidad, la certificaci3n orgánica y otros atributos de certificaci3n en la preferencia del consumidor y su disposici3n a pagar más por productos certificados, lo que demuestra cómo las etiquetas de sostenibilidad pueden influir en la elecci3n y preferencia del consumidor.

Finalmente, [Cabrera, Caldarelli y da Camara \(2020\)](#) realizan un análisis bibliométrico de la producci3n científica sobre café certificado. Aunque no aborda directamente la preferencia del consumidor y resaltan la creciente atenci3n a la sostenibilidad en la investigaci3n sobre café, lo que indica la importancia de estos temas en la percepci3n del consumidor y la calidad del café.

En conjunto, estos hallazgos proporcionan una visi3n completa de cómo la calidad del café y la preferencia del consumidor están influenciadas por factores químicos, sensoriales, ambientales y de etiquetado de sostenibilidad. Comprender estos aspectos es fundamental para la producci3n sostenible y la comercializaci3n exitosa de café especial toda vez que la calidad del café es un tema multidimensional que abarca la composici3n química, la evaluaci3n sensorial, la maduraci3n de los granos y la percepci3n del consumidor. El comprender cómo estos aspectos se relacionan y afectan la preferencia del consumidor es esencial para la producci3n sostenible de café especial y la estrategia de marketing en la industria.

b. Certificaci3n y etiquetas de sostenibilidad

La dimensi3n de análisis “Certificaci3n y etiquetas de sostenibilidad” se centra en la importancia de las certificaciones y etiquetas relacionadas con la sostenibilidad en la industria del café. Estas certificaciones y etiquetas sirven como herramientas esenciales para que los consumidores evalúen la seguridad alimentaria, las preocupaciones de salud y la amigabilidad ambiental de los productos. Además, esta dimensi3n se enfoca en la percepci3n y preferencia del consumidor en relaci3n con estas certificaciones, así como en su disposici3n a pagar por productos certificados que permiten comprender cómo las certificaciones y etiquetas de sostenibilidad influyen en la elecci3n y preferencia del consumidor en el mercado del café. [Liu, Chen y Chen \(2019\)](#) destacan la relevancia de las etiquetas de certificaci3n de sostenibilidad en la evaluaci3n de la seguridad alimentaria, la salud y la amigabilidad ambiental de los productos, enfocando la atenci3n que los consumidores prestan a la informaci3n de sostenibilidad al elegir atributos de certificaci3n de café. Los hallazgos revelan las preferencias de los consumidores en t3rminos de atributos de certificaci3n, con la trazabilidad, lo orgánico, la calificaci3n, la amigabilidad ambiental y el comercio justo ocupando posiciones prioritarias en su disposici3n a pagar.

[Cabrera, Caldarelli y da Camara \(2020\)](#) desarrollan un análisis bibliométrico que mapea la producci3n científica relacionada con el café certificado y su temática de sostenibilidad. En este estudio los autores proporcionan una visi3n general de cómo la investigaci3n en este campo ha aumentado, pero también resalta la falta de redes de colaboraci3n significativas y la concentraci3n de la investigaci3n en un número limitado de revistas, destacando que los estudios sobre sostenibilidad y medio ambiente desempeñan un papel destacado en la literatura científica, lo que subraya la importancia de la sostenibilidad en la industria del café.

En general, la dimensi3n se centra en el papel fundamental de las certificaciones y etiquetas de sostenibilidad en la evaluaci3n y preferencia del consumidor en la industria del café, así como en la creciente atenci3n académica a esta temática. Estos elementos son cruciales para comprender cómo los consumidores perciben y eligen productos de café certificados y cómo la sostenibilidad influye en su toma de decisiones.

c. Impacto ambiental del procesamiento

La dimensi3n de análisis “Impacto ambiental del procesamiento” se enfoca en la evaluaci3n de cómo el procesamiento del café afecta al entorno ambiental, específicamente en t3rminos de emisiones de compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles, así como la calidad del agua en las áreas circundantes.

[Moreira et al. \(2019\)](#), presentan un enfoque dinámico novedoso para perfilar las emisiones de compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles durante el proceso de tostado del café, donde utilizan dos sorbentes diferentes para recolectar sustancias liberadas durante el proceso de tostado, y se analizan mediante técnicas avanzadas de cromatografía de gases. En sus resultados, los autores muestran la capacidad de uno de los sorbentes para capturar compuestos tanto volátiles como semivolátiles, lo que proporciona una comprensión detallada de los compuestos liberados durante el proceso de tostado y cómo evolucionan con el tiempo.

De manera complementaria, [Dadi et al. \(2018\)](#) evalúan el impacto de los efluentes de las plantas de procesamiento húmedo de café en la calidad del agua en Etiopía a través de la recolección de muestras de agua en ríos/arroyos cercanos a estas plantas durante el pico de procesamiento de café, y se analizan parámetros de calidad del agua. Los autores encontraron que los efluentes de estas plantas tienen un pH ácido y contienen altos niveles de materia orgánica, lo que agota el contenido de oxígeno y plantea un riesgo de eutrofización. Esto sugiere un impacto ambiental significativo en los cuerpos de agua y los ecosistemas cercanos.

En conclusión, esta dimensión se centra en comprender cómo el procesamiento del café afecta al medio ambiente, desde las emisiones de compuestos durante el tostado hasta la calidad del agua en las zonas de procesamiento. Estos hallazgos subrayan la importancia de abordar de manera sostenible los aspectos ambientales en la producción de café y la necesidad de implementar prácticas y tecnologías adecuadas para mitigar estos impactos.

d. Procesamiento y valor agregado

La dimensión de análisis “Procesamiento y valor agregado” se enfoca en el estudio del procesamiento del café y cómo este proceso agrega valor al producto final, influyendo en su calidad y características sensoriales, destacando aspectos relevantes sobre los métodos de procesamiento del café y cómo estos métodos pueden mejorar la calidad y el valor del café.

[Cassimiro et al. \(2023\)](#) investigan el impacto de la inoculación de bacterias lácticas y levaduras durante el proceso de fermentación húmeda del café *Coffea canephora*. A través del monitoreo de diversas cepas microbianas se analiza la producción de ácidos y compuestos volátiles durante la fermentación, sus resultados sugieren cómo la inoculación de *Leuconostoc mesenteroides* mejora la calidad del café, generando notas de caramelo, frutales y especiadas en la bebida, lo que agrega valor sensorial al producto final.

[Perez-Miguez, Castro-Puyana, Sanchez-Lopez, Plaza y Marina \(2020\)](#) utilizan una estrategia de metabolómica para estudiar el proceso de tostado del café, analizando granos de café verde y tostados a diferentes grados e identificando metabolitos clave que actúan como biomarcadores del proceso de tostado. Sus resultados permiten comprender cómo el proceso de tostado agrega valor al café al generar compuestos específicos que contribuyen a su sabor y aroma únicos.

Finalmente, [Ut-tha, Lee y Chung \(2021\)](#) reevalúan la disposición a pagar de los consumidores por el café sostenible e investigan sus determinantes a través del método de valoración contingente para estimar la disposición a pagar de los consumidores por el café sostenible en Tailandia. Los autores muestran que la actitud, la experiencia previa y otros factores influyen en la disposición a pagar de los consumidores, lo que demuestra cómo la percepción de sostenibilidad agrega valor al café y afecta la disposición a pagar un precio premium por él.

En general, la dimensión se centra en cómo las prácticas de procesamiento, la fermentación, el tostado y la percepción de sostenibilidad agregan valor al café, tanto en términos de calidad sensorial como de disposición a pagar por parte de los consumidores, aspectos esenciales para la producción y comercialización exitosa de café de alta calidad.

5. Discusión

Los diferentes hallazgos destacan aspectos clave relacionados con la sostenibilidad en la industria del café, incluyendo la calidad del café, el tratamiento de aguas residuales, la sostenibilidad en la producción, la influencia de los microorganismos, el comportamiento del consumidor y el valor agregado. Al respecto, la discusión se puede ampliar en cinco dimensiones específicas.

Los estudios resaltan la importancia de la calidad del café en la preferencia del consumidor y la disposición a pagar un precio premium. La calidad del café refiere al sabor y aroma y a factores como la composición química y la maduración de los granos. Para mejorar la sostenibilidad, es esencial centrarse en la producción de café de alta calidad, lo que atraerá a consumidores dispuestos a pagar más y, por lo tanto, beneficiará a los agricultores.

Los resultados abordan la gestión de aguas residuales en la industria cafetalera, destacando su impacto en la calidad del agua en las áreas circundantes. Para mejorar la sostenibilidad ambiental, es fundamental implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales efectivos que reduzcan los efectos adversos en los ecosistemas acuáticos y eviten la eutrofización. Esto contribuirá a una producción de café más sostenible desde una perspectiva ambiental.

Los estudios también analizan cómo factores como los activos de medios de vida de los agricultores y las certificaciones de sostenibilidad influyen en las prácticas de producción. Promover prácticas agrícolas sostenibles, certificaciones de café con etiquetas de sostenibilidad y programas de capacitación para los agricultores puede mejorar la sostenibilidad económica y social. Además, la eficiencia en el uso del agua en la producción de café es esencial para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos.

El estudio sobre cómo los microorganismos pueden influir en la calidad del café ofrece oportunidades para mejorar el sabor y aroma del producto final. La identificación de microorganismos beneficiosos y su uso en el proceso de fermentación puede ser una estrategia efectiva para diferenciar el café en el mercado y aumentar su valor.

Finalmente, los resultados revelan que los consumidores valoran la certificación de sostenibilidad y están dispuestos a pagar más por productos certificados. Esto resalta la importancia de promover y comunicar las prácticas sostenibles en la cadena de suministro del café para atraer a un segmento de mercado consciente de la sostenibilidad. En conjunto, para lograr una mayor sostenibilidad en toda la cadena de suministro del café, se deben tomar medidas integrales que aborden la calidad del café, la gestión del agua, el impacto ambiental y la equidad social. Esto implica colaboración entre productores, tostadores, certificadores y consumidores para promover prácticas sostenibles y asegurar un café de alta calidad que sea económicamente viable y ambientalmente responsable. Además, la investigación continua sobre la influencia de los microorganismos y el comportamiento del consumidor puede guiar estrategias efectivas para mejorar la sostenibilidad en la industria de café especial.

6. Limitaciones metodológicas

El análisis de la calidad del café, el comportamiento del consumidor, las certificaciones de sostenibilidad y el impacto ambiental del procesamiento revela varias dimensiones clave que influyen en la producción y comercialización del café. No obstante, es crucial identificar y considerar las limitaciones metodológicas que pueden afectar la interpretación de los resultados y las conclusiones derivadas de los estudios revisados.

En primer lugar, varios estudios se han centrado en contextos geográficos específicos, como Etiopía ([Dadi et al., 2018](#)) o Tailandia ([Ut-tha et al., 2021](#)). Este enfoque regional puede limitar la generalización de los hallazgos a otras regiones productoras de café. Las condiciones climáticas, las prácticas agrícolas y los métodos de procesamiento varían significativamente entre países y regiones, lo que puede afectar la aplicabilidad de los resultados a contextos diferentes.

Además, la mayoría de los estudios revisados provienen de países con alta producción de café, como Brasil, Colombia y Etiopía. Esto deja fuera a regiones emergentes o menos representadas en la producción global, lo que podría dar lugar a una visión sesgada que no refleja los desafíos y realidades de los países productores menos prominentes. También se observa una tendencia a priorizar estudios que presentan resultados positivos o innovadores. Esto puede llevar a la omisión de estudios que no encontraron mejoras significativas o que presentaron resultados neutros o negativos, los cuales son igualmente importantes para una comprensión completa del tema.

La mayoría de los estudios revisados se enfocan en métodos cuantitativos y experimentales, lo que podría excluir valiosas perspectivas ofrecidas por investigaciones cualitativas. Metodologías como entrevistas y grupos focales podrían proporcionar una comprensión más profunda de los factores que influyen en las preferencias y comportamientos del consumidor.

Por otro lado, la diversidad en las metodologías empleadas para evaluar la calidad del café, desde análisis químicos hasta pruebas sensoriales e instrumentales, puede complicar la comparación y la integración de resultados. La falta de estandarización en las técnicas de evaluación puede llevar a discrepancias en los hallazgos y en las conclusiones sobre la calidad del café.

Finalmente, algunos estudios pueden no haber controlado completamente factores externos como las condiciones climáticas, el manejo agrícola y los métodos de procesamiento. Estos factores pueden tener un impacto significativo en la calidad del café y en los resultados de los estudios, limitando la capacidad de atribuir mejoras en la calidad exclusivamente a las intervenciones o técnicas analizadas.

En general, mientras los estudios revisados proporcionan perspectivas valiosas sobre la calidad del café, el comportamiento del consumidor, las certificaciones de sostenibilidad y el impacto ambiental del procesamiento, es fundamental reconocer estas limitaciones metodológicas. Abordar estas limitaciones en investigaciones futuras contribuirá a una comprensión más integral y precisa de los factores que influyen en la producción y comercialización del café.

7. Limitación prácticas de los hallazgos

Los hallazgos proporcionan una base empírica para mejorar la calidad del café y fomentar prácticas sostenibles en la industria. Sin embargo, para avanzar en este campo, se requiere de futuras investigaciones en tres dimensiones. Primero, es central explorar nuevas prácticas sostenibles que podrían optimizar tanto la calidad del café como su impacto ambiental. Segundo, es necesario evaluar la efectividad de las recomendaciones actuales en la práctica real, asegurando que las soluciones propuestas se traduzcan en mejoras tangibles. Tercero, se debe considerar la implementación de estudios sobre la diversidad microbiana, la eficiencia energética en el procesamiento y la relación entre calidad del café y la salud del consumidor. A continuación, se discutirá cómo estos hallazgos pueden ser complementados por investigaciones futuras y sus implicaciones prácticas.

El enfoque en nuevas prácticas sostenibles podría contribuir a la innovación tecnológica de la industria del café. Aunque los estudios actuales han identificado impactos significativos del procesamiento del café en el medio ambiente, se necesita explorar innovaciones que reduzcan estos efectos. Investigaciones sobre tecnologías emergentes, como el uso de bio-productos para la gestión de efluentes y procesos de tostado más ecológicos, podrían ofrecer soluciones efectivas. Evaluar la efectividad de estas nuevas prácticas en términos de reducción de emisiones y mejora en la calidad del café será fundamental para su adopción generalizada.

Además, integrar prácticas sostenibles desde el cultivo hasta el procesamiento puede optimizar tanto la calidad del café como su sostenibilidad. Investigaciones futuras podrían centrarse en cómo combinar prácticas agrícolas orgánicas con técnicas avanzadas de fermentación y procesamiento. Este enfoque integrado puede mejorar la calidad del café y minimizar el impacto ambiental, ofreciendo un modelo viable para los productores que buscan adoptar prácticas más sostenibles.

Evaluar la efectividad de las recomendaciones en la práctica es esencial para asegurar que las soluciones propuestas sean realmente aplicables. Aunque los estudios han proporcionado recomendaciones basadas en experimentos, la implementación de estas recomendaciones en contextos reales debe ser evaluada a través de estudios de caso o pilotos. Por ejemplo, la inoculación de microorganismos en la fermentación del café, recomendada por la investigación, debe ser probada en prácticas de producción para confirmar su impacto en la calidad del producto y su viabilidad en el campo.

Además, la efectividad de las certificaciones de sostenibilidad debe ser investigada en la práctica. Aunque las certificaciones influyen en la preferencia del consumidor, su impacto real en las prácticas de producción y en los beneficios ambientales y sociales necesita una evaluación más profunda. Investigar cómo estas certificaciones afectan realmente la producción y los resultados tangibles puede ofrecer una visión más completa de su valor en la industria.

Las implicaciones prácticas de estos hallazgos son significativas. La adopción de nuevas tecnologías y prácticas sostenibles puede mejorar la calidad del café y diferenciar los productos en un mercado competitivo. Para los productores y tostadores, esto sugiere la necesidad de mantenerse al día con las innovaciones y prácticas recomendadas. La formación y educación sobre nuevas técnicas, como la fermentación con microorganismos específicos y el procesamiento sostenible, son cruciales para implementar estas prácticas efectivamente.

Finalmente, futuras investigaciones podrían explorar la diversidad microbiana en diferentes regiones y condiciones de cultivo para personalizar los procesos de fermentación y mejorar el perfil sensorial del café. Evaluar la eficiencia energética en el procesamiento también puede contribuir a la sostenibilidad económica y ambiental, mientras que estudiar la relación entre la calidad del café y la salud del consumidor puede influir en la demanda y estrategias de marketing. En conclusión, mientras los hallazgos actuales ofrecen una base sólida, la investigación futura puede ampliar y profundizar esta comprensión. Abordar las limitaciones identificadas y explorar nuevas áreas permitirá una aplicación más efectiva de prácticas sostenibles y tecnologías emergentes en la producción y comercialización del café.

8. Conclusiones

Los hallazgos del análisis destacan la importancia de factores clave para mejorar la sostenibilidad en la cadena de suministro de cafés especiales: la calidad del café, la gestión de recursos naturales, las prácticas agrícolas sostenibles, las certificaciones y etiquetas de sostenibilidad, y la educación del consumidor. Estos elementos están interconectados y desempeñan un papel crucial en la producción, comercialización y consumo de cafés especiales. A partir de estos aspectos, se pueden plantear conclusiones significativas.

En primer lugar, la calidad es fundamental para la sostenibilidad. Los estudios muestran que la calidad del café atrae a consumidores dispuestos a pagar precios más altos y asegura la viabilidad económica de los agricultores y el éxito prolongado de la industria. Un café de alta calidad puede justificar precios premium, asegurando así una demanda constante. La relación entre calidad y sostenibilidad sugiere que los esfuerzos para mantener y mejorar la calidad del café pueden resultar en beneficios económicos y ambientales significativos. La implementación de procesos de control de calidad y la inversión en tecnologías que mejoren el perfil sensorial del café son cruciales para sostener este equilibrio.

En segundo lugar, la gestión del agua es crítica. La adecuada gestión de los recursos hídricos, tanto en las fincas cafetaleras como en las instalaciones de procesamiento, es esencial para minimizar el impacto ambiental y garantizar la disponibilidad de agua a largo plazo. Las prácticas de manejo del agua deben incluir la implementación de sistemas efectivos de tratamiento de aguas residuales y tecnologías para la reducción del uso de agua. La evaluación de las prácticas actuales y la adopción de soluciones innovadoras para el reciclaje y la reutilización del agua son pasos fundamentales hacia una producción más sostenible. La investigación sobre técnicas avanzadas de tratamiento y gestión de aguas residuales puede ofrecer nuevas estrategias para mitigar los impactos negativos asociados con el procesamiento del café.

En tercer lugar, certificaciones y prácticas sostenibles son valiosas. Las certificaciones de sostenibilidad, como las de comercio justo y orgánicas, y la adopción de prácticas agrícolas responsables pueden mejorar la rentabilidad de los agricultores y fomentan prácticas responsables a lo largo de la cadena de suministro. Los consumidores están cada vez más inclinados a valorar productos con etiquetas de sostenibilidad, lo que convierte a estas certificaciones en diferenciadores clave en el mercado. Fomentar la adopción de prácticas sostenibles a nivel de producción, y promover una mayor transparencia y trazabilidad en la cadena de suministro, son esenciales para cumplir con las expectativas de los consumidores y mejorar la sostenibilidad general de la industria.

En cuarto lugar, los microorganismos pueden mejorar la calidad del café. La investigación sobre la influencia de microorganismos en la fermentación del café ofrece oportunidades prometedoras para mejorar el sabor y aroma del producto final. La identificación de cepas microbianas beneficiosas y la aplicación de técnicas de fermentación controlada pueden generar perfiles sensoriales únicos y mejorar la calidad del café. La explotación de la microbiología del café para desarrollar métodos de fermentación innovadores y eficaces es un área de gran potencial que puede contribuir a la diferenciación y valorización del café especial en el mercado.

Finalmente, la educación del consumidor es esencial. El comportamiento del consumidor juega un papel crucial en la sostenibilidad de la industria del café. La educación sobre la importancia de apoyar prácticas sostenibles y la disposición a pagar un precio premium por productos certificados pueden impulsar un cambio positivo en la industria. Los consumidores informados son más propensos a elegir productos que cumplen con estándares de sostenibilidad, lo que a su vez puede incentivar a los productores a adoptar prácticas más responsables. La promoción de la conciencia y la comprensión de los beneficios de la sostenibilidad en el café puede generar una demanda creciente por productos que respeten estos principios.

Para lograr una mayor sostenibilidad en la cadena de suministro de cafés especiales, es central fomentar una colaboración continua entre productores, comerciantes y consumidores. Esto implica apoyar prácticas agrícolas sostenibles, implementar sistemas de gestión del agua eficientes y reducir el impacto ambiental en todas las etapas de producción y procesamiento. La búsqueda constante de la excelencia en la calidad del café debe ser una prioridad, ya que asegura una demanda constante y mejora la rentabilidad para los agricultores. Además, promover la equidad social en la cadena de suministro, asegurando que los productores reciban una compensación justa por su trabajo, es esencial para el desarrollo sostenible del sector.

En última instancia, la educación del consumidor desempeña un papel crucial en la sostenibilidad. Una mayor comprensión y valoración de la sostenibilidad por parte de los consumidores permite tomar decisiones informadas y contribuye al impulso de un café de alta calidad y sostenible a nivel global. La integración de estos elementos en la práctica puede conducir a una cadena de suministro más eficiente y respetuosa con el medio ambiente, garantizando un futuro viable para la industria del café y beneficiando a todos los actores involucrados. Los hallazgos subrayan la necesidad de adoptar prácticas efectivas y colaborar en todos los niveles para mejorar la sostenibilidad en la cadena de suministro de cafés especiales, asegurando así un desarrollo equilibrado y sostenible en toda la industria.

Los hallazgos del análisis también permiten la formulación de nuevas hipótesis que podrían profundizar nuestra comprensión de la sostenibilidad en la producción de cafés especiales. Una posible hipótesis es que la integración de prácticas avanzadas de manejo del agua y tratamiento de aguas residuales en fincas cafetaleras podría reducir significativamente el impacto ambiental y mejorar la sostenibilidad económica de la producción de café. Esta hipótesis se basa en la observación de que la gestión inadecuada del agua y la contaminación derivada del procesamiento del café son preocupaciones críticas. Estudios futuros podrían explorar cómo diferentes tecnologías de tratamiento de aguas residuales afectan la calidad del agua en las áreas circundantes y la rentabilidad y sostenibilidad de las fincas cafetaleras. Investigaciones específicas podrían incluir la evaluación de sistemas de tratamiento innovadores, como filtros biológicos y tecnologías de reciclaje de agua, y su impacto en la reducción de la huella hídrica del café.

Otra hipótesis emergente es que la combinación de técnicas avanzadas de fermentación con prácticas agrícolas sostenibles podría resultar en cafés con perfiles sensoriales distintivos que a su vez podrían influir en las preferencias del consumidor y en su disposición a pagar precios premium. Dado que los microorganismos juegan un papel crucial en la fermentación del café y la calidad sensorial del producto final, estudios adicionales podrían investigar cómo la selección de cepas microbianas específicas y las técnicas de fermentación controlada pueden generar perfiles de sabor únicos que respondan a las tendencias de consumo sostenibles.

Proyectos futuros podrían examinar la interacción entre prácticas agrícolas sostenibles, como el uso de fertilizantes orgánicos y técnicas de cultivo respetuosas con el medio ambiente, y su impacto en la fermentación del café. Además, se podrían realizar estudios de mercado para evaluar cómo estos perfiles sensoriales únicos afectan la disposición de los consumidores a pagar más por cafés con características distintivas y sostenibles.

Estas nuevas hipótesis y estudios específicos proporcionarían una perspectiva clara para las investigaciones futuras, ayudando a abordar de manera más efectiva los desafíos y oportunidades en la producción y comercialización de cafés especiales sostenibles. Explorando estos temas, los investigadores pueden contribuir a la implementación de prácticas innovadoras y sostenibles en la industria del café, promoviendo un futuro más equilibrado y responsable en toda la cadena de suministro.



Conflicto de intereses

Los autores manifiestan no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

1. AGNOLETTI, Barbara Zani; FOLLI, Gabriely Silveira; PEREIRA, Lucas Louzada; PINHEIRO, Patricia Fontes; GUARCONI, Rogerio Carvalho; DA SILVA OLIVEIRA, Emanuele Catarina; FILGUEIRAS, Paulo Roberto. Multivariate calibration applied to study of volatile predictors of arabica coffee quality. In: *Food Chemistry*, 2022. vol. 367, p. 130679. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130679>
2. AMAGLIANI, Luca; SILVA, Juliana V. C.; SAFFON, Maxime; DOMBROWSKI, Jannika. On the foaming properties of plant proteins: Current status and future opportunities. In: *Trends in Food Science & Technology*, 2021. vol. 118, p. 261-272. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.001>

3. BATISTA DA MOTA, Marcela Caroline, et al. Impact of microbial self-induced anaerobiosis fermentation (SIAF) on coffee quality. In: Food Bioscience. 2022. vol. 47, p. 101640. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101640>
4. BEMFEITO, Carla Martino; GUIMARAES, Angelica Sousa; DE OLIVEIRA, Alberto Lima; ANDRADE, Bruna Fernandes; AMARAL FROSSARD DE PAULA, Luiza Maria; PIMENTA, Carlos Jose. Do consumers perceive sensory differences by knowing information about coffee quality? In: LWVT. 2021. vol. 138, p. 110778. <https://doi.org/10.1016/j.lwvt.2020.110778>
5. BEREGO, Yohannes Seifu; SOTA, Solomon Sorsa; ULSIDO, Mihret Dananto; BEYENE, Embialle Mengistie. Treatment Performance Assessment of Natural and Constructed Wetlands on Wastewater From Kege Wet Coffee Processing Plant in Dale Woreda, Sidama Regional State, Ethiopia. In: Environmental Health Insights. 2022. vol. 16, p. 117863022211427. <https://doi.org/10.1177/11786302221142749>
6. BOLKA, Muluken; EMIRE, Shimelis. Effects of coffee roasting technologies on cup quality and bioactive compounds of specialty coffee beans. In: Food Science & Nutrition. 2020. vol. 8, no. 11, p. 6120-6130. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1904>
7. BOTELLO-SUAREZ, Wilmar Alirio; VANTINI, Juliana da Silva; DUDA, Rose Maria; GIACHETTO, Poliana Fernanda; CINTRA, Leandro Carrijo; TIRABOSCHI-FERRO, Maria Ines; DE OLIVEIRA, Roberto Alves. Predominance of syntrophic bacteria, Methanosaeta and Methanoculleus in a two-stage up-flow anaerobic sludge blanket reactor treating coffee processing wastewater at high organic loading rate. In: Bioresource Technology. 2018 vol. 268, p. 158–168. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.06.091>
8. BRENES-PERALTA, Laura; DE MENNA, Fabio; VITTUARI, Matteo. Interlinked driving factors for decision-making in sustainable coffee production. In: Environment, Development and Sustainability. 2022. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02821-6>
9. CABRERA, Lilian Cervo; CALDARELLI, Carlos Eduardo; DA CAMARA, Marcia Regina Gabardo. Mapping collaboration in international coffee certification research. In: Scientometrics. 2020. vol. 124, no. 3, p. 2597-2618. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03549-8>
10. CASSIMIRO, Debora Mara de Jesus; BATISTA, Nadia Nara; FONSECA, Hugo Calixto; NAVES, Jose Augusto Oliveira; COELHO, Jussara Moreira; BERNARDES, Patricia Campos; DIAS, Disney Ribeiro; SCHWAN, Rosane Freitas. Wet fermentation of Coffea canephora by lactic acid bacteria and yeasts using the self-induced anaerobic fermentation (SIAF) method enhances the coffee quality. In: FOOD MICROBIOLOGY. 2023. vol. 110. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104161>
11. CAUDILL, Morgan; OSBORNE, Jason; SANDEEP, K. P.; SIMUNOVIC, Josip; HARRIS, Gabriel Keith. Viability of microwave technology for accelerated cold brew coffee processing vs conventional brewing methods. In: Journal of Food Engineering. 2022. vol. 317, p. 110866. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110866>
12. CHEN, Zhaojie; SONG, Shiming; MAO, Lianying; WEI, Jie; LI, Yuanfu; TAN, Huihua; LI, Xuesheng. Determinations of dinotefuran and metabolite levels before and after household coffee processing in coffee beans using solid-phase extraction coupled with liquid chromatography-tandem mass spectrometry. In: Journal of the Science of Food and Agriculture. 2018. vol. 99, no. 3, p. 1267-1274. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9300>
13. COSTA, Anabela S. G.; ALVES, Rita C.; VINHA, Ana F.; COSTA, Elisio; COSTA, Catarina S. G.; ANTONIA NUNES, M.; ALMEIDA, Agostinho A.; SANTOS-SILVA, Alice; OLIVEIRA, M. Nutritional, chemical and antioxidant/pro-oxidant profiles of silverskin, a coffee roasting by-product. In: Food Chemistry. 2018. vol. 267, p. 28-35. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.106>
14. DADI, Dessalegn; MENGISTIE, Embialle; TEREFE, Gudina; GETAHUN, Tadesse; HADDIS, Alemayehu; BIRKE, Wondwossen; BEYENE, Abebe; LUIS, Patricia; VAN DER BRUGGEN, Bart. Assessment of the effluent quality of wet coffee processing wastewater and its influence on downstream water quality. In: Ecohydrology & Hydrobiology. 2018. vol. 18, no. 2, p. 201-211. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2017.10.007>
15. DOUANGPHACHANH, Maliphone; IDRUS, Rusalina; PHOMMAVONG, Saithong; JAQUET, Stephanie. AGRICULTURE TRANSITION AND WOMEN'S DECISION-MAKING POWER IN COFFEE-FARMING HOUSEHOLDS IN LAO PDR. In: Jati. 2021. vol. 26, no. 1, p. 49–71. <https://doi.org/10.22452/jati.vol26no1.3>
16. GLOESS, A. N.; YERETZIAN, C.; KNOCHENMUSS, R.; GROESSL, M. On-line analysis of coffee roasting with ion mobility spectrometry–mass spectrometry (IMS–MS). In: International Journal of Mass Spectrometry. 2018. vol. 424, p. 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.ijms.2017.11.017>
17. HU, Huihui; LIU, Xiaoling; JIANG, Lian; ZHANG, Qi; ZHANG, Haide. The relationship between acrylamide and various components during coffee roasting and effect of amino acids on acrylamide formation. In: Journal of Food Processing and Preservation. 2021. vol. 45, no. 5. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15421>
18. JAEGER, Sara R.; GIACALONE, Davide. Barriers to consumption of plant-based beverages: A comparison of product users and non-users on emotional, conceptual, situational, conative and psychographic variables. In: Food Research International. 2021. vol. 144, p. 110363. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110363>
19. JEZEER, Rosalien E.; VERWEIJ, Pita A.; BOOT, Rene G. A.; JUNGINGER, Martin; SANTOS, Maria J. Influence of livelihood assets, experienced shocks and perceived risks on smallholder coffee farming practices in Peru. In: Journal of Environmental Management. 2019. vol. 242, p. 496–506. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.101>
20. KITTICHOTSATSAWAT, Yotsaphat; JANGKRAJARNG, Varattaya; TIPPAYAWONG, Korrakot Yaibuathet. Enhancing Coffee Supply Chain towards Sustainable Growth with Big Data and Modern Agricultural Technologies. In: Sustainability. 2021 vol. 13, no. 8, p. 4593. <https://doi.org/10.3390/su13084593>
21. KRAJANGSANG, Sukhumaporn, et al. New approach for screening of microorganisms from Arabica coffee processing for their ability to improve Arabica coffee flavor. In: 3 BIOTECH. 2022. vol. 12, no. 7. <https://doi.org/10.1007/s13205-022-03203-5>
22. KWON, Sumin; YOON, Ho Young; PHONG, Nguyen Thanh; LEE, Gyu Young; JANG, Kyoung-Soon; JOE, Eun-Nam; LEE, Yesol; JEON, Jong-Rok. Humic-like crop stimulatory activities of coffee waste induced by incorporation of phytotoxic phenols in melanoidins during coffee roasting: Linking the Maillard reaction to humification. In: Food Research International. 2022. vol. 162, p. 112013. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112013>
23. LACHENMEIER, Dirk W.; SCHWARZ, Steffen; TEIPEL, Jan; HEGMANN, Maren; KUBALLA, Thomas; WALCH, Stephan G.; BREITLING-UTZMANN, Carmen M. Potential Antagonistic Effects of Acrylamide Mitigation during Coffee Roasting on Furfuryl Alcohol, Furan and 5-Hydroxymethylfurfural. In: Toxics. 2018. vol. 7, no. 1, p. 1. <https://doi.org/10.3390/toxics7010001>

24. LE, Quan Vu; COWAL, Sanya; JOVANOVIĆ, Grace; LE, Don-Thuan. A study of regenerative farming practices and sustainable coffee of ethnic minorities farmers in the central highlands of Vietnam. In: *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2021. vol. 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.712733>
25. LEE, Won Seok; JUNG, Jiwoo; MOON, Joonho. Exploring the antecedents and consequences of the coffee quality of Starbucks: a case study. In: *British Food Journal*. 2021. vol. 124, no. 4, p. 1066–1080. <https://doi.org/10.1108/bfj-04-2021-0442>
26. LEI, Zhen; ZHI, Li; JIANG, Hongyu; CHEN, Rong; WANG, Xiaochang; LI, Yu-You. Characterization of microbial evolution in high-solids methanogenic co-digestion of canned coffee processing wastewater and waste activated sludge by an anaerobic membrane bioreactor. In: *Journal of Cleaner Production*. 2019. vol. 232, p. 1442–1451. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.045>
27. LEME, Dimas Samid; DA SILVA, Sabrina Alves; GROENNER BARBOSA, Bruno Henrique; BOREM, Flavio Meira; FONSECA ALVARENGA PEREIRA, Rosemary Gualberto. Recognition of coffee roasting degree using a computer vision system. In: *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. vol. 156, p. 312–317. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.11.029>
28. LIN, Yi-Hsin; LIN, Feng-Jyh; WANG, Kuo-Hsiung. The effect of social mission on service quality and brand image. In: *Journal of Business Research*. 2021b. vol. 132, p. 744–752. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.10.054>
29. LIU, Chun-Chu; CHEN, Chu-Wei; CHEN, Han-Shen. Measuring consumer preferences and willingness to pay for coffee certification labels in Taiwan. In: *Sustainability*. 2019. vol. 11, no. 5, p. 1297. <https://doi.org/10.3390/su11051297>
30. LIU, Chun-Chu; CHEN, Chu-Wei; CHEN, Han-Shen. Measuring consumer preferences and willingness to pay for coffee certification labels in Taiwan. In: *Sustainability*. 2019. vol. 11, no. 5, p. 1297. <https://doi.org/10.3390/su11051297>
31. MACHEINER, Lukas; SCHMIDT, Anatol; KARPF, Franz; MAYER, Helmut K. A novel UHPLC method for determining the degree of coffee roasting by analysis of furans. In: *Food Chemistry*, 2021. vol. 341, p. 128165. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128165>
32. MACIEL, Katia Silva; TEIXEIRA, Luciano Jose Quintao; LUCIA, Suzana Maria Della; SARAIVA, Sergio Henriques. Optimization of foam mat drying for instant coffee processing and its effect on drying kinetics and quality characteristics. In: *Drying Technology*. 2021. vol. 40, no. 9, p. 1866–1880. <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1887210>
33. MAGALHÃES-JUNIOR, Antonio Irineudo; NETO, Dao Pedro de Carvalho; PEREIRA, Gilberto Vinicius de Melo; VALE, Alexander da Silva; MEDINA, Jesus David Coral; DE CARVALHO, Julio Cesar; SOCCOL, Carlos Ricardo. A critical techno-economic analysis of coffee processing utilizing a modern fermentation system: Implications for specialty coffee production. In: *FOOD AND BIOPRODUCTS PROCESSING*. 2021. vol. 125, p. 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.10.010>
34. MAGUIRE-RAJPAUL, Victoria A.; RAJPAUL, Vinesh M.; MCDERMOTT, Constance L.; GUEDES-PINTO, Luis Fernando. Coffee certification in Brazil: compliance with social standards and its implications for social equity. In: *Environment, Development and Sustainability*. 2018. vol. 22, no. 3, p. 2015–2044. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0275-z>
35. MAHINGAPUN, Rattiyakorn; TANTAYOTAI, Prapakorn; PANYACHANAKUL, Titiporn; SAMOSORN, Siritron; DOLSOPHON, Kulvadee; JIAMPJARIYATAM, Rossaporn; LORLIAM, Wanlapa; SRISUK, Nantana; KRAJANGSANG, Sukhumaporn. Enhancement of Arabica coffee quality with selected potential microbial starter culture under controlled fermentation in wet process. In: *Food Bioscience*. 2022. vol. 48, p. 101819. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101819>
36. MAKSIMOWSKI, Damian; PACHURA, Natalia; OZIEMBLOWSKI, Maciej; NAWIRSKA-OLSZANSKA, Agnieszka; SZUMNY, Antoni. Coffee roasting and extraction as a factor in cold brew coffee quality. In: *Applied Sciences*. 2022. vol. 12, no. 5, p. 2582. <https://doi.org/10.3390/app12052582>
37. MARCUS, Benjamin; SISLI-CIAMARRA, Elif; MCGINNIS, Lee Phillip. Winner-takes-all no more: radical transparency for sustainable specialty coffee value chains. In: *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*. 2022. vol. 13, no. 3, p. 490–503. <https://doi.org/10.1108/jadee-07-2021-0186>
38. MOREIRA-NOVAES, Fabio Junior; DA SILVA JUNIOR, Ademario Iris; KULSING, Chadin; NOLVACHAI, Yada; BIZZO, Humberto Ribeiro; DE AQUINO NETO, Francisco Radler; REZENDE, Claudia Moraes; MARRIOTT, Philip John. New approaches to monitor semi-volatile organic compounds released during coffee roasting using flow-through/active sampling and comprehensive two-dimensional gas chromatography. In: *Food Research International*. 2019. vol. 119, p. 349–358. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.02.009>
39. MUTARUTWA, Delvana; NAVARINI, Luciano; LONZARICH, Valentina; CRISAFULLI, Paola; COMPAGNONE, Dario; PITTIA, Paola. Determination of 3-Alkyl-2-methoxypyrazines in Green Coffee: A Study To Unravel Their Role on Coffee Quality. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2019. vol. 68, no. 17, p. 4743–4751. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b07476>
40. NGUYEN, Ngoc Bao Tu; LIN, Gu-Hong; DANG, Thanh-Tuan. A two phase integrated Fuzzy Decision-Making framework for green supplier selection in the coffee bean supply chain. In: *Mathematics*. 2021. vol. 9, no. 16, p. 1923. <https://doi.org/10.3390/math9161923>
41. ORFANO, Foteini; DERMESONLOUGLOU, Efimia K.; TAOUKIS, Petros S. Greek coffee quality loss during home storage: Modeling the effect of temperature and water activity. In: *Journal of Food Science*. 2019. vol. 84, no. 10, p. 2983–2994. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14756>
42. PANTALEO, Antonio M.; FORDHAM, Julia; OYEWUNMI, Oyeniyi A.; DE PALMA, Pietro; MARKIDES, Christos N. Integrating cogeneration and intermittent waste-heat recovery in food processing: Microturbines vs. ORC systems in the coffee roasting industry. In: *Applied Energy*. 2018. vol. 225, p. 782–796. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.04.097>
43. PASCUCCI, Federica. The export competitiveness of Italian coffee roasting industry. In: *British Food Journal*. 2018. vol. 120, no. 7, p. 1529–1546. <https://doi.org/10.1108/bfj-05-2017-0306>
44. PEREIRA, Karoline Cristina; REZENDE DE MELO, Bruno Manoel; FERREIRA, Sindynara; DOS SANTOS, Telma Miranda; SOUZA, Vitor Marinello; SALOMAO LEME, Raissa Lima. Coffee quality at different maturation stages, due to the application of *Cladosporium cladosporioides*. In: *Nativa*. 2022. vol. 10, no. 3, p. 351–355. <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i3.13426>
45. PEREZ-MIGUEZ, Raquel; CASTRO-PUYANA, Maria; SANCHEZ-LOPEZ, Elena; PLAZA, Merichel; LUISA MARINA, Maria. Untargeted HILIC-MS-Based Metabolomics approach to evaluate coffee roasting process: contributing to an Integrated metabolomics multiplatform. In: *Molecules*. 2020. vol. 25, no. 4, p. 887. <https://doi.org/10.3390/molecules25040887>

46. POISSON, Luigi; PITTET, Jonathan; SCHAERER, Anja; MESTDAGH, Frederic; DAVIDEK, Tomas. Quantitative validation of the In-Bean approach in coffee roasting. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2019. vol. 68, no. 17, p. 4732–4742. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b05436>
47. RHINEY, Kevon; GUIDO, Zack; KNUDSON, Chris; AVELINO, Jacques; BACON, Christopher M.; LECLERC, Gregoire; AIME, M. Catherine; BEBBER, Daniel P. Epidemics and the future of coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2021. vol. 118, no. 27. <https://doi.org/10.1073/pnas.2023212118>
48. RICH, Karl M.; CHENGAPPA, P. G.; MUNIYAPPA, Arun; YADAVA, C. G.; MANJYAPURA, Gana Shruthy; BABU, B. N. Pradeepa; SHUBHA, Y. C.; RICH, Magda. Coffee certification in India: Awareness, practices, and sustainability perception of growers. In: *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 2017. vol. 42, no. 4, p. 448–474. <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1361497>
49. SITTIPOD, Sichaya; SCHWARTZ, Eric; PARAVISINI, Laurianne; PETERSON, Devin G. Identification of flavor modulating compounds that positively impact coffee quality. In: *Food Chemistry*. 2019. vol. 301, p. 125250. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125250>
50. SOUZA BARBOSA, Brenon Diennevam; FERRAZ, Gabriel Araujo e Silva; DOS SANTOS, Luana Mendes; SANTANA, Lucas Santos; MARIN, Diego Bedin; ROSSI, Giuseppe; CONTI, Leonardo. Application of RGB Images Obtained by UAV in Coffee Farming. In: *Remote Sensing*. 2021. vol. 13, no. 12, p. 2397. <https://doi.org/10.3390/rs13122397>
51. SPRENG, Stefan; SCHAERER, Ania; POISSON, Luigi; CHAUMONTEUIL, Matthieu; MESTDAGH, Frederic; DAVIDEK, Tomas. Discovery of Polyhydroxyalkyl Pyrazine Generation upon Coffee Roasting by In-Bean Labeling Experiments. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2021. vol. 69, no. 23, p. 6636–6649. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c01894>
52. THONG-QUOC, Ho; VIET-NGU Hoang; WILSON, Clevo. Sustainability certification and water efficiency in coffee farming: The role of irrigation technologies. In: *Resources, Conservation and Recycling*. 2022. vol. 180, p. 106175. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106175>
53. TRAORE, Togo M.; WILSON, Norbert L.W.; FIELDS, Deacue, III. WHAT EXPLAINS SPECIALTY COFFEE QUALITY SCORES AND PRICES: A CASE STUDY FROM THE CUP OF EXCELLENCE PROGRAM. In: *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 2018. vol. 50, no. 3, p. 349–368. <https://doi.org/10.1017/aae.2018.5>
54. UT-THA, Veerarat; LEE, Pai-Po; CHUNG, Rebecca. Willingness to pay for sustainable coffee: a case of Thai consumers. In: *Sage Open*. 2021. vol. 11, no. 4, p. 215824402110529. <https://doi.org/10.1177/21582440211052956>
55. WANG, Chenhui; SUN, Jingcan; LASSABLIERE, Benjamin; YU, Bin; ZHAO, Feifei; ZHAO, Fangju; CHEN, Ying; LIU, Shao Quan. Potential of lactic acid bacteria to modulate coffee volatiles and effect of glucose supplementation: fermentation of green coffee beans and impact of coffee roasting. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018. vol. 99, no. 1, p. 409–420. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9202>
56. WUEPPER, David; CLEMM, Alexandra; WREE, Philipp. The preference for sustainable coffee and a new approach for dealing with hypothetical bias. *Journal of Economic Behavior and Organization*. 2019. vol. 158, p. 475–486. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2018.12.012>
57. ZHAI, Xingchen; YANG, Mengnan; ZHANG, Jing; ZHANG, Lulu; TIAN, Yarong; LI, Chaonan; BAO, Lina; MA, Chao; ABD EL-ATY, A. M. Feasibility of Ultrasound-Assisted extraction for accelerated cold brew coffee processing: Characterization and comparison with conventional brewing methods. In: *Frontiers in Nutrition*. 2022. vol. 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.849811>